



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Mejora de la gestión de mantenimiento en cosechadoras con enfoque  
RCM para incrementar su disponibilidad en una empresa  
agroindustrial

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Avila Reyes, Jhomar Jhoel (ORCID: [0000-0002-7252-4714](https://orcid.org/0000-0002-7252-4714))

**ASESOR:**

DR. Aranda Gonzalez, Jorge Roger (ORCID: [0000-0002-0307-5900](https://orcid.org/0000-0002-0307-5900))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TRUJILLO - PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios, que día a día me regala la oportunidad de seguir creciendo académicamente y profesionalmente.

A mis padres, que con mucho cariño y amor siempre mostraron preocupación y apoyo incondicional. Gracias a su esfuerzo hoy soy el profesional y persona que soy.

A mis hermanas y hermanos por siempre estar a mi lado apoyarme en este difícil camino y a mi esposa e hijos por siempre animarme a seguir a pesar de los obstáculos que surgieron en estos años de estudios.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por guiarme en todo momento de mi vida, brindarme fuerza, sabiduría y constancia.

Agradezco a todos mis padres, hermanas, hermanos, esposa e hijos por la paciencia y amor brindado en estos 5 años.

A la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A. por facilitarme la recolección de datos para la elaboración de esta investigación,

y a mi querida universidad por todo el conocimiento impartido en estos años de estudios.

## Índice de Contenidos

Carátula	
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de Contenido.....	iv
Índice de Tablas .....	v
Índice de Gráficas y Figuras.....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Variables y operacionalización .....	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
3.5. Procedimientos .....	15
3.6. Método de análisis de datos .....	15
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS .....	17
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES .....	45
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS .....	47
ANEXOS.....	55

## Índice de Tablas

Tabla 1 Criterio de detectabilidad (D) para la evaluación de los efectos de falla criticidad de equipos.....	11
Tabla 2 Criterio de severidad (S) para la evaluación de los efectos de falla .....	11
Tabla 3 Criterio de ocurrencia (O) para la evaluación de los efectos de falla .....	12
Tabla 4 Criterio de semaforización de acuerdo al valor del NPR. ....	12
Tabla 5 Listado de cosechadoras de caña de azúcar .....	18
Tabla 6 Sistemas de las cosechadoras de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A .....	19
Tabla 7. Clasificación de las ordenes de trabajo de mantenimiento según INFOMANTE .....	23
Tabla 8 Cantidad de órdenes de trabajo de cosechadoras registradas en el año 2020 .....	23
Tabla 9 Número de Paradas por Cosechadora durante Enero 2020 - Diciembre 2020 .....	24
Tabla 10 Tiempo total de operatividad y de parada en Horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2020 – diciembre 2020 .....	25
Tabla 11 Tiempo medio de buen funcionamiento en horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020 .....	31
Tabla 12 Tiempo medio de reparación en horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020 .....	32
Tabla 13 Disponibilidad de las cosechadoras durante el periodo enero 2020 - diciembre 2020 .....	33
Tabla 14 Historial de fallas de cosechadoras según sistemas y subsistemas año 2020 .....	34
Tabla 15 Lista de sistemas con mayor número de fallas en el periodo enero 2020 a diciembre 2020 .....	37
Tabla 16 Análisis del Modo y Efecto de Fallas del Cortador de base de las cosechadoras .....	39
Tabla 17 Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la trozadora de cañas de la cosechadora .....	40

Tabla 18 Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la cabina y Extractor primario de cañas de la cosechadora .....	41
Tabla 19 Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la rastra elevadora de cañas de la cosechadora .....	42
Tabla 20 Análisis del Modo y Efecto de Fallas del sistema hidráulico de cañas de la cosechadora.....	43
Tabla 21 Análisis del Modo y Efecto de Fallas del motor Diesel JD de cañas de la cosechadora.....	44
Tabla 22 Análisis del Modo y Efecto de Fallas de los rolos alimentadores de cañas de la cosechadora .....	45
Tabla 23 Análisis del Modo y Efecto de Fallas del conjunto despuntador de cañas de la cosechadora .....	46
Tabla 24 NPR entre valores de 7 a 36 .....	31
Tabla 25 Propuesta de plan de mantenimiento .....	32
Tabla 26 Propuesta de cronograma de acciones en el plan de mantenimiento ...	31
Tabla 27 Análisis del Modo y Efecto de Fallas post acciones correctivas 2021 ...	32
Tabla 28 Número de ordenes de trabajo desde enero a diciembre de 2021 .....	33
Tabla 29 Número de órdenes de trabajo de cosechadoras registradas en el año 2021 .....	34
Tabla 30 Número de Paradas por Cosechadora durante Enero 2021 - Diciembre 2021 .....	36
Tabla 31 Tiempo total de operatividad y de parada en Horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2021 – diciembre 2021 .....	38
Tabla 32 Tiempo medio de buen funcionamiento en horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2021 a diciembre 2021 .....	37
Tabla 33 Tiempo medio de reparación en horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2021 a diciembre 2021 .....	37
Tabla 34 Disponibilidad de las cosechadoras durante el periodo enero 2021 - diciembre 2021 .....	37
Tabla 35 Disponibilidad 2020 vs disponibilidad 2021 de las cosechadoras de la empresa agroindustrial Laredo S.A.A.....	38

## Índice de Gráficas y Figuras

Figura 1 Organigrama de la empresa agroindustrial Laredo .....	17
Figura 2 Medidas de Cosechadora John Deere CH570.....	21
Figura 3. Cosechadora marca CASE A8800.....	22
Figura 4 Gráfico comparativo de la cantidad de órdenes de trabajo según su tipo durante los años 2020 y 2021 .....	34
Figura 5 Gráfico comparativo de la cantidad de órdenes de trabajo de las cosechadoras según su tipo durante los años 2020 y 2021.....	35
Figura 6 Gráfico comparativo del número de Paradas por Cosechadora durante los años 2020 y 2021 .....	37
Figura 7 Gráfico comparativo de las horas de paradas de las cosechadoras durante los años 2020 y 2021 .....	39
Figura 8 Gráfico comparativo de la Media de Tiempo de Buen funcionamiento (MTBF) de cada cosechadora pre y post implementación de acciones .....	37
Figura 9 Gráfico comparativo del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de cada cosechadora pre y post implementación de acciones .....	38
Figura 10 Gráfica comparativa del porcentaje de Disponibilidad de cada cosechadora durante el año 2020 vs 2021 .....	37
Figura 11. Sistema de reporte de ordenes de trabajo - Sistema INFOMANTE ....	56
Figura 12 Entrada del sistema Infomante.....	56
Figura 13 Formato de orden de trabajo de mantenimiento correctivo .....	56

## Resumen

La presente investigación tiene por objetivo evaluar el efecto de las mejoras en la gestión de mantenimiento de cosechadoras con enfoque RCM con el fin de incrementar su disponibilidad en una empresa agroindustrial donde se ha detectado una baja la disponibilidad de equipos. Para esto, se tomó como unidad de análisis a 04 cosechadoras de caña de marca John Deere y 02 Cosechadoras de Caña de marca Case 8800 de propiedad de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A.

El estudio fue realizado en las instalaciones de la empresa Agroindustrial Laredo, tomando como línea base las cosechadoras del año 2020. Para realizar dicha investigación se consideraron las ordenes de trabajo de mantenimiento de las cosechadoras, el tiempo de parada y operatividad. Así mismo se empleó el historial de fallas de las cosechadoras durante el año 2020 y como técnica para la identificación de problemas potenciales en los sistemas de las cosechadoras se empleó el Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). Posteriormente, se presenta la propuesta de acciones de mejora en los sistemas con NPR  $\geq 36$ , teniendo como base la metodología RCM. Finalmente, se realizó el cálculo de la nueva disponibilidad de los equipos en campo pasando de una disponibilidad anual promedio de 41% en el año 2020 a una disponibilidad anual promedio de 46% en el año 2021.

**Palabras clave:** RCM, disponibilidad, cosechadoras, gestión de mantenimiento



## **Abstract**

The objective of this research is to evaluate the effect of improvements in the maintenance management of harvesters with an RCM approach to increase their availability in an agro-industrial company where low equipment availability has been detected. The study considered 04 John Deere sugarcane harvesters and 02 Case 8800 sugarcane harvesters owned by the company Agro-industrial Laredo S.A.A. The study was carried out at the locations of the Agro-industrial Laredo company, taking the harvesters of the year 2020 as a baseline. To carry out this research, the number of work orders for the maintenance of the harvesters, the downtime and operability were considered. Likewise, the failure history of the harvesters during the year 2020 was used and as a technique for the identification of potential problems in the harvester systems, the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) was used. Subsequently, the proposal for improvement actions in systems with NPR  $\geq 36$  is presented, based on the RCM methodology. Finally, the calculation of the new availability of the equipment in the field was carried out, going from an average annual availability of 41% in the year 2020 to an average annual availability of 46% in the year 2021.

**Keywords:** RCM, availability, combine harvesters, maintenance management

## **I. INTRODUCCIÓN**

Con los últimos avances en la agricultura y el desarrollo de la industria manufacturera, el mundo ha entrado en una era de mecanización agrícola en la que el empleo de maquinaria agrícola se generaliza cada vez más (Bochtis et al., 2014). La gestión del mantenimiento es una parte vital de una empresa. Contribuye a determinar el éxito a largo plazo de la empresa porque los recursos mal mantenidos pueden detener las actividades de producción, provocando retrasos, pérdida de beneficios e incluso lesiones personales (Surico et al., 2020).

La sobrecapacidad del servicio genera costos innecesariamente altos, mientras que una reducción considerable de los mismos podría generar situaciones peligrosas. La maquinaria agrícola tiene fuertes demandas de puntualidad y urgencia en el servicio de mantenimiento durante la temporada de cosecha. En consecuencia, la programación de trabajos de la maquinaria tiene una característica dinámica con diferencias entre los períodos de maduración del cultivo. La programación de trabajos para la maquinaria agrícola es muy incierta y carece de una planificación basada en el período de maduración del cultivo, lo que conduce a una baja eficiencia operativa y grandes fluctuaciones en su valor operativo (Li et al., 2015). Eso unido a los procesos de corrosión, abrasión, acumulación de deformaciones, distorsión, sobrecalentamientos y fatiga causan un cambio en los equipos, alterando sus características de trabajo y ocasionando fallas (Hernández-Alfonso et al., 2020).

Por años el mantenimiento de los equipos y maquinarias industriales fue percibido como un conjunto de actividades netamente reactivas, consideradas complejas por la cantidad de información que debía manejarse. Sin embargo, hoy en día, los sistemas de gestión de mantenimiento han permitido organizar y monitorear los datos históricos, ayudando a realizar servicios de mantenimiento de manera eficiente (Sakib & Wuest, 2018) (López Campos et al., 2010).

En general, la estrategia de mantenimiento se puede clasificar en tres categorías principales: mantenimiento correctivo, mantenimiento periódico y mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo utiliza una técnica de predicción de confiabilidad (evaluación de confiabilidad, predicción de RUL) a través de técnicas de monitoreo de condición para hacer una estrategia de mantenimiento. Y el

mantenimiento predictivo se ha estudiado ampliamente (Zeming et al., 2019) (Jaramillo Jimenez et al., 2020).

Durante años, el enfoque del mantenimiento dentro de los sistemas de fabricación y procesos ha experimentado un importante desarrollo, la cual, se debe al aumento en la cantidad y variedad de activos físicos de las industrias, el desarrollo de la tecnología, la aparición de nuevas técnicas de mantenimiento y el cambio de la perspectiva del mismo (Yavuz et al., 2019).

En la Región la Libertad, se realizó en el año 2019 un trabajo de investigación enfocado en aumentar la disponibilidad mecánica de Cosechadoras John Deere de propiedad de la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A. con el objetivo de aumentar la producción, para ellos, se realizó el análisis de la criticidad y frecuencia de fallas en un tiempo determinado. La investigación mostró como resultado un aumento significativo tanto en la disponibilidad como en la confiabilidad de la maquinaria (Dávila Malpica, 2019).

En el año 2019, en la provincia de Trujillo se desarrolló una tesis en donde se implementó el mantenimiento preventivo para el sistema de filtrado de la empresa TALSA (FUNDO UPAO), buscando reducir los costos de operación, incrementar la productividad y establecer tareas de mantenimiento que garanticen la disponibilidad y la confiabilidad de las máquinas. Al culminar la investigación se llegó a la conclusión que, contando con procedimientos apropiados para el seguimiento del mantenimiento preventivo se logra extender el tiempo de vida útil de los equipos y minimizar así los costos de operación. Así mismo, la disponibilidad del motor eléctrico aumentó de un 82.27% a un 90.35% y su confiabilidad de un 93.32% a un 96.6% (Rojas Fernández, 2019).

En el distrito de Laredo, provincia de Trujillo, región La Libertad se encuentra establecida como sociedad anónima la Empresa Agroindustrial Laredo S.A.A. desde el año 1997. Dicha empresa pertenece a grupo empresarial colombiano Manualita, quienes desarrollan actividades en Agroindustria y Acuicultura. Para el año 2020, la producción nacional de azúcar fue de 1,199,110 Toneladas la cual representa 0.1% más que el año 2019, de dicha producción un 13.36% pertenece a Laredo. Por tal motivo se requiere que el corte de caña se realice en 3 turnos de 08 horas cada uno con el objetivo de mantener abastecida el área de fábrica (Memoria Anual del directorio, 2021).

Hoy en día la empresa agroindustrial Laredo presente problemas con la disponibilidad de sus equipos de cosecha, los cuales, según datos recolectados en el año 2020 del software INFOMANTE, sufren gran número de paradas por retrasos en su reparación, adquisición de repuestos, deficiencia en la detección de fallas y gran número de mantenimientos correctivos.

Por lo anteriormente mencionado, el presente estudio busca responder a la siguiente pregunta: ¿De qué manera la mejora de la gestión de mantenimiento en cosechadoras con enfoque RCM incrementara su disponibilidad en una empresa agroindustrial?, para dar respuesta a esta pregunta es necesario contar con información de los equipos con el fin de realizar una adecuada toma de decisiones, por lo que será necesario emplear las técnicas de recopilación y análisis de datos. El estudio plantea la hipótesis que la mejora de la gestión de mantenimiento en cosechadoras con enfoque RCM puede incrementar la disponibilidad de dicha maquinaria en el campo en una empresa agroindustrial y tiene por objetivo general Evaluar el efecto de las mejoras en la gestión de mantenimiento de cosechadoras con enfoque RCM con el fin de incrementar su disponibilidad en una empresa agroindustrial, para llegar a dicho objetivo es necesario elaborar una línea base de las cosechadoras, determinar la disponibilidad actual de cada cosechadora e implementar mejoras en el plan de mantenimiento actual de la empresa que permita mejorar la disponibilidad de las cosechadoras.

## II. MARCO TEÓRICO

Durante el pasar de los años, la ineficiente o ausente gestión de mantenimiento a impedido realizar adecuadas acciones correctivas. Esto se observó en varias investigaciones donde se buscó diseñar una metodología para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento, y así poder ser aplicada en cualquier empresa de producción o servicio. Según investigaciones, los principales inconvenientes de no contar con un sistema de gestión de mantenimiento son la ausencia de planificación en las tareas de mantenimiento, el personal de mantenimiento no contaba con las herramientas necesarias para realizar sus funciones, la inexistencia de un sistema de control en almacén de herramientas, ausencia de un control de los trabajos de mantenimiento, las pocas acciones de mantenimiento que se realizaban de forma fortuita (Rodríguez Piñeiro et al., 2019). Por otro lado, según Fernández et. al. (2015), uno de los factores que conlleva a una ineficiente gestión de mantenimiento es el incumplimiento de los procedimientos por parte del personal técnico y administrativo de los talleres.

La inadecuada o ausente **gestión de mantenimiento** lleva también, en muchas ocasiones, a grandes pérdidas económicas. Esto fue demostrado en el caso de la región de Great Plains en Estados Unidos en donde la corrosión externa de las tuberías de gas ha llevado a más de 1700 fallas en las últimas décadas, causando daños a la propiedad de aproximadamente \$ 189 M. En esta investigación, se propuso un marco de planificación de mantenimiento para la corrosión externa de las tuberías de transmisión de gas a través de un procedimiento de planificación de mantenimiento basado en la confiabilidad. Este marco se basa en el perfil de fiabilidad de la tubería obtenido de una simulación de Monte Carlo. Además, se propuso un enfoque de simulación de eventos discretos (DES) para evaluar un indicador de disponibilidad-costo de diferentes alternativas de programación de mantenimiento. Esta investigación revela que una combinación de acciones de mantenimiento y reemplazo, es la alternativa más efectiva en términos de mejora de la disponibilidad por costo unitario para el estudio de caso presentado. (Zakikhani et al., 2020)

En la investigación “Metodología e implementación de un programa de gestión de Mantenimiento” realizado en una Planta de Productos Naturales. Se pudo ver claramente como el contar con un plan de mantenimiento preventivo planificado, no

asegura que éste se realice de manera adecuada en donde se realizaba. En este caso el indicador de la calidad del servicio de mantenimiento fue la cantidad de ordenes de trabajo (OT) correctivas generadas. En la investigación se observó que, al no analizar el comportamiento del equipo en el año, planes de mantenimiento no se ajustaban a la realidad. Además, las OT generadas correctivas y preventivas no contaban con un procedimiento para su adecuado archivo, esto impedía poder llevar un control del trabajo realizado, rastrear o reconstruir la historia de un equipo. Lo que llevo a la conclusión que para poder implementar la gestión de mantenimiento y poder identificar, actuar y atenuar los problemas es necesario contar con el compromiso de la parte administradora de la empresa (Herrera-Galán, et al.,2016).

Otros estudios han identificado que los componentes críticos y su priorización son puntos importantes para el mantenimiento centrado en la confiabilidad. En 2018, G.Gupta y R.P.Mishra consideraron el costo, la dependencia funcional, la complejidad, la capacidad de mantenimiento y el impacto en la seguridad para el análisis de la criticidad para identificar los componentes críticos. Por lo que se propuso una red jerárquica priorizando los componentes críticos para el mantenimiento centrado en la confiabilidad. Así mismo, se comprobó que el RCM proporciona un marco adecuado para la gestión de la complejidad de los problemas de mantenimiento al complementar todas las estrategias tradicionales (Gupta and Mishra, 2018)

El **mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)** es ampliamente empleado en diferentes sectores. Es el caso de la investigación titulada Analysis of the reliability of a starter-generator using a dynamic Bayesian network del año 2020 en donde se evaluó la confiabilidad de un generador de arranque en aviones de transporte. Se tomaron las decisiones necesarias no solo para satisfacer el requisito de confiabilidad sino también para reducir la carga de mantenimiento. El modelo fue calibrado y validado utilizando datos de mantenimiento obtenidos desde el 2004. Se utilizó un modelo calibrado para obtener confiabilidad durante 600 h, que era el intervalo de cambio actual. Con inspecciones a las 600 h y 800 h, se demostró que era posible mantener un nivel de confiabilidad específico. Los datos de fallas indicaron que la vida útil de un generador de arranque está limitada por la confiabilidad de un rodamiento (Lee and Choi, 2020).

Así mismo, en la investigación titulada “Maintenance optimization of power systems with renewable energy sources integrated” se indicó que el mantenimiento juega un papel importante en el campo del sistema de energía eléctrica para maximizar el ciclo de vida de un componente. Sin embargo, este puede incurrir en un costo enorme, ya que al aumentar las acciones de mantenimiento da como resultado precios de electricidad más elevados. En esta investigación se tomó en cuenta: la Energía Esperada No Suministrada (EENS), los costos de interrupción del cliente o algunos índices de probabilidad al decidir las alternativas de mantenimiento en las obras anteriores y proporciono un método de optimización de mantenimiento cuantitativo desarrollado en base a la lógica **RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad)**, la cual está diseñada para trabajar junto con enfoques de mantenimiento tradicionales para garantizar el nivel de confiabilidad, en lugar de reemplazar las técnicas de mantenimiento tradicionales. Además, se recomendó incluir otros factores, como los ambientales y económicos, en la optimización del mantenimiento. (Shayesteh, Yu and Hilber, 2018)

Otra experiencia exitosa en la mejorar del proceso de **Gestión del Mantenimiento Preventivo** en una empresa, es el caso de la industria dedicada al desarrollo, producción y mantenimiento de transformadores de potencia, en donde después de identificar los principales problemas, se aplicó una estrategia de mantenimiento mixta basada en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM) con el fin de asegurar una mayor disponibilidad de equipos, así como la reducción de residuos asociados a la función de mantenimiento. La implementación del mantenimiento preventivo, la clasificación de los equipos y su criticidad, la reorganización de los stocks de repuestos y la combinación de la planificación del mantenimiento teniendo en cuenta las necesidades de producción, permitieron importantes ganancias en la empresa donde se desarrolló este trabajo. (Martins et al., 2020)

A nivel nacional, en la empresa Komatsu Maquinarias Perú S. A. se realizó el estudio que determino la relación entre la gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad, obteniendo un coeficiente de correlación es 79,1 %, lo que nos indica que existe un regular grado de relación entre las variables de disponibilidad tiempos medios entre fallas (MTBF) y tiempos medios para reparar (MTTR). Por lo que a medida que aumenta el tiempo de vida de los equipos, también se incrementan las

paradas inopinadas por mantenimiento correctivo. Además, se observó que cuando el mantenimiento preventivo no se realiza de manera adecuada, la disponibilidad del equipo tiene un descenso en el tiempo. Esto trae como consecuencia efectos negativos en la producción y por ende aumentan los costos (Alavedra Flores et al., 2021).

En la búsqueda de aumentar la disponibilidad de los equipos, la confiabilidad operacional y la optimización de costos, varios autores han creado herramientas que permitan conocer el momento indicado para la mejora de sus sistemas de gestión de mantenimiento. Para que la implementación del RCM sea favorable Díaz-Concepción et al. en su investigación llegó a la conclusión que es necesario contar con herramientas como equipo de trabajo de la mejora continua, definición de sistemas, funciones operacionales definidas, establecimiento y diferenciación de la criticidad, análisis de la causa raíz, tareas de planificación documentadas (Díaz-Concepción et al., 2016).

A nivel nacional, Huancaya Mena Christian (2016) buscó mejorar la disponibilidad y confiabilidad operacional de una flota de 12 cosechadoras de marca Jhon deer de la empresa Caña Brava, por lo que comparó la situación actual de la flota con el plan de mantenimiento mejorado, obteniendo un rendimiento de producción de 1 278 167 toneladas de caña al inicio y una vez desarrollo del proyecto de mejora se llegó a 1 280 190,45 toneladas de caña, demostrando así los beneficios de una adecuada gestión del mantenimiento (Huancaya Mena, 2016).

En la región Lambayeque, en el año 2019, se realizó el trabajo de investigación en la empresa CGW PLASTIC S.A.C, en donde se propuso la gestión de mantenimiento centrada en la confiabilidad. Como resultado se mejoraron indicadores como la Confiabilidad, que subieron en un 97,29%; los mantenimientos se redujeron en un 90,56% y la Disponibilidad mejoró en un 4,04%. Así mismo la pérdida de oportunidad promedio por actividades de mantenimiento se redujo en un 98,84% (Guevara Gamarra, 2019).

En el año 2019, se llevó a cabo un trabajo de investigación en la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes con el fin de mantenerla operativa, por lo que se propuso el plan de mantenimiento basado en RCM. Como resultado, se logró tener maquinaria confiable, aumentando su tiempo de vida útil y reduciendo sus costos de operación. Por otro lado, se encontró que la



confiabilidad se reduce con el pasar del tiempo (Arevalo Lizana & Calle Chumacero, 2019).

En el año 2019, con la finalidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo para maximizar la disponibilidad, confiabilidad y mantener en óptimas condiciones la operatividad de la maquinaria en la empresa Agronegocios Arteaga S.A.C, se llevó a cabo una investigación, la cual concluyó con la elaboración del plan de mantenimiento preventivo, en donde adicionalmente se tomó en cuenta los sistemas o partes principales que conforman cada máquina (Revolledo Villanueva, 2019).

En el año 2021, se desarrolló un trabajo de investigación que consideró la importancia de generar propuestas para mejorar el plan de mantenimiento de las cosechadoras de la empresa Laredo S.A.A. con el objetivo de reducir los costos de operación y mejorar su disponibilidad en campo. En este estudio se tuvo acceso a la información del año 2013 con respecto a las fallas frecuentes y los costos de operación. Concluida la investigación se observó que la disponibilidad de las cosechadoras, en promedio, aumentó un 11% según los resultados de la simulación del Plan de Mantenimiento Propuesto. A esto, también se obtuvo que la diferencia de costos entre un mantenimiento responsable y un mantenimiento sin planificación es de S/. 243,633.66 lo cual favorece a la empresa (Ventura Reyes, 2021).

El mantenimiento, es el punto clave en una organización y empleando técnicas asegura el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios, durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y el máximo rendimiento (González Echavarría et al., 2020). Sin embargo, muchas veces no se toman en cuenta a los programas de prevención de fallas, reparación de daños y mejoramiento continuo como elementos principales para garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos. Por esta razón, es necesario que en la gestión de mantenimiento y los análisis de confiabilidad se considere la información sobre la condición técnica del sistema a gestionar (Álvarez Zaldívar & Hernández Areu, 2020).

El término Mantenimiento está definido como “el conjunto de operaciones realizadas sobre la línea de producción que están orientadas a prevenir, predecir o corregir averías, fallos o malas funciones que se puedan dar durante su vida útil” (Romero Carrillo, 2018). Según la segunda edición de la RAE, “conjunto de

operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”

En la actualidad, una estrategia de mantenimiento ampliamente utilizada en todas las industrias es el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), que es un concepto que puede describirse simplemente como una combinación de mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos. Se basa en un proceso sistemático para determinar las acciones de mantenimiento requeridas, desde un aspecto funcional, para que un sistema mantenga su confiabilidad y se basa en la función y fiabilidad de los equipos críticos apuntando a la causa raíz de las fallas (Jaramillo Jimenez et al., 2020).

El diseño de estrategias de mantenimiento, como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), brindan una lista de las actividades de mantenimiento recomendadas, así como la periodicidad para su ejecución, para cumplir con los estándares de seguridad y confiabilidad. Esta información se utiliza luego para elaborar planes de mantenimiento, definiendo los instantes de ejecución de cada actividad a lo largo de un horizonte de planificación, asegurando niveles adecuados de disponibilidad de los equipos y maquinaria, coordinación de mano de obra y recursos, y gestión de repuestos (Mena et al., 2021). Este es utilizado también para jerarquizar a los equipos por su criticidad. La ejecución un modelo de análisis de criticidad que contenga los elementos que caracterizan la operación, mantenimiento y seguridad, permite obtener un listado de acuerdo a la importancia de los sistemas con la finalidad de saber a dónde se deben dirigir los recursos humanos, materiales y monetarios teniendo como base el grado de impacto de los mismos (Padura et al., 2017). Adicionalmente, son requisitos para realizar la metodología RCM registrar información relacionada con la modalidad de falla del equipo, lo que se conoce como tiempos de falla (Fuentes Huerta et al., 2021). Es importante conocer la frecuencia de fallas, el tiempo para reparar, los costos de reparación, el impacto en la producción final, así como en la salud y seguridad y en el medio ambiente (Enriques-Gaspar et al., 2019). Por otra parte, la programación de mantenimiento también presenta grandes desafíos, pues esta debería garantizar la continuidad y confiabilidad de la operación de la maquinaria agrícola, puesto que, si la maquinaria sufre desperfectos durante la cosecha y no recibe mantenimiento a tiempo, se suspende la cosecha y se retrasarían las actividades (Li et al., 2015).

Según investigaciones realizadas, uno de los factores clave en la gestión del mantenimiento son los datos del historial de fallas. Según diversos estudios, las empresas que guardan los datos del historial de las fallas es más fácil mantener y reparar las máquinas porque en muchos casos ocurre aproximadamente después del mismo período de tiempo y su reparación (Mehmeti et al., 2018) (Cáceres & Suárez, 2018).

Según Hubert Cedric, para que la confiabilidad de un activo pueda funcionar continuamente se determina mediante un impacto de rendimiento lo cual establece que se debe tener como prioridad el mantenimiento preventivo que involucra una serie de factores tales como, el aumento de stock de repuestos, un estudio de confiabilidad a profundidad y las capacitaciones periódicas al personal. El programador de mantenimiento debe saber que durante el ciclo de vida del equipo debe modificar algunos parámetros de mantenimiento para desarrollar y no improvisar en el mantenimiento ni la operabilidad y así tener un proceso controlable y funcionamiento correctamente, tener un índice medio entre reparaciones (MTBR) por número de fallas que cuantifica el tiempo total de la inactividad (Hubert et al., 2018).

Así mismo, el estudio de los costos de mantenimiento es un reto para las empresas que requieren tener equipos con una alta disponibilidad y un costo financiero viable, basándose en un estudio de factores que implican los costos de mantenimiento, informes de confiabilidad y fallas reportadas, con estos factores Tseko Mofokeng, Paul T. Mativenga y Annlizé Marnewick dedujeron que los equipos con alto tiempo de funcionamiento tendrán un alto costo de mantenimiento y que por ende el operador debe reportar las fallas críticas y con alto índice que se presentan, con el fin de que esto mejore la confiabilidad (Mofokeng et al., 2020).

Entre los principales indicadores de gestión encontramos a el tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR), Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad (Inga Cerrón, 2019).

Un punto importante a tratar, es también, la metodología del análisis modal de fallos y efectos (AMEF), el cual nos permite identificar las principales fallas en los equipos. Así mismo, otro concepto importante es la categorización por Número de Prioridad de Riesgo (NPR), que nos ayuda a ordenar los riesgos dependiendo de su

puntuación y está en función de 3 criterios: severidad, detectabilidad y ocurrencia (Campos López, y otros, 2018):

$$\text{NPR} = \text{SDO}$$

S = severidad

D = detectabilidad

O = ocurrencia

Tabla 1 Criterio de detectabilidad (D) para la evaluación de los efectos de falla criticidad de equipos

CRITERIO	NIVEL
No hay probabilidad de detectar causas de falla potenciales a tiempo, se puede llegar a falla funcional	4
Baja probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregirlas a tiempo	3
Mediana probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregirlas a tiempo	2
Causa de falla potencial fácilmente detectable y corregida durante la operación	1

Fuente: (Campos López, y otros, 2018)

Tabla 2 Criterio de severidad (S) para la evaluación de los efectos de falla

CRITERIO	NIVEL
Efectos críticos en la seguridad o en el ambiente, pueden existir lesiones, muerte o efectos irreversibles en el medio ambiente	4
Efectos importantes en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas importantes por tiempo de paro y/o reparación	3
Efecto leve en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas leves por tiempo de paro o reparación	2
No hay efectos operativos ni pérdidas importantes	1

Fuente: (Campos López, y otros, 2018)

Tabla 3 Criterio de ocurrencia (O) para la evaluación de los efectos de falla

<b>CRITERIO</b>	<b>NIVEL</b>
Pueden ocurrir varias fallas al año (tas de fallas $\geq 1$ falla/año)	4
$0.3 < \text{tasa de fallas} < 1$ (fallas/año)	3
$0.1 < \text{tasa de fallas} \leq 07.3$ (fallas/año)	2
Tasa de fallas $\leq 0.1$ (fallas/año)	1

Fuente: (Campos López, y otros, 2018)

Tabla 4 Criterio de semaforización de acuerdo al valor del NPR.

<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR NPR</b>
ROJO	$\text{NPR} \geq 36$
AMARILLO	$7 < \text{NPR} < 36$
VERDE	$\text{NPR} \leq 7$

Fuente: (Campos López, y otros, 2018)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Para el presente estudio se empleará el tipo de investigación Aplicada puesto que tiene como objetivo el estudio de un problema destinado a la acción (Baena Paz, 2014).

En el caso del diseño, éste es Pre-experimental pues constituye una aproximación a los métodos verdaderamente experimentales, tiene como interés la exploración. En el presente estudio se trabaja con un grupo con pretest y postest, es decir, que se selecciona a un grupo y se le somete al experimento y posteriormente se miden los resultados (Grande Esteban, et al., 2009)

La metodología de este tipo de investigación se caracteriza por ser descriptiva y observacional

#### 3.2. Variables y operacionalización

La variable empleada es del tipo **cuantitativo** pues éstas son valores numéricos capaces de ser cuantificadas y se empleará la estadística para ser analizadas (Ver Anexo 1).

##### 3.2.1. Variable independiente

- Gestión de Mantenimiento
  - Número de Ordenes de Trabajo
  - Historial de fallas por sistemas
  - Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)

##### 3.2.2. Variable Dependiente

- Disponibilidad
  - Media de Tiempo de Buen funcionamiento - MTBF (Horas/falla)
  - Tiempo Medio de Reparación – MTTR (horas/falla)

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **3.3.1. Población**

La población considerada serán todas las Cosechadoras de Caña de azúcar de las Empresa Agroindustriales del Perú.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra para la presente investigación fueron todas las Cosechadoras de Caña de azúcar de las Empresas Agroindustriales en la región La Libertad

#### **3.3.3. Muestreo**

La presente investigación es cuantitativa y de población definida, por lo que cada equipo tiene la misma probabilidad de ser seleccionado, esto quiere decir que se dará un muestreo probabilístico aleatorio simple también conocido como rifa o tómbola.

#### **3.3.4. Unidad de Análisis**

Todas las cosechadoras de caña de azúcar de la Empresa Agroindustrial Laredo S.A.A.:

- Cosechadora de Caña John Deere JD-3520 (117-010)
- Cosechadora de Caña John Deere CH-570 (117-003)
- Cosechadora de Caña John Deere CH-570 (117-018)
- Cosechadora de Caña John Deere CH-570 (117-019)
- Cosechadora de Caña Case 8800 (117-014)
- Cosechadora de Caña Case 8810 (117-0115)

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**TÉCNICA** : Análisis documentario

**INSTRUMENTO** : Registro de órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo de las cosechadoras de caña de azúcar serán obtenidas de la base de datos INFOMANTE y PIMS de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A., dicha información comprende del periodo de enero de 2020 a diciembre de 2020

para el pretest y desde enero 2021 a diciembre 2021 para el postest. Así mismo, incluye todo lo relacionado al tiempo y número de paradas, horas de operación y cantidad de fallas.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento de la investigación será el siguiente:

- a) Elaborar la línea base de las cosechadoras de la empresa
  - Realizar inspección y recolectar datos técnicos de cada una de las cosechadoras.
  - Determinar la disponibilidad actual de las cosechadoras.
  - Identificar los componentes críticos en las cosechadoras.
  - Determinar los costos de mantenimiento en el último año.
- b) Aplicar Análisis de Causa Raíz de la baja disponibilidad de las cosechadoras
  - Identificar las causas y priorizarlas.
  - Realizar el Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) en las cosechadoras
- c) Implementar las mejoras en el plan de mantenimiento
  - Establecer acciones a tomar post cálculo NRP.
  - Calcular la nueva disponibilidad de cada uno de los equipos.

### **3.6. Método de análisis de datos**

La información se tabulará en una base de datos, se elaborarán tablas y gráficos en el programa Microsoft Excel 2010. Además, mediante análisis descriptivo se considerarán los antecedentes de fallas y horas de parada procedentes de la empresa.

Para constatar la confianza de los datos cuantitativos se aplicará la prueba T-Student y luego el examen estadístico de Wilcoxon con 95% de confianza.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente proyecto de investigación busca mejorar la gestión actual del mantenimiento de las cosechadoras de caña de azúcar, identificando las causas y minimizando el tiempo muerto de las máquinas cosechadoras de la empresa; aumentando así la vida útil de las mismas, manteniéndola en óptimas condiciones y minimizando la contaminación del suelo en casos de



fugas y la contaminación de aire por mala combustión de los combustibles en los campos de propiedad de la Empresa. Para esto, el presente estudio a cumplido con los requisitos de obtención de datos reales y originalidad, además se respetó la autoría de las referencias y éstas fueron citadas según la norma ISO 690-2.

#### IV. RESULTADOS

La empresa Agroindustrial Laredo se ubica en el Distrito de Laredo, en la provincia de Trujillo, región La Libertad – Perú. Es una compañía que se dedica a la producción y comercialización de diversos tipos de azúcar y otros derivados de la caña de azúcar como alcohol extrafino, bagazo y melaza. Su producción supera las 170 mil toneladas de azúcar al año y tiene una molienda diaria que supera las 5,000 toneladas de caña de azúcar (Laredo, 2017).

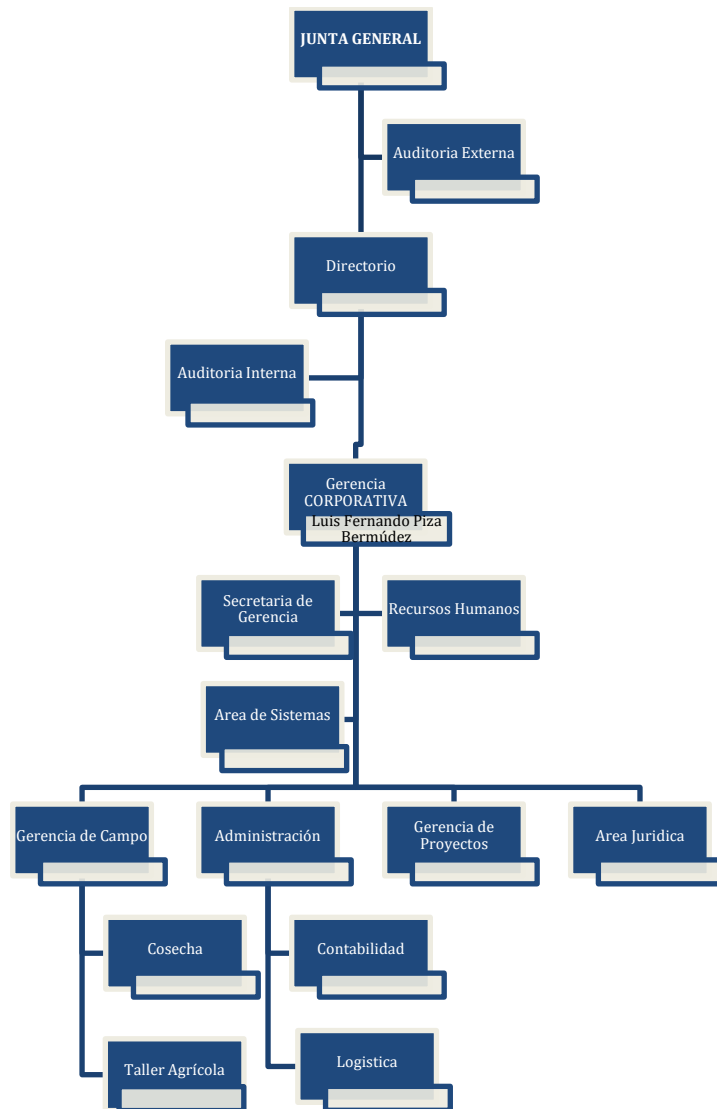


Figura 1 Organigrama de la empresa agroindustrial Laredo

Fuente: Elaboración propia

A la fecha, la empresa Agroindustrial Laredo cuenta con 8 cosechadoras de caña de azúcar mecanizada para la obtención de la materia prima que será trasladada a fabrica para su procesamiento. Las cosechadoras tienen en promedio de uso, desde su instalación, 4.25 años de antigüedad.

Tabla 5 Listado de cosechadoras de caña de azúcar

<b>N°</b>	<b>CÓDIGO DE ACTIVO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MARCA</b>	<b>FECHA DE INGRESO</b>
01	117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	JOHN DEERE 3520	16/08/2014
02	117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	JOHN DEERE CH570	23/06/2016
03	117-014	COSECHADORA A8800 CASE IH ORUGA 2016	CASE A8800	19/12/2016
04	117-015	COSECHADORA A8800 CASE IH ORUGA 2015	CASE A8800	19/12/2016
05	117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	JOHN DEERE CH570	01/03/2019
06	117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	JOHN DEERE CH570	01/03/2019

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo – 2020

De acuerdo a las políticas internas de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A., las cosechadoras tienen un tiempo de vida útil de 5 años y para una renovación de equipo es necesario que cuenten con 20000 horas de motor y/o evaluación de estructura de la cosechadora para proceder con dicha renovación.

Las cosechadoras cuentan con un total de 20 sistemas y 22 subsistemas, tal como se aprecia en la siguiente tabla en donde se describe los sistemas tanto de la marca CASE como JOHN DEERE.

Tabla 6 Sistemas de las cosechadoras de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A

<b>N°</b>	<b>SISTEMAS DE COSECHADORAS</b>
<b>117-010</b>	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS
<b>117-010-001</b>	MOTOR DISESEL JD
<b>117-010-0011</b>	SISTEMA DE ENFIAMIENTO
<b>117-010-002</b>	CAJA PORTABOMBAS
<b>117-010-003</b>	SISTEMA HIDRAULICO
<b>117-010-0031</b>	BOMBAS TANDEM DE TRACCION
<b>117-010-0032</b>	BOMBAS TANDEM EXTRACTOR PRIMARIO Y CORTADOR DE BASE
<b>117-010-0033</b>	BOMBAS TANDEM DE 3 CUERPOS Y TROZADOR
<b>117-010-0034</b>	BOMBAS TANDEM DE 5 CUERPOS
<b>117-010-0035</b>	MOTORES HIDRAULICOS, TRACCION POSTERIOR
<b>117-010-004</b>	CORTADOR DE BASE
<b>117-010-0041</b>	MOTOR HIDRAULICO DE CORTADOR DE BASE
<b>117-010-005</b>	DIVISOR DE COSECHA
<b>117-010-0051</b>	MOTORES HIDRAULICOS DE SIN FINES
<b>117-010-006</b>	RODILLOS TUMBADORES
<b>117-010-0061</b>	MOTORES HIDRAULICOS DE RODILLOS TUMBADORES
<b>117-010-007</b>	CONJUNTO DESPUNTADOR
<b>117-010-0071</b>	MOTOR HIDRAULICO DE TAMBOR PICADOR
<b>117-010-0072</b>	MOTORES HIDRAULICOS DE DISCOS RECOLECTORES
<b>117-010-008</b>	ROLOS ALIMENTADORES
<b>117-010-0081</b>	MOTORES HIDRAULICOS DE ROLOS ALIMENTADORES
<b>117-010-009</b>	SISTEMA DE SUSPENSION DELANTERA
<b>117-010-010</b>	SISTEMA DE DIRECCION
<b>117-010-011</b>	CUBO DE RUEDAS DELANTERA
<b>117-010-012</b>	CUBOS REDUCTORES POSTERIOR
<b>117-010-013</b>	SISTEMA DE FRENOS
<b>117-010-014</b>	TROZADORA DE CAÑAS

N°	SISTEMAS DE COSECHADORAS
117-010-0141	MOTOR HIDRAULICO DE TROZADORA DE CAÑAS
117-010-0142	CAJA DE TRANSMICION DE TROZADORA DE CAÑA
117-010-015	EXTRACTOR PRIMARIO
117-010-0151	MOTOR HIDRAULICO DE EXTRACTOR PRIMARIO
117-010-016	RASTRA ELEVADORA
117-010-0161	MOTORES HIDRAULICOS DE CADENA DE ELEVADOR
117-010-017	EXTRACTOR SECUNDARIO
117-010-0171	MOTOR HIDRAULICO DE EXTRACTOR SECUNDARIO
117-010-018	SISTEMA ELECTRICO
117-010-0181	ARRANCADOR
117-010-0182	ALTERNADOR
117-010-0183	BATERIAS
117-010-019	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
117-010-0191	COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO
117-010-020	LLANTAS

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo - 2020

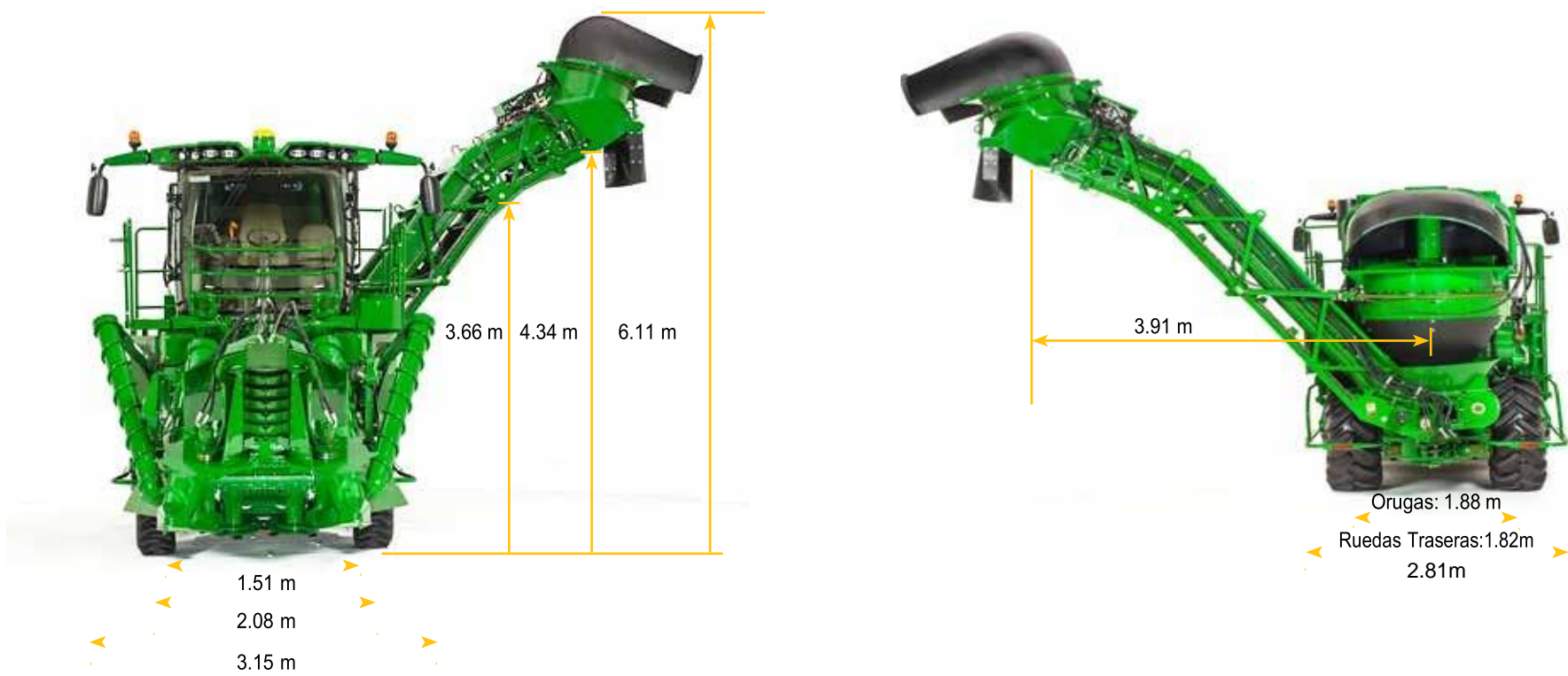


Figura 2 Medidas de Cosechadora John Deere CH570

Fuente: Folleto IPESA S.A.C.



1. Despuntador
2. Disco de corte lateral
3. Divisores de Línea
4. Rodillo tumbador
5. Rodillo alimentador
6. Corte de Base
7. Rodillo levantador
8. Rodillos alimentadores (tren de rodillos)
9. Rodillos picadores
10. Cucharón
11. Extractor primario
12. Elevador giratorio
13. Mesa de giro
14. Extractor secundario
15. Flap
16. Nueva Cabina
17. Motor
18. Sistema de Refrigeración
19. Nuevas plataformas de acceso
20. Rejilla protectora

Figura 3. Cosechadora marca CASE A8800  
 Fuente: Ficha técnica de cosechadora CASE A8800

#### 4.1. GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO

La empresa Agroindustrial Laredo cuenta con un software de programación de mantenimiento denominado INFOMANTE en donde se registran las ordenes de trabajo.

Tabla 7. Clasificación de las ordenes de trabajo de mantenimiento según INFOMANTE

TIPOS DE ORDENES DE TRABAJO	CANTIDAD	% OT
SISTEMATICAS	8,875	64.49%
PROGRAMADAS	3,954	28.73%
URGENTES	932	6.77%
<b>TOTAL</b>	<b>13,761</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo - 2020

Durante el periodo Enero – diciembre 2020, de acuerdo al sistema INFOMANTE, se registraron 13761 órdenes de trabajo pertenecientes a todos los equipos del área de Campo tal como se observa en la Tabla 4.

Tabla 8 Cantidad de órdenes de trabajo de cosechadoras registradas en el año 2020

TIPOS DE ORDENES DE TRABAJO	CANTIDAD	% OT
SISTEMATICAS	3,488	46.54%
PROGRAMADAS	3,357	44.79%
URGENTES	650	8.67%
<b>TOTAL</b>	<b>7,495</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo - 2020

Al discriminar las ordenes de trabajo asignadas a las cosechadoras, se puede observar que, del total de 13761 órdenes de trabajo 7,495 pertenecen a las cosechadoras, lo que representa un 54.46% del total.

Con ayuda del Software PIMS, el cual es empleado por la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A. para llevar el control del tiempo operativo de los equipos en campo, se puede obtener la disponibilidad de las cosechadoras durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020 como se observa en la siguiente tabla.



Tabla 9 Número de Paradas por Cosechadora durante Enero 2020 - Diciembre 2020

ACTIVO	DESCRIPCIÓN	N° DE PARADAS	
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	1,308	17%
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	1,437	19%
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	1,095	15%
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	1,277	17%
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	1,197	16%
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	1,181	16%
<b>TOTAL</b>		<b>7,495</b>	<b>100%</b>

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo – 2020

En la tabla 9 se puede apreciar que respecto al número de paradas registradas durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020, la cosechadora 117-013 fue la que registró el mayor número de intervenciones, esto se debe a que se encuentra ubicada en el campo cortijo en donde el tipo de suelo es mayormente rocoso, lo cual dificulta el proceso de cosecha. Por otro lado, la cosechadora 117-014 presentó el menor porcentaje de paradas debido a que ésta se ubica en los campos denominados “arena dulce”, en donde el tipo de suelo es arenoso. Sin embargo, como se puede apreciar en la tabla 11, a pesar de que la cosechadora 117-014 presentó la menor cantidad de ordenes de trabajo (OT), estas tomaron mayor tiempo en la ejecución del mantenimiento debido a que no se contaba con stock de los repuestos y el tiempo de importación oscilaba entre 30 y 45 días.

Tabla 10 Tiempo total de operatividad y de parada en Horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2020 – diciembre 2020

Código de Cosechadora	DESCRIPCIÓN	PARADAS (HORAS)	OPERATIVAS (HORAS)
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	3,720.01	5,039.99
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3,625.14	5,134.86
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	6,076.15	2,683.85
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	5,308.63	3,451.37
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3,499.48	5,260.52
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	4,338.33	4,421.67
<b>TOTAL</b>		<b>26,567.74</b>	<b>25,992.26</b>

Fuente: PIMS de la empresa Agroindustrial Laredo – 2020

Para poder determinar la disponibilidad de las cosechadoras durante el año 2020 se empleó la fórmula:

$$D = \left( \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right)$$

Para lo cual se procedió a determinar el MTBF y MTTR de cada cosechadora como se observa en la tabla 11 y 12

Tabla 11 Tiempo medio de buen funcionamiento en horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Tiempo disponible (Horas)	Tiempo de inactividad (Horas)	Número de fallas	MTBF (Media de Tiempo de Buen funcionamiento) Horas
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	8760	3,720.01	1,308	3.85
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	8760	3,625.14	1,437	3.57
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	8760	6,076.15	1,095	2.45
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	8760	5,308.63	1,277	2.70
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	8760	3,499.48	1,197	4.39
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	8760	4,338.33	1,181	3.74

Fuente: PIMS de la empresa Agroindustrial Laredo – 2020

Una vez calculado el MTBF de cada cosechadora se puede observar que la cosechadora 117-018 es la que presenta el tiempo más alto entre fallas (4.39 horas/ falla) mientras que la cosechadora 117-014 es la unidad que presenta el tiempo más bajo entre

fallas (2.45 Horas/falla), esto se debe a que la cosechadora 117-018 es un equipo nuevo que ingresó en el año 2019 y sus repuestos son comerciales. Sin embargo, los repuestos de la cosechadora 117-014 no cuenta con concesionario en el país.

Tabla 12 Tiempo medio de reparación en horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Tiempo Total de mantenimiento (Horas)	Número reparaciones	MTTR (Tiempo Medio de Reparación) Horas
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	3,720.01	1,308	3.42
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3,625.14	1,437	3.06
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	6,076.15	1,095	15.23
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	5,308.63	1,277	11.74
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3,499.48	1,197	3.44
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	4,338.33	1,181	4.28

Fuente: PIMS de la empresa Agroindustrial Laredo – 2020

En la tabla 12 encontramos los valores de los MTTR de cada una de las cosechadoras en el año 2020. Se puede apreciar que el activo 117-014 es el que presentó el valor más elevado (15.23 horas/falla) y esto se dio debido a factores como: la demora en la llegada de repuestos al país y la ausencia de un concesionario estable en el Perú. El menor valor en MTTR lo presentó el activo 117-013 (3.06 horas/falla).

Tabla 13 Disponibilidad de las cosechadoras durante el periodo enero 2020 - diciembre 2020

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MTBF (Horas/falla)	MTTR (Horas/falla)	Disponibilidad
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	3.85	3.42	53%
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3.57	3.06	54%
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	2.45	15.23	14%
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	2.70	11.74	19%
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	4.39	3.44	56%
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	3.74	4.28	47%

Fuente: Elaboración propia

Al calcular el porcentaje del tiempo que un equipo puede estar disponible para realizar las actividades para lo cual fue destinado, se observa que, durante enero 2020 a diciembre 2020, la cosechadora 117-018 presentó la mayor disponibilidad (56%) mientras que la cosechadora 117-014 es la que muestra la menor disponibilidad (14%).

#### 4.1.1. Histórico de fallas de cosechadoras

Para identificar los sistemas y subsistemas que presentaron mayor número de fallas durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020, se tomó como referencia todas las ordenes de trabajo (OT) registradas en el sistema INFOMANTE durante dicho periodo, generando la siguiente información:

Tabla 14 Historial de fallas de cosechadoras según sistemas y subsistemas año 2020

SISTEMA	SUBSISTEMA	FALLAS						TOTAL
		117-010	117-013	117-014	117-015	117-018	117-019	
MOTOR DIESEL JD	SISTEMA DE ENFIAMIENTO	57	15	28	16	22	45	183
CAJA PORTABOMBAS		3	1	2	1	4	2	13
SISTEMA HIDRAULICO	BOMBAS TANDEM DE TRACCION	7	3	5	2	5	1	23
	BOMBAS TANDEM EXTRACTOR PRIMARIO Y	0	1	1	0	0	1	3
	CORTADOR DE BASE							
	BOMBAS TANDEM DE 3 CUERPOS Y TROZADOR	2	0	4	0	0	0	6
	BOMBAS TANDEM DE 5 CUERPOS	0	2	1	1	0	0	4
	MOTORES HIDRAULICOS, TRACCION POSTERIOR	0	1	0	1	5	8	15

<b>CORTADOR DE BASE</b>	<b>CORTADOR DE BASE</b>	<b>322</b>	<b>268</b>	<b>151</b>	<b>191</b>	<b>290</b>	<b>217</b>	<b>1439</b>
	MOTOR HIDRAULICO DE CORTADOR DE BASE	2	0	0	0	0	0	2
<b>DIVISOR DE COSECHA</b>	<b>DIVISOR DE COSECHA</b>	<b>55</b>	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>13</b>	<b>199</b>
	MOTORES HIDRAULICOS DE SIN FINES	0	0	0	2	0	0	2
<b>RODILLOS TUMBADORES</b>	MOTORES HIDRAULICOS DE RODILLOS TUMBADORES	3	3	1	0	2	1	10
	RODILLOS TUMBADORES	6	16	5	3	5	1	36
<b>CONJUNTO DESPUNTADOR</b>		<b>30</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>32</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>150</b>
<b>ROLOS ALIMENTADORES</b>	MOTORES HIDRAULICOS DE ROLOS ALIMENTADORES	4	5	3	11	2	2	27
	ROLOS ALIMENTADORES	17	33	35	20	29	26	160
<b>SISTEMA DE SUSPENSION DELANTERA</b>		<b>20</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>85</b>
<b>SISTEMA DE DIRECCION</b>		<b>8</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>32</b>
<b>CUBO DE RUEDAS DELANTERA</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
<b>CUBOS REDUCTORES POSTERIOR</b>		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>21</b>
<b>SISTEMA DE FRENOS</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>TROZADORA DE CAÑAS</b>	MOTOR HIDRAULICO DE TROZADORA DE CAÑAS	1	1	1	0	1	1	5
	CAJA DE TRANSMISION DE TROZADORA DE CAÑA	1	0	6	0	7	1	15
	<b>TROZADORA DE CAÑAS</b>	<b>302</b>	<b>174</b>	<b>119</b>	<b>170</b>	<b>249</b>	<b>142</b>	<b>1156</b>
<b>EXTRACTOR PRIMARIO</b>	<b>EXTRACTOR PRIMARIO</b>	<b>81</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>238</b>

	MOTOR HIDRAULICO DE EXTRACTOR PRIMARIO	0	0	2	5	1	0	<b>8</b>
<b>RASTRA ELEVADORA</b>	<b>MOTORES HIDRAULICOS DE CADENA DE ELEVADOR</b>	<b>35</b>	<b>61</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>223</b>
<b>EXTRACTOR SECUNDARIO</b>	EXTRACTOR SECUNDARIO	28	11	6	3	15	14	<b>77</b>
	MOTOR HIDRAULICO DE EXTRACTOR SECUNDARIO	2	0	0	2	0	0	<b>4</b>
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>	ARRANCADOR	0	0	0	1	0	0	<b>1</b>
	ALTERNADOR	0	1	0	1	2	1	<b>5</b>
	SISTEMA ELECTRICO	13	15	4	3	5	7	<b>47</b>
	BATERIAS	1	1	1	1	1	0	<b>5</b>
<b>SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO</b>	COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO	1	1	1	2	2	0	<b>7</b>
	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	2	5	3	2	8	1	<b>21</b>
<b>LLANTAS</b>		20	14	0	0	29	0	<b>63</b>
<b>EQUIPO PADRE</b>		<b>157</b>	<b>130</b>	<b>67</b>	<b>89</b>	<b>148</b>	<b>143</b>	<b>734</b>
<b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>		0	0	0	1	0	0	<b>1</b>
<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>		<b>53</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>42</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>213</b>
<b>TREN DE RODAMIENTO</b>		0	0	8	6	0	10	<b>24</b>

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo 2020

En base a la tabla 14, se obtuvo que los sistemas con mayor número de fallas durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020 fueron el cortador de base y la Trozadora de caña, esto se debe a que ambos sistemas deben ser cambiados por el rápido desgaste al estar en contacto directo con el suelo y la caña a cosechar.



Tabla 15 Lista de sistemas con mayor número de fallas en el periodo enero 2020 a diciembre 2020

SISTEMA	SUBSISTEMA	FALLAS						TOTAL
		117-010	117-013	117-014	117-015	117-018	117-019	
<b>CORTADOR DE BASE</b>	CORTADOR DE BASE	322	268	151	191	290	217	<b>1439</b>
<b>TROZADORA DE CAÑAS</b>	TROZADORA DE CAÑAS	302	174	119	170	249	142	<b>1156</b>
<b>CABINA</b>		157	130	67	89	148	143	<b>734</b>
<b>EXTRACTOR PRIMARIO</b>	EXTRACTOR PRIMARIO	81	39	30	27	30	31	<b>238</b>
<b>RASTRA ELEVADORA</b>	MOTORES HIDRAULICOS DE CADENA DE ELEVADOR	35	61	20	20	55	32	<b>223</b>

<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>		53	35	31	42	22	30	<b>213</b>
<b>DIVISOR DE COSECHA</b>	DIVISOR DE COSECHA	55	23	31	42	35	13	<b>199</b>
<b>MOTOR DIESEL JD</b>	SISTEMA DE ENFIAMIENTO	<b>57</b>	<b>15</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>45</b>	<b>183</b>
<b>ROLOS ALIMENTADORES</b>	ROLOS ALIMENTADORES	17	33	35	20	29	26	<b>160</b>
<b>CONJUNTO DESPUNTADOR</b>		30	26	17	32	19	26	<b>150</b>

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo 2020

#### 4.1.2. Elaboración del AMEF

Para el Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) se consideraron los 10 sistemas de la tabla 15. Luego se procedió a identificar los incidentes más frecuentes que originan dichas fallas, para la obtención de los datos de las incidencias frecuentes se tomó como referencia la descripción en las ordenes de trabajo (OT).

Tabla 16 Análisis del Modo y Efecto de Fallas del Cortador de base de las cosechadoras

Nombre del Equipo: Cosechadora de Caña de Azúcar						Empresa: Agroindustrial Laredo	Responsable Jhomar Avila Reyes	Página: 1 de 8			
Tipo de Rodaje: Llanta/Oruga						Área: Taller Agrícola				Fecha: 30/06/2022	
Sistema	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla	Control	S	O	D	NPR
Cortador de base	Cortador de base	Corta la caña de azúcar desde una altura mínima de 5 cm desde el suelo	No corta la caña más bien la arranca desde la raíz	Desgaste de cuchillas	Se detiene la maquinaria	Medio Ambiente/ Operacional	Cambio de cuchillas cuando se reporta el desgaste	2	4	2	16
				Des calibración del sensor de corte		Medio Ambiente/ Operacional	Calibración del equipo cuando el operador lo reporta	3	2	4	24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la trozadora de cañas de la cosechadora

<b>Nombre del Equipo:</b> Cosechadora de Caña de Azúcar						<b>Empresa:</b> Agroindustrial Laredo		<b>Responsable</b> Jhomar Avila Reyes			Página: 2 de 8  Fecha: 30/06/2022
Tipo de Rodaje: Llanta/ Oruga						Área: Taller Agrícola					
Sistema	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla	Control	S	O	D	NPR
Trozadora de cañas	Trozadora de cañas	Corta en trozos no mayor de 15 cm la caña de azúcar cosechada	No troza la caña de azúcar	Descalibración de las cuchillas	Se detiene la maquinaria	Medio Ambiente/ Operacional	calibración de cuchillas post reporte del operador	2	3	2	12
				Desgaste de cuchillas		Medio Ambiente/ Operacional	cambio de cuchillas post reporte del operador	2	4	1	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la cabina y Extractor primario de cañas de la cosechadora

Nombre del Equipo:						Empresa:		Responsable			Página:
Cosechadora de Caña de Azúcar						Agroindustrial Laredo		Jhomar Avila Reyes			3 de 8
Tipo de Rodaje: Llantas/Oruga						Área: Taller Agrícola					
Sistema	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla	Control	S	O	D	NPR
Cabina		Alberga al operador para dirigir el equipo	Operador no puede dirigir el equipo	Rotura de parabrisas	Se detiene la cosecha	Medio Ambiente	cambio de parabrisas cuando el operador lo reporta	3	1	1	3
Extractor primario	Extractor primario	Extrae la materia extraña del corte de caña	No extrae la materia extraña	Descalibración del sensor de giro	Se detiene la cosecha	operacional	inspección visual	3	2	4	24
				Desgaste de aspas		Medio Ambiente	Cambio de cuchillas aspas cuando se reporta el desgaste	2	3	1	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la rastra elevadora de cañas de la cosechadora

Nombre del Equipo: Cosechadora de Caña de Azúcar						Empresa: Agroindustrial Laredo	Responsable Jhomar Avila Reyes			Página: 4 de 8	
Tipo de Rodaje: Llantas/Oruga						Área Taller Agrícola			Fecha: 30/06/2022		
Sistema	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla	Control	S	O	D	NPR
Rastra elevadora	Motores hidráulicos de cadena de elevador	Hace girar la cadena que transporta la caña picada a la carreta	No permite girar la cadena que transporta la caña picada a la carreta	rotura de oring	se detiene la cosecha	operacional	Cambio de oring cuando se reporta el daño	2	3	4	24
				rotura de ejes de motor hidráulico		operacional	cambio de motor cuando el operador reporta	2	1	3	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Análisis del Modo y Efecto de Fallas del sistema hidráulico de cañas de la cosechadora

<b>Nombre del Equipo:</b> Cosechadora de Caña de Azúcar						<b>Empresa:</b> Agroindustrial Laredo		<b>Responsable</b> Jhomar Avila Reyes			Página: 5 de 8
<b>Tipo de Rodaje:</b> Llantas/Oruga						<b>Área</b> Taller Agrícola					Fecha: 30/06/2022
<b>Sistema</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla Funcional</b>	<b>Modo de Falla</b>	<b>Efecto de Falla</b>	<b>Consecuencia de Falla</b>	<b>Control</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>
Sistema hidráulico		Mueve todos los componentes y sistemas de la cosechadora	No mueve los componentes y sistemas de la cosechadora	rotura de mangueras	Se detiene la maquinaria	operacional	Cambio de manguera y aceite hidráulico cuando el operador reportaba	4	3	1	12
Divisor de cosecha	Divisor de cosecha	Direcciona la caña de azúcar hacia el cortador de base	No direcciona la caña hacia el cortador de base	rotura de deflectores	deja caña residual en campo	operacional	Mantenimiento correctivo al deflector cuando se reportaba la falla	2	1	1	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Análisis del Modo y Efecto de Fallas del motor Diesel JD de cañas de la cosechadora

<b>Nombre del Equipo:</b> Cosechadora de Caña de Azúcar						<b>Empresa:</b> Agroindustrial Laredo		<b>Responsable</b> Jhomar Avila Reyes			Página: 6 de 8
<b>Tipo de Rodaje:</b> Llantas/Oruga						<b>Área</b> Taller Agrícola					Fecha: 30/06/2022
<b>Sistema</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla Funcional</b>	<b>Modo de Falla</b>	<b>Efecto de Falla</b>	<b>Consecuencia de Falla</b>	<b>Control</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>
Motor disesel JD	Sistema de enfriamiento	Enfría el sistema oleo hidráulico y motor diesel	No enfría el sistema oleo hidráulico y motor diesel	rotura de mangueras	Recalentamiento del sistema hidráulico	operacional	cambio de mangueras hidráulicas cuando se reportaba la falla	4	2	1	8

Fuente: Elaboración propia



Tabla 22 Análisis del Modo y Efecto de Fallas de los rolos alimentadores de cañas de la cosechadora

<b>Nombre del Equipo:</b> Cosechadora de Caña de Azúcar						<b>Empresa:</b> Agroindustrial Laredo		<b>Responsable</b> Jhomar Avila Reyes			Página: 7 de 8
<b>Tipo de Rodaje:</b> Llantas/Oruga						<b>Área</b> Taller Agrícola					Fecha: 30/06/2022
<b>Sistema</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla Funcional</b>	<b>Modo de Falla</b>	<b>Efecto de Falla</b>	<b>Consecuencia de Falla</b>	<b>Control</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>
Rolos alimentadores	Rolos alimentadores	Alimenta de caña de azúcar a la trozadora	No alimenta de caña de azúcar a la trozadora	Fuga de aceite de motor y mangueras	Se detiene la maquinaria	Medio Ambiente/ Operacional	Reparación de motor y mangueras una vez reportada la falla	4	2	1	8
				Atoramiento por piedras		Medio Ambiente/ Operacional	retiro de las piedras una vez reportado	2	3	1	6
				Rotura del rolo pateador		Medio Ambiente/ Operacional	cambio o reparación del rolo pateador previo reporte de la falla	2	1	1	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Análisis del Modo y Efecto de Fallas del conjunto despuntador de cañas de la cosechadora

<b>Nombre del Equipo:</b> Cosechadora de Caña de Azúcar						<b>Empresa:</b> Agroindustrial Laredo		<b>Responsable</b> Jhomar Avila Reyes			Página: 8 de 8
<b>Tipo de Rodaje:</b> Llantas/Oruga						<b>Área</b> Taller Agrícola					Fecha: 30/06/2022
<b>Sistema</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla Funcional</b>	<b>Modo de Falla</b>	<b>Efecto de Falla</b>	<b>Consecuencia de Falla</b>	<b>Control</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>
Conjunto Despuntador		Corta el cogollo de la caña de azúcar	No corta el cogollo de la caña de azúcar	Desgaste de cuchillas	presencia de cogollo en la cosecha	Medio Ambiente/ Operacional	cambio de cuchillas previo reporte	2	3	1	6
				rotura de mangueras	Se detiene la cosecha	operacional	cambio de mangueras previo reporte	4	1	1	4

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3. Número prioritario de riesgo (NPR)

Se realizó la ponderación de los subsistemas que presentaron mayor número de fallas en el periodo enero 2020 a diciembre 2020 a través del AMEF mostrado en las tablas 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23 con el fin de proveer la prioridad con la que se debe actuar frente a cada modo de falla. De acuerdo al análisis de modo y efecto de falla y al cálculo obtenido del NPR, se seleccionan las fallas en amarillo, para establecer estrategias de mantenimiento centradas en la confiabilidad.

Tabla 24 NPR entre valores de 7 a 36

Sistema	Componente	Modo de Falla	S	O	D	NPR
Cortador de base	Cortador de base	Desgaste de cuchillas	2	4	2	16
		Descalibración del sensor de corte	3	2	4	24
Trozadora de cañas	Trozadora de cañas	Descalibración de las cuchillas	2	3	2	12
		Desgaste de cuchillas	2	4	1	8
Extractor primario	Extractor primario	Descalibración del sensor de giro	3	2	4	24
Rastra elevadora	Motores hidráulicos de cadena de elevador	rotura de oring	2	3	4	24
Sistema hidráulico		rotura de mangueras	4	3	1	12
Motor diesel JD	Sistema de enfriamiento	rotura de mangueras	4	2	1	8
Rolos alimentadores	Rolos alimentadores	Fuga de aceite de motor y mangueras	4	2	1	8

Fuente: Elaboración propia

Considerando la información de la Tabla 24, se observa que los NPR más altos corresponden a los subsistemas cortador de base, extractor primario y motores hidráulicos de cadena de elevador. Se procede a establecer medidas preventivas para cada modo de falla que permita disminuir el valor de dicho indicador.

Tabla 25 Propuesta de plan de mantenimiento

<b>Modo de Falla</b>	<b>Propuesta de Plan de mantenimiento</b>
<b>Desgaste de cuchillas del cortador de base</b>	Establecer un cronograma inspecciones en campo para determinar el tiempo de vida promedio de las cuchillas del cortador de base
<b>Descalibración del sensor del cortador de base</b>	Capacitar al personal operario de la maquinaria en la verificación de valores del sensor de base
<b>Descalibración de las cuchillas de la trozadora de caña</b>	Implementar la actividad de calibración de cuchillas dentro del procedimiento de cambios de cuchillas
<b>Desgaste de cuchillas de la trozadora de caña</b>	Establecer un cronograma inspecciones en campo para determinar el tiempo de vida promedio de las cuchillas de la trozadora de caña
<b>Descalibración del sensor de giro del extractor primario</b>	Implementar un programa de inspecciones periódicas para establecer cada cuanto hora se da la descalibración
<b>rotura de oring del motor hidráulico de la cadena de elevador</b>	Establecer un cronograma de cambio de oring cada 1500 horas según tiempo de vida en ficha técnica
<b>rotura de mangueras del sistema hidráulico</b>	Capacitar al personal operador en la realización de inspecciones periódicas que permitan detectar posibles fallas en los sistemas que incluyan mangueras

<b>rotura de mangueras del sistema de enfriamiento del motor diesel</b>	<p>En base a la ficha técnica de las mangueras, establecer un cronograma de cambio de las mismas cada 2500 horas.</p>
<b>Fuga de aceite de motor y mangueras de los rolos alimentadores</b>	<p>Implementar un cronograma de cambio de mangueras cada 1500 horas según tiempo de vida establecido en ficha técnica</p>

Fuente: elaboración propia

Considerando la tabla 24 y 25, se procede a elaborar la propuesta del cronograma del plan de mantenimiento que será ejecutado durante un periodo de 1 año (enero 2021 a diciembre 2021)

Tabla 26 Propuesta de cronograma de acciones en el plan de mantenimiento

<b>Propuesta de Plan de mantenimiento</b>	<b>Duración</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
Inspecciones en campo para cuchillas del cortador de base	7 días	4/01/2021	11/01/2021	diaria	Tesista
Capacitar al personal operario en calibración sensor de base	15 días	12/01/2021	20/04/2021	semanalmente (martes)	Tesista
Implementar la actividad de calibración de cuchillas dentro del procedimiento de cambios de cuchillas	334 días	1/02/2021	31/12/2021	En cada cambio de cuchillas	jefe de taller
Inspecciones en campo de las cuchillas de la trozadora de caña	30 días	3/05/2021	10/05/2021	diaria	Tesista
Inspecciones periódicas para determinar descalibración del extractor primario	6 días	15/05/2021	31/07/2021	quincenal	Tesista
Cambio de oring según tiempo de vida en ficha técnica	365 días	1/02/2021	31/12/2021	1500 horas	mecánico
Capacitar al personal operador en la realización de inspecciones periódicas	15 días	11/01/2021	19/04/2021	Semanalmente (lunes)	Tesista
Establecer un cronograma de cambio de mangueras según tiempo de vida en ficha técnica	365 días	1/02/2021	31/12/2021	2500 horas	mecánico
Cambio de mangueras según tiempo de vida establecido en ficha técnica	365 días	1/02/2021	31/12/2021	1500 horas	mecánico

Fuente: Elaboración propia

Posterior a la implementación de dichas acciones se procede a realizar el nuevo análisis del modo y efecto de fallas análisis y cálculo de NPR

Tabla 27 Análisis del Modo y Efecto de Fallas post acciones correctivas 2021

Sistema	Componente	Modo de Falla	Nuevo control	S	O	D	NPR
<b>Cortador de base</b>	Cortador de base	Desgaste de cuchillas	cambio cada 6 carretas	2	1	1	2
		Descalibración del sensor de corte	Rutas periódicas	2	1	2	4
<b>Trozadora de cañas</b>	Trozadora de cañas	Descalibración de las cuchillas	Cambiar cada 1500 horas	2	2	2	8
		Desgaste de cuchillas	Cambiar cada 12 horas	2	3	1	6
<b>Extractor primario</b>	Extractor primario	Descalibración del sensor de giro	Realizar inspección cada 1500 horas	2	1	2	4
<b>Rastra elevadora</b>	Motores hidráulicos de cadena de elevador	rotura de oring	Cambiar kit de orines cada 1500 horas	2	1	2	4
<b>Sistema hidráulico</b>		rotura de mangueras	Cambiar kit de mangueras cada 2500 horas	2	2	2	8
<b>Motor diesel JD</b>	Sistema de enfriamiento	rotura de mangueras	Cambiar kit de manguera cada 2500 horas	2	2	1	4
<b>Rolos alimentadores</b>	Rolos alimentadores	Fuga de aceite de motor hidráulico y mangueras	Cambiar kit de mangueras cada 1500 horas e inspección de motor hidráulico	2	2	1	4

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DESPUES DE IMPLEMENTAR ACCIONES

Las acciones implementadas para aumentar la disponibilidad de las cosechadoras fueron evaluadas durante los meses enero 2021 hasta diciembre 2021, obteniendo los siguientes resultados

Tabla 28 Número de ordenes de trabajo desde enero a diciembre de 2021

TIPOS DE ORDENES DE TRABAJO	CANTIDAD	% OT
SISTEMATICAS	7,182	55%
PROGRAMADAS	5,560	43%
URGENTES	294	2%
<b>TOTAL</b>	<b>13,036</b>	<b>100%</b>

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo - 2021

Al finalizar el periodo Enero – diciembre 2021, de acuerdo al sistema INFOMANTE, se registraron 13,036 órdenes de trabajo pertenecientes a todos los equipos del área de Campo.

En la siguiente figura se aprecia que la empresa clasifica sus órdenes de trabajo en sistemáticas, programadas y urgentes, siendo las sistemáticas aquellos trabajos de mantenimiento predictivo mientras que las ordenes de trabajo programadas y urgentes son del tipo correctivo. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, se observa que existe una disminución de la cantidad total de órdenes de trabajo de 13,761 en el año 2020 a 13,036 en el año 2021, lo cual representa un 5.56%. Antes de implementar las acciones correctivas el personal de campo optaba por recurrir a las ordenes urgentes, en donde no se necesitaba la aprobación del jefe de área para la realización de dicho mantenimiento, caso contrario de las ordenes de trabajo programadas. Sin embargo, luego de capacitar al personal se ha logrado aumentar en un 28.88% las ordenes programadas y disminuido en un 68.45%



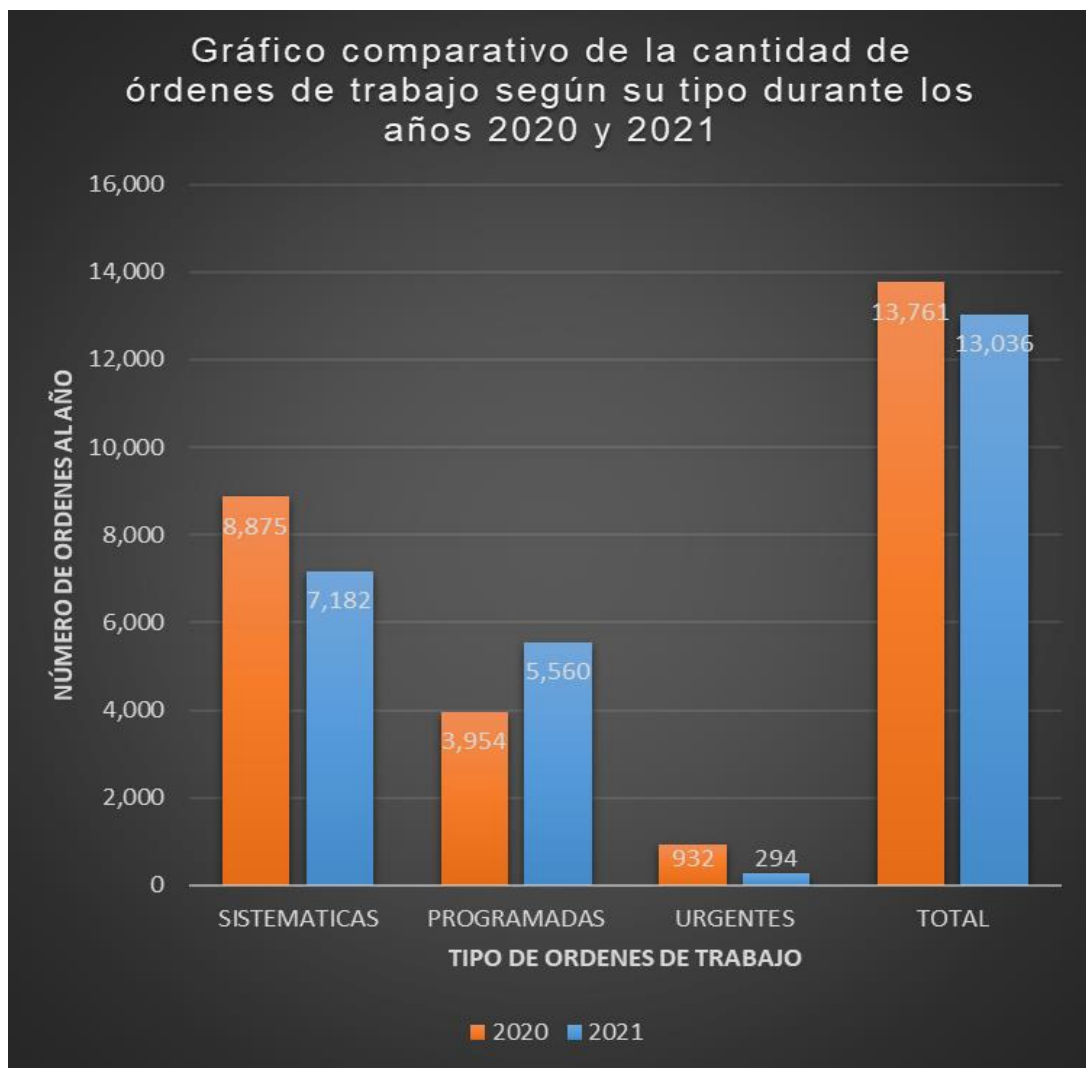


Figura 4 Gráfico comparativo de la cantidad de órdenes de trabajo según su tipo durante los años 2020 y 2021

Fuente: tabla 7 y tabla 28

Tabla 29 Número de órdenes de trabajo de cosechadoras registradas en el año 2021

TIPOS DE ORDENES DE TRABAJO	CANTIDAD	% OT
SISTEMATICAS	3,300	64%
PROGRAMADAS	1,753	34%
URGENTES	155	3%
<b>TOTAL</b>	<b>5,156</b>	<b>100%</b>

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo - 2021

Después de implementar las acciones correctivas, se puede observar que, del total de órdenes de trabajo, 5,156 pertenecen a las cosechadoras, lo que representa un 39.55% del total.

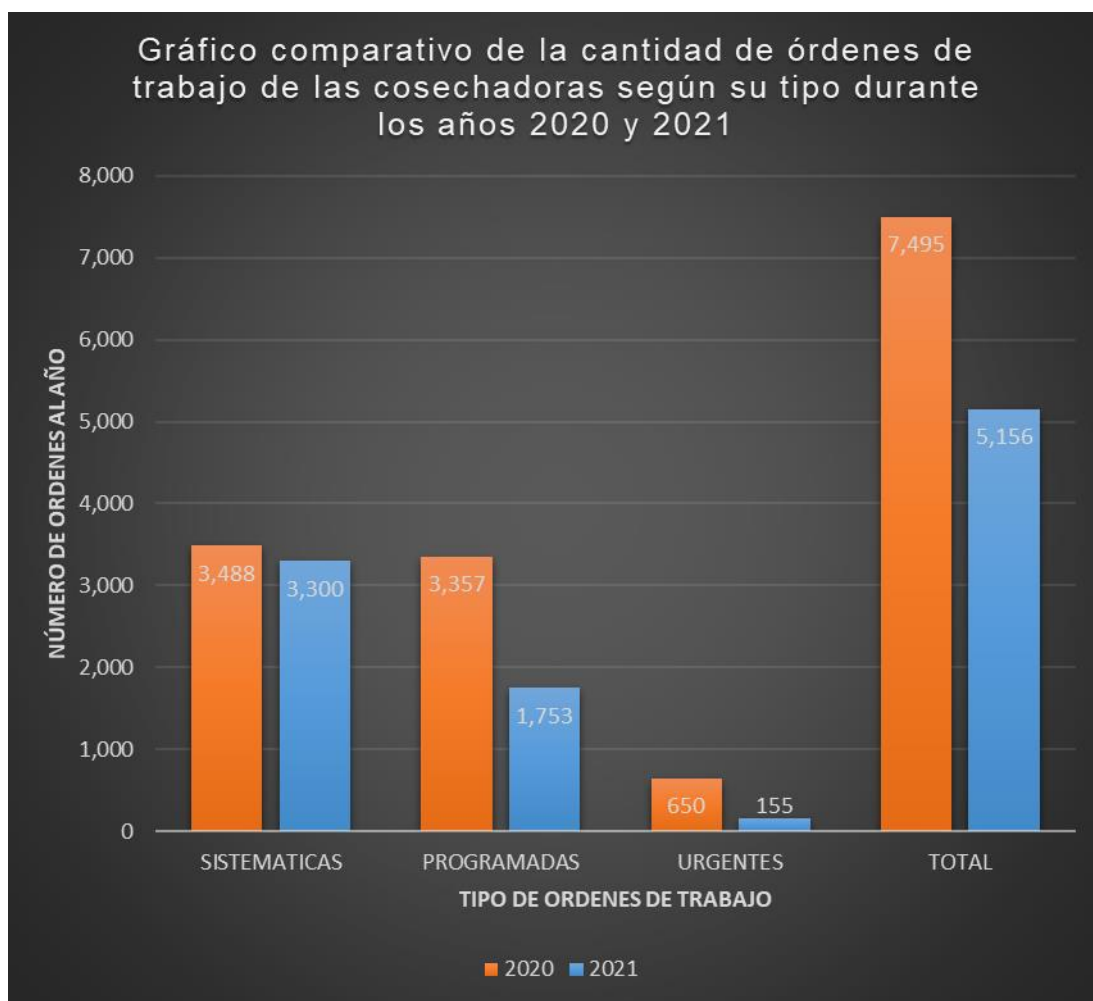


Figura 5 Gráfico comparativo de la cantidad de órdenes de trabajo de las cosechadoras según su tipo durante los años 2020 y 2021

Fuente: tabla 8 y tabla 29

En la figura 5, se muestra un comparativo entre el número de órdenes de trabajo (OT) generados en el año 2020 y el año 2021 por parte de las cosechadoras, se puede apreciar que el número de ordenes urgentes y programadas están disminuyendo, esto significa que se esta optando por el mantenimiento predictivo en ves del mantenimiento correctivo en donde se espera que el operador informe cuando la falla ya se dio.

Tabla 30 Número de Paradas por Cosechadora durante Enero 2021 - Diciembre 2021

ACTIVO	DESCRIPCIÓN	N° DE PARADAS	
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	1089	21%
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570	1185	23%
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	399	8%
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	452	9%
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	1018	20%
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	1013	20%
<b>TOTAL</b>		<b>5,156</b>	<b>100%</b>

Fuente: Sistema INFOMANTE de la empresa Agroindustrial Laredo – 2021

En la tabla 31 se encuentran el número de paradas de las cosechadoras durante el periodo enero 2021 a diciembre 2021, observándose que la cosechadora 117-013 presentó la mayor cantidad de paradas debido a que fue trasladada del campo denominado “trapiche” al campo “el cortijo”, siendo este último de terreno rocoso. Por otro lado, la cosechadora 117-018 presenta la cantidad más baja de paradas y esto se debe a que es un equipo nuevo que ingresó en el año 2019.

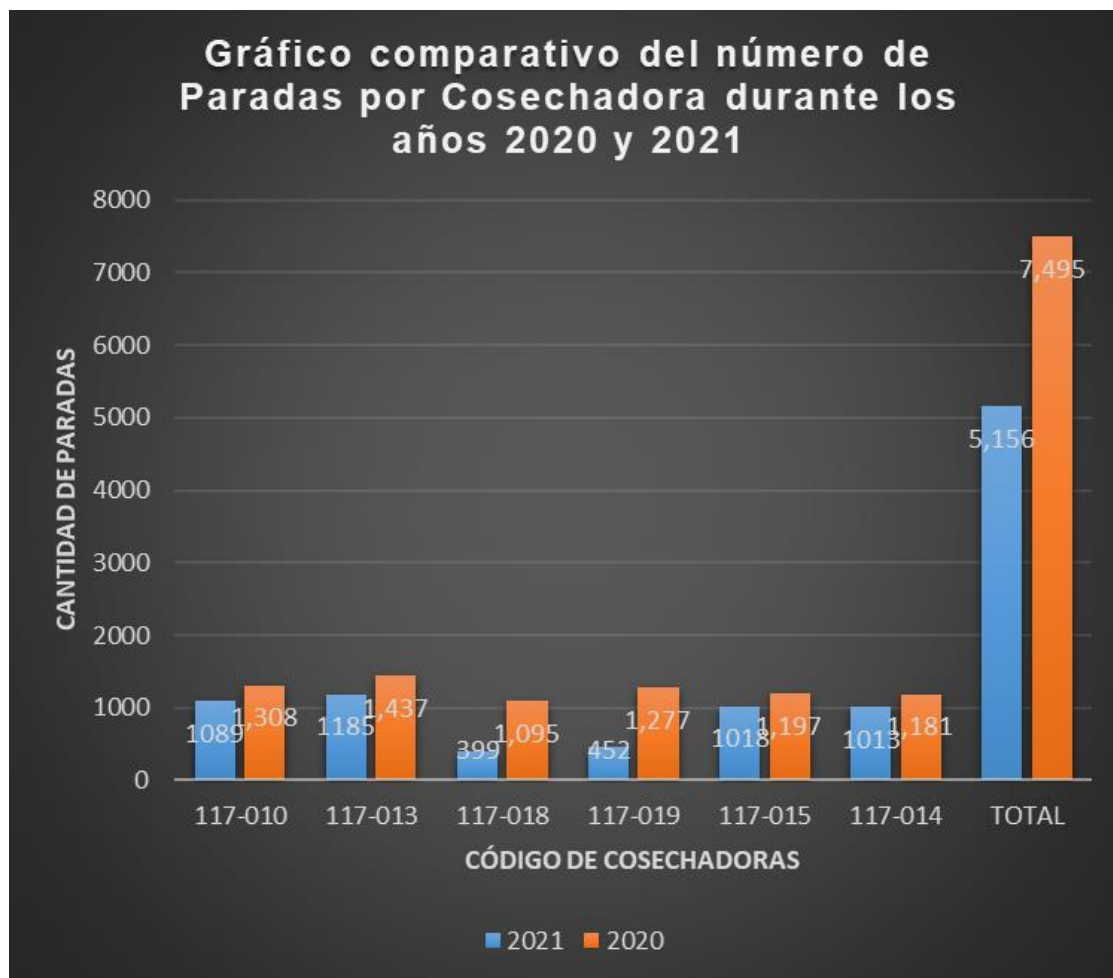


Figura 6 Gráfico comparativo del número de Paradas por Cosechadora durante los años 2020 y 2021

Fuente: tabla 9 y tabla 30

En la figura 6, se puede observar que la cantidad de ordenes trabajo del año 2020 durante el periodo enero – diciembre fueron mucho mayor en comparación con el año 2021. Se redujo de 7495 ordenes de trabajo en el año 2020 a 5156 ordenes de trabajo en el año 2021, es decir se presentó una reducción del 31.21%

Tabla 31 Tiempo total de operatividad y de parada en Horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2021 – diciembre 2021

Código de Cosechadora	DESCRIPCIÓN	PARADAS (HORAS)	OPERATIVAS (HORAS)
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	4,446.76	4,313.24
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3,791.66	4,968.34
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	2,633.92	534.08
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	1,795.31	1,084.69
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3,730.18	5,029.83
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	3,671.36	5,088.64
<b>TOTAL</b>		20,069.19	21,018.82

Fuente: PIMS de la empresa Agroindustrial Laredo – 2021

En la tabla 32 se observa que la cosechadora 117-014 presentó la menor cantidad de horas en campo, esto se debe a que dicho equipo sólo estuvo en funcionamiento desde el mes de enero hasta el 12 de mayo del 2021. Por otra parte, la cosechadora 117-019 presentó el tiempo el mayor tiempo de operatividad.

En la Figura 7 se muestra la cantidad de horas paradas por mantenimiento de cada cosechadora tanto en el año 2020 como en el 2021. Se aprecia que las cosechadoras 117-010 y 117-013 aumentaron sus horas de parada. El mismo caso se da en la cosechadora 117-013 que tiene 6 años de antigüedad. Por otra parte de las cosechadoras 117-014 y 117-015, que también tienen 6 años de antigüedad, éstas solo estuvieron en funcionamiento los 5 primeros meses durante el periodo 2021 (enero 2021 – mayo 2021), por dicho motivo no registran mayor cantidad de horas de parada. En la cosechadora 117-019, esta tiene 3 años de antigüedad al igual que la cosechadora 117-018

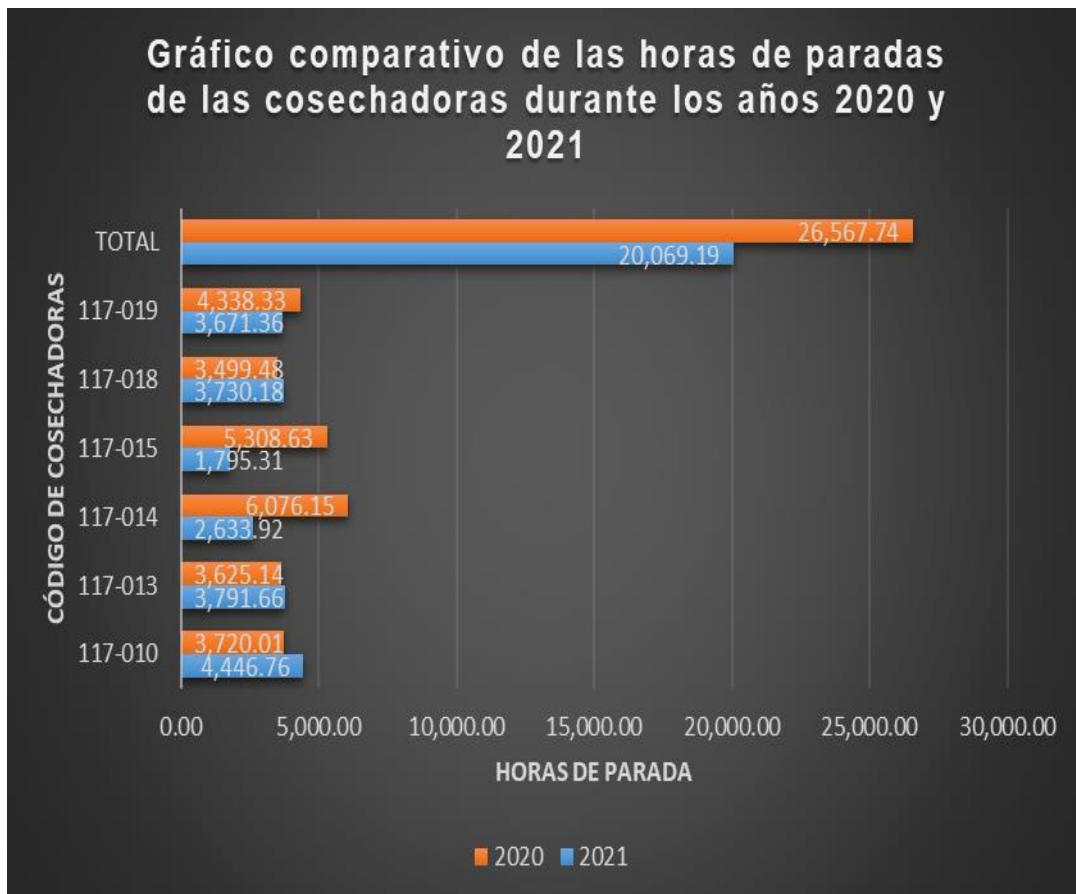


Figura 7 Gráfico comparativo de las horas de paradas de las cosechadoras durante los años 2020 y 2021

Fuente: Tabla 10 Y Tabla 31

Para poder determinar la disponibilidad de las cosechadoras durante el año 2021 se empleó la formula:

$$D = \left( \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \right)$$

Para lo cual se procedió a determinar el MTBF y MTTR de cada cosechadora como se observa en la tabla 33 y 34

Tabla 32 Tiempo medio de buen funcionamiento en horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2021 a diciembre 2021

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Tiempo disponible (Horas)	Tiempo de inactividad (Horas)	Número de fallas	MTBF (Media de Tiempo de Buen funcionamiento) Horas
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	8760	4,446.76	1089	3.96
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	8760	3,791.66	1185	4.19
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	3168	2,633.92	399	1.34
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	2880	1,795.31	452	2.40
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	8760	3,730.18	1018	4.94
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	8760	3,671.36	1013	5.02

Fuente: PIMS de la empresa Agroindustrial Laredo – 2021

Al calcular el nuevo valor de MTBF de cada cosechadora pudimos observar que la cosechadora 117-019 es la que presenta el tiempo más alto entre fallas (5.02 horas/ falla) mientras que la cosechadora 117-014 es la unidad que presenta el tiempo más bajo

entre fallas (1.34 Horas/falla), esto se debe a que la cosechadora 117-019 es un equipo nuevo en comparación a la 117-014. Además, los repuestos y componentes de la cosechadora 117-014 no presentan la calidad requerida para los trabajos realizados en campo.

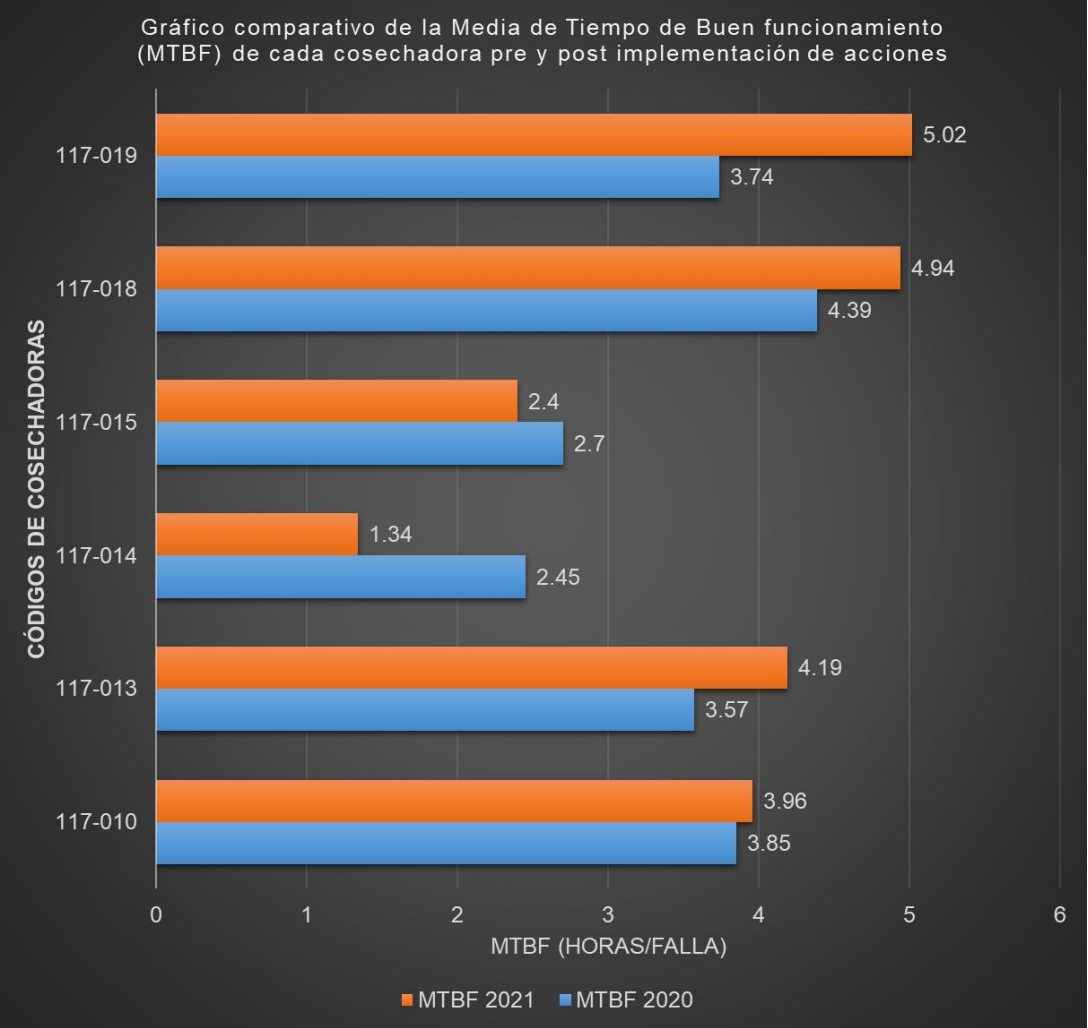


Figura 8 Gráfico comparativo de la Media de Tiempo de Buen funcionamiento (MTBF) de cada cosechadora pre y post implementación de acciones

Fuente: tabla 11 y tabla 32

En la figura 8 se muestran los tiempos medios de buen funcionamiento de cada cosechadora tanto en el año 2020 como el año 2021. Como se puede apreciar, la implementación de las medidas correctivas permitió aumentar los tiempos de buen funcionamiento en la cosechadora 117-019, 117-018, 117-013 y 117-010.



Tabla 33 Tiempo medio de reparación en horas de cada cosechadora durante el periodo enero 2021 a diciembre 2021

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Tiempo Total de mantenimiento (Horas)	Número reparaciones	MTTR (Tiempo Medio de Reparación) Horas
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	4,446.76	1089	4.08
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3,791.66	1185	3.20
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	2,633.92	399	6.60
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	1,795.31	452	3.97
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	3,730.18	1018	3.66
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	3,671.36	1013	3.62

Fuente: PIMS de la empresa Agroindustrial Laredo – 2021

Con respecto a los valores de los MTTR de cada una de las cosechadoras existentes en el año 2021. Se puede apreciar que el activo 117-014 es el que presentó el valor más elevado (6.60 horas/falla) y el menor valor en MTTR lo presentó el activo 117-013 (3.20 horas/falla).

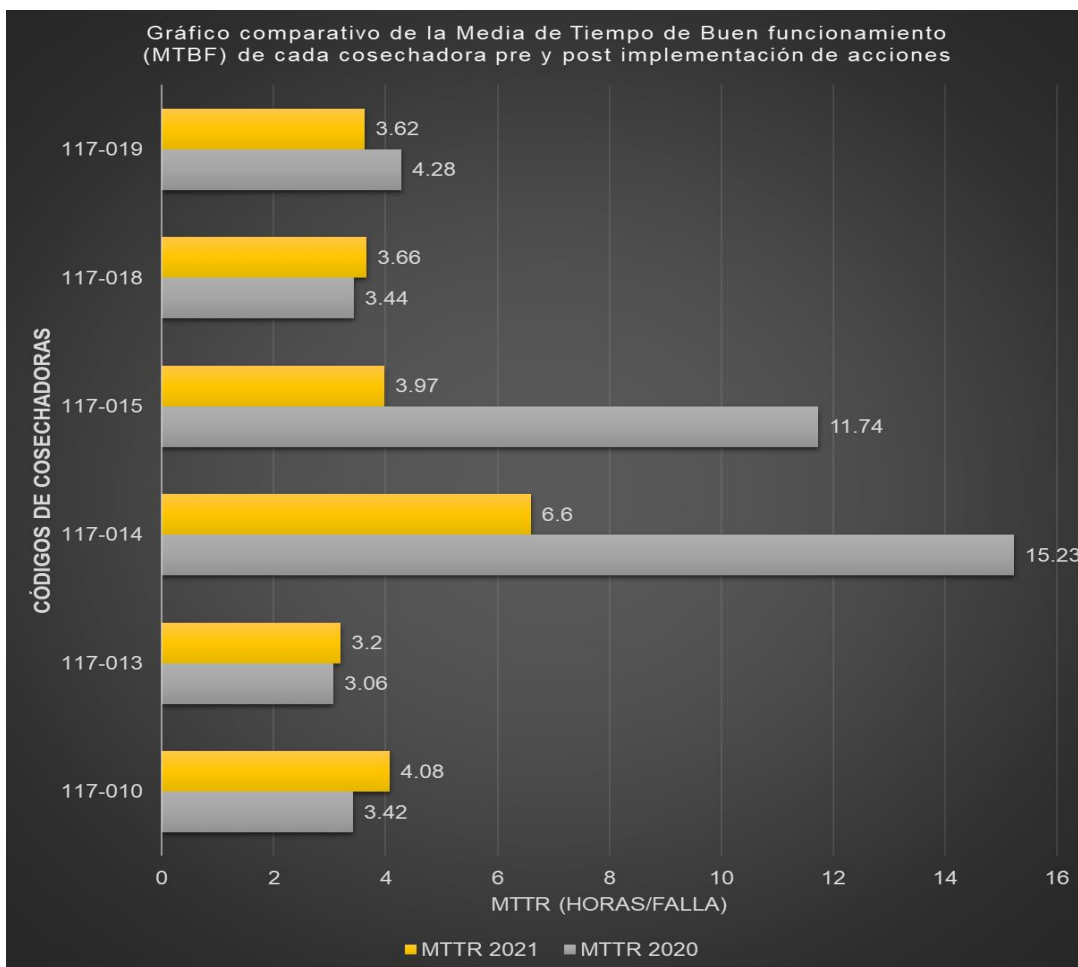


Figura 9 Gráfico comparativo del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de cada cosechadora pre y post implementación de acciones

Fuente: tabla 12 y tabla 33

Se puede observar en la figura 9, que al implementar las acciones correctivas durante el año 2021 se logró disminuir el tiempo medio de reparación de cada cosechadora. En el caso de la cosechadora 117-018 presentó un aumento en el tiempo de reparación debido a que el motor del extractor primero sufrió daños y éste tuvo que ser importado, demorando un periodo de 30 día para llegar al país. En el caso de la cosechadora 0117-010, el aumento de su tiempo medio de reparación se dio a causa que fue trasladada al campo denominado “el cortijo” en donde el suelo es rocoso y esto ocasiona el atoramiento de rocas en las cuchillas del Trozador de caña y en las cuchillas de base.

Tabla 34 Disponibilidad de las cosechadoras durante el periodo enero 2021 - diciembre 2021

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MTBF (Horas/falla)	MTTR (Horas/falla)	Disponibilidad
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	3.96	4.08	49%
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	4.19	3.20	57%
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	1.34	6.60	17%
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	2.40	3.97	38%
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	4.94	3.66	57%
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	5.02	3.62	58%

Fuente: Elaboración propia

Al calcular el porcentaje del tiempo que un equipo puede estar disponible para realizar las actividades para lo cual fue destinado. En la tabla 34 observamos que, durante enero 2021 a diciembre 2021, la cosechadora 117-019 presentó la mayor disponibilidad (58%) mientras que la cosechadora 117-014 es la que muestra la menor disponibilidad (17%).

Tabla 35 Disponibilidad 2020 vs disponibilidad 2021 de las cosechadoras de la empresa agroindustrial Laredo S.A.A

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Disponibilidad	Disponibilidad
		2020	2021
117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	53%	49%
117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	54%	57%
117-014	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2016	14%	17%
117-015	COSECHADORA, A8800, CASE. IH, ORUGA, 2015	19%	38%
117-018	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE LLANTAS	56%	57%
117-019	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570 DE ORUGAS	47%	58%

Fuente: Elaboración propia

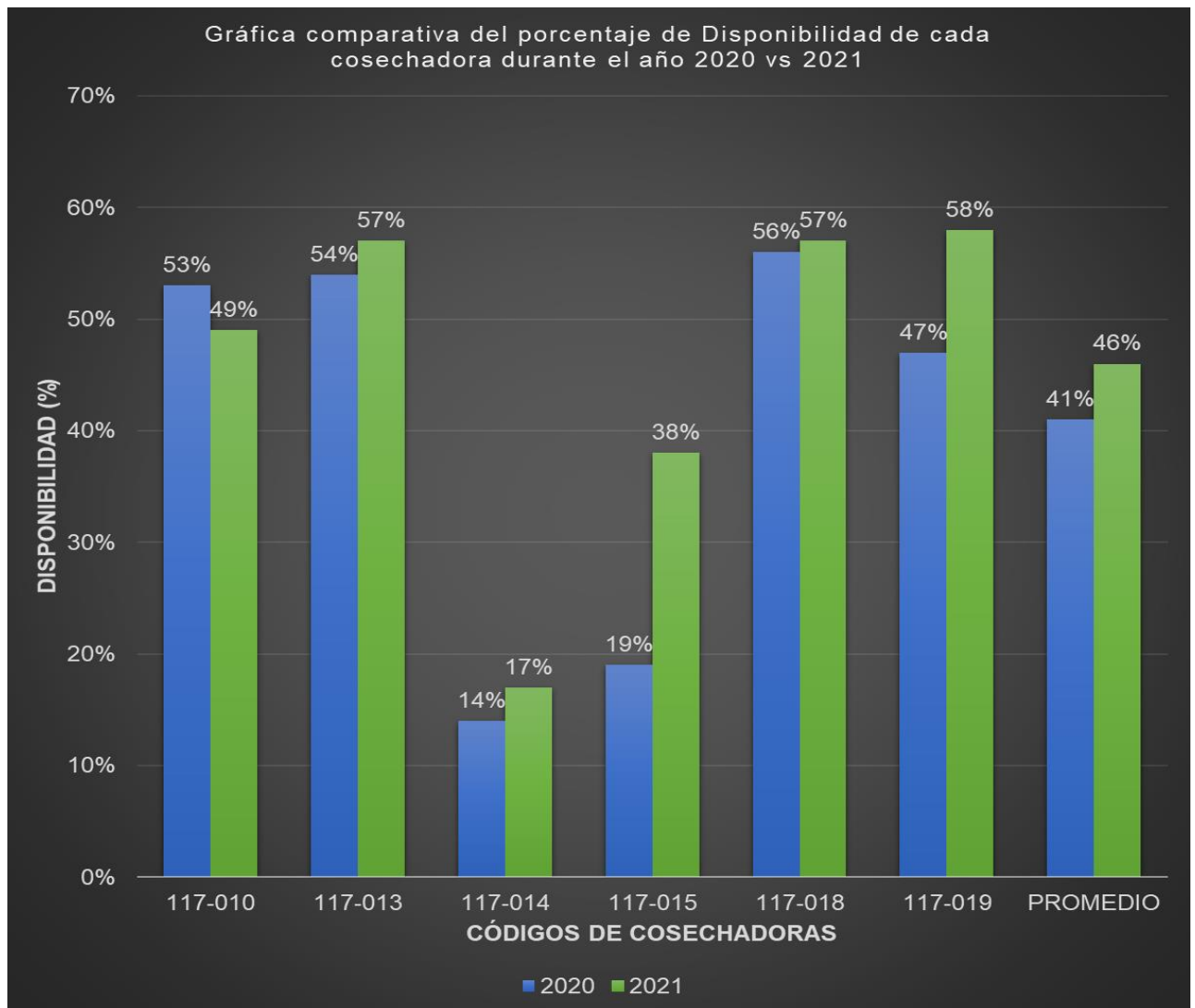


Figura 10 Gráfica comparativa del porcentaje de Disponibilidad de cada cosechadora durante el año 2020 vs 2021

Fuente: tabla 35

En la figura 10, se puede apreciar que la mayor parte de las cosechadoras sufrieron un aumento de su disponibilidad. La cosechadora 117-010 ingresó a la empresa en el año 2014, por lo que ya cuenta con 8 años de antigüedad. Con respecto a las cosechadoras 117-014 y 117-015, estas presentan los menores porcentajes de disponibilidades debido a que en el periodo 2021 solo estuvieron en funcionamiento los meses de enero a mayo. Por otro lado, las cosechadoras 117-018 y 117-019 presentaron un aumento en su disponibilidad desde el año 2020 hasta el año 2021.

## V. DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la investigación, en donde se buscaba incrementar la disponibilidad de las cosechadoras a través de la mejora de la gestión de mantenimiento con un enfoque RCM, se pudo demostrar que la metodología RCM efectivamente ayuda a mejorar la disponibilidad de los equipos. Sin embargo, tal como lo mencionó Fernández et. al. (2015) en su investigación titulada la gestión en los talleres de mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola de Cuba, un factor importante en la ineficiente gestión de mantenimiento está dada por el incumplimiento de los procedimientos por parte del personal y eso se pudo observar en la tabla 8 en donde nos muestra que en el año 2020 el personal de taller agrícola registro mayor número de órdenes de trabajo urgentes (mantenimiento correctivo).

Por otra parte, una adecuada gestión de mantenimiento requiere de llevar un registro de las órdenes de trabajo (OT) con el fin de construir un histórico de las fallas, tal como lo menciona Herrera-Galán, et al., 2016, en su investigación "Metodología e implementación de un programa de gestión de Mantenimiento". Por tal motivo la empresa viene trabajando bajo 03 tipos de ordenes trabajo: las ordenes de trabajo en Ordenes Sistemáticas (acciones predictivas), ordenes de trabajo programadas y ordenes urgentes (acciones correctivas) como se puede apreciar en la figura 5. Sin embargo, se ha venido trabajando en mayor medida con las ordenes de trabajo urgentes (650 OT urgentes en el año 2020), pero al implementar las capacitaciones para concientizar al personal en mantenimiento con enfoque RCM se logró reducir las OT urgentes a 138 para el año 2021, lo que representa una disminución del 78.77%.

Uno de los factores clave en la gestión del mantenimiento según Mehmeti et al., 2018 son los datos del historial de fallas puesto que en la mayoría de casos éstos ocurren aproximadamente después del mismo periodo de tiempo. Además, de acuerdo con las investigaciones de G.Gupta y R.P.Mishra, 2018

identificaron que los componentes críticos y su priorización son puntos importantes para el mantenimiento centrado en la confiabilidad, por lo que propusieron una jerárquica priorizando los componentes críticos para el mantenimiento centrado en la confiabilidad. Por tal motivo, se consideró el historial de fallas de las cosechadoras según sus sistemas, se procedió a determinar los sistemas que presentaron el mayor número de fallas durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020 como se puede observar en la tabla 15 y a dichos sistemas se procedió a aplicar el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el cálculo del NPR como se muestra en las tablas 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23, en donde se encontraron 08 subsistemas con valores en color verde ( $NPR \leq 7$ ) y 09 en color amarillo ( $07 < NPR < 36$ ).

Otro punto importante en el estudio fueron el tiempo de ingreso de las cosechadoras a la empresa y sus horas de paradas (tiempo de mantenimiento), pues son consideradas indicadores importantes en el cálculo de la disponibilidad de los equipos, tal como lo indica Alavedra Flores et al., 2021 en su investigación Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. En ella hacen referencia que a medida que aumenta el tiempo de vida de los equipos se incrementan las paradas por mantenimiento y esto se pudo evidenciar en la figura 7 con el caso de la cosechadora 117-010 que después de 8 años operando mostró un aumento del 16.34% en sus horas parada. Así mismo, se observó lo mismo en la cosechadora 117-013, que con 6 años operando presentó un aumento del 4.39% en sus horas de parada. Caso contrario de la cosechadora 117-019 que tiene 3 años operando en la empresa y una vez aplicadas las mejoras disminuyó sus tiempos de parada en un 15.37%. En el caso de la cosechadora 117-018 se dio una excepción en el tiempo de parada debido a que el repuesto requerido tardó aproximadamente 1 mes en llegar al país. En general durante el año 2020 las cosechadoras registraron un total de 26,567.74 horas de parada, mientras que en el año 2021 se registró sólo 20,069.19 lo que significa una disminución del 24.46%.

Además, para poder conocer la disponibilidad de las cosechadoras de caña de azúcar de la empresa durante el periodo enero 2020 a diciembre 2020 y del periodo enero 2021 a diciembre 2021 fue necesario calcular los tiempos medios entre fallas (MTBF) y tiempos medios para reparar (MTTR), por lo que se recurrió a la data del software INFOMANTE y PIMS en donde se registra diariamente las órdenes de trabajo que incluyen las horas que toma la ejecución del mantenimiento. Según la investigación de Alavedra Flores et al., 2021, existe un grado de relación entre las variables MTBF y MTTR. Y esto se ve reflejado en las figuras 8 y 9 que muestran los valores del periodo enero 2020 a diciembre 2020 en donde los valores de MTBF de las cosechadoras eran bajos y los valores de MTTR fueron altos. Mientras que posterior a la aplicación de las acciones de mejoras, en el periodo enero 2021 a diciembre 2021, los valores de MTBF fueron altos y los de MTTR bajaron a excepción de la cosechadora 117-010 que aumento su tiempo medio de reparación en el año 2021, pero esto se dio causa que fue trasladada al campo denominado “el cortijo” en donde el suelo es rocoso y esto ocasiona el atoramiento de rocas en las cuchillas del Trozador de caña y en las cuchillas de base; así mismo se debe considerar que dicha cosechadora es la que tiene mayor antigüedad.

Una vez obtenido los valores de MTTR y MTBF de cada cosechadora se procedió a calcular la disponibilidad de cada una de ellas para el periodo 2020, tal como se aprecia en la tabla 35 en donde se encontró que durante ese periodo la cosechadora 117-018 presentó la mayor disponibilidad con un valor del 58%, mientras que la cosechadora 117-014 presentó el menor valor de disponibilidad (14%). Esto debido a que la 117-018 es una cosechadora de marca JHON DEERE, quien cuenta con concesionarios en la región La libertad y un amplio stock de repuestos, mientras que la cosechadora 117-014 es de marca CASE que actualmente no cuentan con concesionario en el Perú, por lo que los repuestos de dicho equipo no son comerciales y toman más tiempo en conseguirse aumentando así las horas de parada. Esto concuerda con lo mencionado por Hubert Cedric, 2018 en su investigación Análisis de procesos | Mantenimiento, confiabilidad y capacitación, en donde hace



referencia que para que la confiabilidad de un activo pueda funcionar continuamente es necesario contar con stock de repuestos.

Finalmente, en la figura 10 se puede observar la comparación entre los valores de disponibilidad de cada cosechadora para los periodos enero 2020 a diciembre 2020 y enero 2021 a diciembre 2021. Se puede apreciar de las 06 cosechadoras que se han venido estudiando, 05 aumentaron su disponibilidad luego de implementar las acciones de mejora. Sólo la cosechadora 117-010 presentó una disminución de disponibilidad, pero esto puede darse por factores como la antigüedad del equipo (8 años) y al cambio de campo de cosecha pues fue reubicada a un terreno rocoso. Esto concuerda con lo expuesto por Arevalo Lizana y Calle Chumacero, 2019 quienes indican que la disponibilidad y confiabilidad se reducen con el pasar del tiempo. En el periodo enero 2021 a diciembre 2021 la cosechadora 117-019 fue la que presentó mayor disponibilidad con un valor de 58%, mientras que la que presentó el menor valor de disponibilidad fue la cosechadora 117-014 con un valor del 17%, esto debido a que se decidió que en este periodo únicamente estaría operativa hasta el mes de mayo. En general, la disponibilidad promedio de las cosechadoras sufrió un incremento del 5% luego de implementar la propuesta de las mejoras del plan de mantenimiento, pasando de 41% a 46% de disponibilidad. Por lo que queda demostrada la relación directa entre la gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad. Esto concuerda con la investigación realizada en la empresa Komatsu Maquinarias Perú S. A. en el año 2021, en donde se determinó la relación entre dichas variables, obteniendo un coeficiente de correlación es 79,1 %, Por lo que a medida que aumenta el tiempo de vida de los equipos, también se incrementan las paradas inopinadas por mantenimiento correctivo. Además, nos hace mención que cuando el mantenimiento preventivo no se realiza de manera adecuada, la disponibilidad del equipo tiende a descender con el tiempo.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Considerando el objetivo general del estudio de evaluar el efecto de las mejoras en la gestión de mantenimiento de cosechadoras con enfoque RCM con el fin de incrementar su disponibilidad en una empresa agroindustrial, se determinó que la metodología de mantenimiento basada en la confiabilidad permite disminuir los tiempos entre mantenimientos y aumenta el tiempo medio de funcionamiento de los equipos, logrando mejorar la disponibilidad de los las cosechadoras de caña de azúcar en un 5%, pasando de 41% a 46% desde el año 2020 hasta el año 2021.
2. Empleando el Análisis de modo y efecto de fallos se obtuvieron 09 componentes con valores de NPR entre 7 y 36, es decir, un número de Prioridad de Riesgo medio por lo que se propuso acciones de mejoras en el plan de mantenimiento de los 09 componentes y posteriormente se realizó un nuevo AMEF, logrando reducir de 09 componentes con prioridad de riesgo medio a 02 componentes con prioridad de riesgo medio, representando una reducción del 77.77%.
3. Al obtener los datos para elaborar la línea base de las cosechadoras de caña de azúcar se encontró que existían gran número de ordenes de trabajo de mantenimiento. Posteriormente a la implementación del mantenimiento predictivo se logró disminuir en un 82.45% la cantidad de ordenes de trabajo de mantenimiento.
4. Se logró disminuir el tiempo de parada (horas) en un 32% en el año 2021 con respecto al 2020, pasando de 4,427.96 horas de parada promedio al año 2020 a 3,344.87 horas promedio de parada al año 2021.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad con la finalidad de acercarnos a la meta matriz de 80% de disponibilidad en las cosechadoras.
- Se recomienda continuar trabajando con las ordenas sistematizadas en las cosechadoras, las cuales a través de la ruta periódica permite el levantamiento y posterior planificación de las tareas de mantenimiento que necesita un equipo y así evitar duplicidad de trabajos u omisión de reparaciones.
- Se recomienda capacitar al personal mecánico sobre las mejoras implementadas en las cosechadoras por parte del proveedor. A sí mismo, brindar información acerca de las mejoras en el plan de mantenimiento y su importancia.
- Se recomienda establecer frecuencias para el cambio de componentes respetando su tiempo de vida útil a fin de realizar la adquisición de dichos componentes a tiempo y evitar paradas prolongadas de los equipos. Además, en el caso de los equipos críticos se debe contar con una lista de repuestos de alta rotación y difícil adquisición.
- Establecer inspecciones continuas que permitan mejorar los tiempos de detección de fallas y aplicación de herramientas de mantenimiento basado en la confiabilidad.
- Se recomienda elaborar un catálogo de fallas recurrentes a fin de disminuir los tiempos de reparación por parte del personal de Taller Agrícola y estandarizar la terminología de las fallas detectadas en las cosechadoras.

## REFERENCIAS

Alavedra Flores, Carol, Minaya Luna, Christian, Gastelu Pinedo, Yumira, Méndez Orellana, Griseyda, Prieto Gilio, Krisley, Pineda Ocas, Brandon, Ríos Mejía, Kenny, Moreno Rojo, César Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial* [en línea]. 2016, (34), 11-26[fecha de Consulta 25 de octubre de 2021]. ISSN: 1025-9929. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337450992001>

Álvarez Zaldívar, Deivis, Hernández Areu, Orestes, Propuesta de un nuevo programa de mantenimiento a los motores hyundai de grupos fuel oil. *Ingeniería Energética* [en línea]. 2020, XLI (2), 1-8[fecha de Consulta 25 de octubre de 2021]. ISSN. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329164306004>

Arevalo Lizana, A., & Calle Chumacero, J. (2019). Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes, San Ignacio, Cajamarca. Tesis (Bachiller). Universidad Nacional de Jaén. Disponible en: [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/206/1/Arevalo\\_LA\\_Calle\\_CJ.pdf](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/206/1/Arevalo_LA_Calle_CJ.pdf)

Baena Paz, Guillermina María Eugenia. 2014. *Metodología de la Investigación*. Mexico : Grupo Editorial Patria, 2014. ISBN 978-607-744-003-1

Bochtis, D. D., Sørensen, C. G., & Busato, P. (2014). Advances in agricultural machinery management: A review. *Biosystems Engineering*, 126, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.07.012>

Cáceres, J., & Suárez, O. (2018). Ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad a los equipos altamente críticos de la Empresa Comercializadora LICRATEX C.A. Dialnet. Retrieved 28 October 2021, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6638700>.

Campos López, Omar, Tolentino Eslava, Guilibaldo y Toledo Velázquez, Miguel. 2018. Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. Científica [en línea]. 2019, 23(1), 51-59[fecha de Consulta 4 de Julio de 2022]. ISSN: 1665-0654. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265006>

Carmona Guerrero, P. (2015). Operaciones auxiliares de mantenimiento de sistemas microinformáticos. 5ª edición. España: Editorial Elearning, S.L., 11 pp. ISBN: 978-84-16492-09-1

Dávila Malpica, A. R. (2019). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento, para la disponibilidad y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar, en La Empresa Casa Grande S.A.A. Tesis (Bachiller). Universidad Privada del Norte.

Díaz-Concepción, A., Villar-Ledo, L., Cabrera-Gómez, J., Gil-Henríquez, A., Mata-Alonzo, R., & Rodríguez-Piñero, A. (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. Scielo.sld.cu. Retrieved 27 October 2021, from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59442016000300003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442016000300003).

Enriques-Gaspar, A., Díaz-Concepción, A., Villar-Ledo, L., Castillo-Serpa, A., Rodríguez-Piñero, A., & Alfonso-Álvarez, A. (2019). Tecnología para el análisis de criticidad de los sistemas tecnológicos en empresas biofarmacéuticas. Redalyc.org. Retrieved 24 October 2021, from <https://www.redalyc.org/journal/2251/225163567003/>.

Fernández Sánchez, M., Liudmila Shkiliova, C., Lora Cabrera, D. (2015). La gestión en los talleres de mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola de Cuba. Retrieved 27 October 2021, from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586261426009>.

Fuentes Huerta, M. A., González González, D. S., Cantú Sifuentes, M., & Praga Alejo, R. J. (2021). Fuzzy reliability centered maintenance considering personnel experience and only censored data. *Elsevier*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107440>

González Echavarría, J., Delgado, E., Barreto San Germán, E., Espinosa Alfonso, V., & Cabrera Gómez, J. (2020). Model with logistical approach to diagnose maintenance in a packaging producer company. Redalyc.org. Retrieved 27 October 2021, from <https://www.redalyc.org/journal/2251/225164987003/>.

Guevara gamarra, C. E. (2019). Propuesta de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa CGW PLASTIC S.A.C. Para la reducción de costos por parada de máquina. Tesis (bachiller). Universidad católica santo toribio de Mogrovejo.

Gupta, G., & Mishra, R. (2018). Identification of Critical Components Using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance. *Procedia CIRP*, 69, 905-909. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.122>

Grande Esteban, Ildelfonso y Abascal Fernández, Elena. 2009. Fundamentos y Tecnicas de Investigación Comercial. Madrid : ESIC Editorial, 2009. ISBN: 978-84-7356-591-2.

Hernández-Alfonso, P., Castillo-Vázquez, D., Torres-Menéndez, F., & Toledo-Dieppa, V. (2020). Gestión del mantenimiento para máquinas agrícolas utilizando el software "SGMANTE 2.0". Redalyc.org. Retrieved 27 October 2021, from <https://www.redalyc.org/journal/5862/586264983005/>.

Herrera-Galán, Michael, & Duany-Alfonzo, Yoenia (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Ingeniería Industrial*, XXXVII(1),2-13.[fecha de Consulta 29 de Octubre de 2021]. ISSN:

0258-5960.

Disponible

en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360443665001>

Huancaya Mena, C. G. (2016). Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40 t/h de capacidad (Bachiller). Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hubert, C., Widart, J., Ziemons, E., & Hubert, P. (2018). Process Analysis | Maintenance, Reliability, and Training. Reference Module In Chemistry, Molecular Sciences And Chemical Engineering. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409547-2.14530-5>

Inga Cerrón, J. L. (2019) Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento, aplicando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los equipos médicos custodiados por la empresa CHEJAMPI BIOMEDICAL SAC. Tesis (Bachiller). Trujillo. Universidad Jesuita Antonio Ruiz de Montoya. Disponible en: [http://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2144/Choccelahua%20Torres%20Justo\\_Inga%20Cerr%C3%B3n%20Jose%20L.\\_tesis\\_licenciatura\\_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2144/Choccelahua%20Torres%20Justo_Inga%20Cerr%C3%B3n%20Jose%20L._tesis_licenciatura_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Jaramillo Jimenez, V., Bouhmala, N., & Haugen Gausdal, A. (2020). Developing a predictive maintenance model for vessel machinery. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 5(4), 358-386. <https://doi.org/10.1016/j.joes.2020.03.003>

Lee, D., & Choi, D. (2020). Analysis of the reliability of a starter-generator using a dynamic Bayesian network. *Reliability Engineering & System Safety*, 195, 106628. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106628>

Li, X., Wen, J., Zhou, R., & Hu, Y. (2015). Study on Resource Scheduling Method of Predictive Maintenance for Equipment Based on Knowledge. 2015 10Th

International Conference On Intelligent Systems And Knowledge Engineering (ISKE). <https://doi.org/10.1109/iske.2015.13>

López Campos, M. A., Fumagalli, L., Gómez Fernández, J. F., Crespo Márquez, A., & Macchi, M. (2010). UML model for integration between RCM and CBM in an e-Maintenance architecture. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(3), 110 - 115. <https://doi.org/10.3182/20100701-2-PT-4012.00020>

Martins, L., Silva, F., Pimentel, C., Casais, R., & Campilho, R. (2020). Mejora de la Gestión del Mantenimiento Preventivo en una Empresa de Soluciones Energéticas. *Procedia Manufacturing*, 51, 1551-1558. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.216>

Mehmeti, X., Mehmeti, B., & Sejdiu, R. (2018). The equipment maintenance management in manufacturing enterprises. *IFAC-Papersonline*, 51(30), 800-802. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.192>

Memoria Anual del directorio. 2021. Bolsa de Valores de Lima BVL. [En línea] 01 de Febrero de 2021. [Citado el: 10 de julio de 2022.] <https://www.agroindustriallaredo.com/wp-content/uploads/2021/02/Memoria-del-Directorio-2020f1.pdf>.

Mena, R., Viveros, P., Zio, E., & Campos, S. (2021). An optimization framework for opportunistic planning of preventive maintenance activities. *Reliability Engineering & System Safety*, 215. <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.107801>

Mofokeng, T., Mativenga, P., & Marnewick, A. (2020). Analysis of aircraft maintenance processes and cost. *Procedia CIRP*, 90, 467-472. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.115>

Padura, Y., Piñeiro, A., Tol, A., Calzada, M., Concepción, A., & Pérez, G. (2017). Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos. *Redalyc.org*. Retrieved 25 October 2021, from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329152934008>.



Revolledo Villanueva, J.D. (2019). Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria agrícola, en La Empresa Agronegocios Arteaga S.A.C, Jaén. Tesis. (Bachiller). Universidad Nacional de Jaén. Disponible en: [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/223/1/Revolledo\\_VJD.pdf](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/223/1/Revolledo_VJD.pdf)

Rodríguez Piñeiro, A., Díaz Concepción, A., Villar Ledo, L., & Tamayo Mendoza, J. (2019). Methodology for maintenance management based on diagnostic criteria. *DYNA*, 86(211), 208-214. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.77704>

Rojas Fernández, J. L. (2019) Diseño e Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo del sistema de filtrado de la Empresa Talsa (Fundo UPAO) para incrementar su productividad y reducir costos de operación. Tesis (Bachiller). Trujillo. Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30301>

Romero Carrillo, P. (2018). Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas. 1ª edición. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A., 168 pp. ISBN: 978-84-283-3866-0

Sakib, N., & Wuest, T. (2018). Challenges and Opportunities of Condition-based Predictive Maintenance: A Review. *Procedia CIRP*, 78, 267 - 272. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.08.318>

Shayesteh, E., Yu, J. and Hilber, P., (2018). Maintenance optimization of power systems with renewable energy sources integrated. *Energy*, [online] 149, pp.577-586. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544218302949#kwrds0010> [Accessed 24 October 2021].

Society of Automotive Engineers, SAE J1739: Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA), Warrendale: SAE International, 2009.

Sol de Laredo. 2017. Acerca de la Empresa. [En línea] 01 de Enero de 2017. [Citado el: 25 de Junio de 2022.] <https://www.agroindustriallaredo.com/acercadelaempresa/>.

Surico, M., Ricatto, R., Merlo, A., Németh, I., Sardelis, A., & Villoslada, M. et al. (2020). PROGRAMS project approach to maintenance management. *IFAC-Papersonline*, 53(3), 313-318. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.11.050>

Ventura Reyes, A. G. (2021). Disminución de los costos de operación en las cosechadoras de caña a través de un plan de mantenimiento en la empresa agroindustrial laredo S.A.A. Tesis (Bachiller). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60446>

Yavuz, O., Doğan, E., Carus, E., & Görgülü, A. (2019). Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry. *Procedia Computer Science*, 158, 227-234. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.046>

Zakikhani, K., Nasiri, F. y Zayed, T. (2020). Availability-based reliability-centered maintenance planning for gas transmission pipelines. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 183, 104105. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2020.104105>

ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
<b>Gestión De Mantenimiento (Independiente)</b>	Control de costos, activos de una empresa, plazos y cumplimiento de normativas	Indicadores de mantenimiento	Ordenes de Trabajo Historial de fallas por sistemas Elaboración de AMEF	Porcentaje (%)
<b>Disponibilidad (Dependiente)</b>	Es la probabilidad que un equipo se encuentre en condiciones de funcionamiento normal cuando es requerido	Porcentaje de tiempo de un equipo en funcionamiento.	$D = \left( \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \right) * 100$	Porcentaje (%)
			MTBF (Media de Tiempo de Buen funcionamiento) $\frac{\text{tiempo de producción}}{\text{número de fallas}}$	Horas/falla
			MTTR (Media de Tiempo de Técnicas de Reparación) $\frac{\text{tiempo de paradas}}{\text{número de fallas}}$	Horas/falla

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Sistema de reporte de ordenes de trabajo - Sistema INFOMANTE

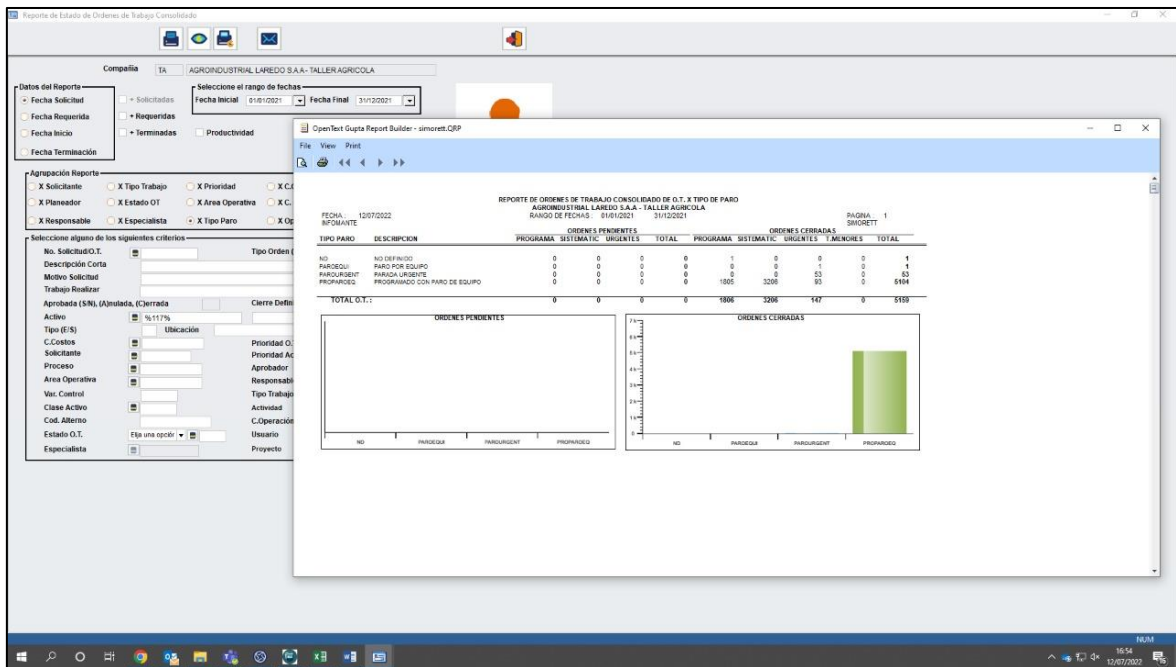


Figura 12 Entrada del sistema Infomante

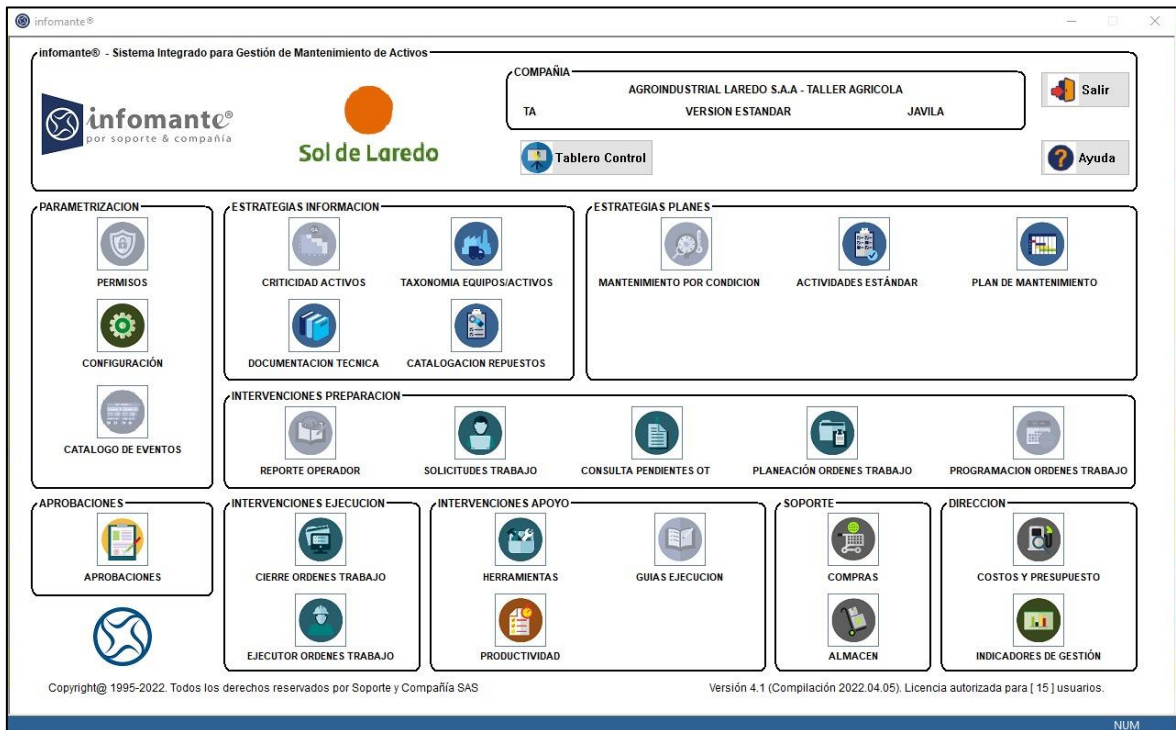


Figura 13 Formato de orden de trabajo de mantenimiento correctivo

Sol de Laredo		AGROINDUSTRIAL LAREDO S.A.A - TALLER AGRICOLA				ORDEN DE TRABAJO	
117-010		COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS - [# ACTIVO: 041170010]				219427	
UBICACION		CO1-COSECHA / COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 # 117-010				E/S E EST N TIPO S	
PROCESO		SIS 0600 COSECHA					
C.C SOLICITANTE		000101 COSTOS POR DISTRIBUIR - CAMPO				NO. SERIE	
C.C EQUIPO		000101 CUENTA CONTABLE 090002001000000				CHASIS:1T83520WAE	
SOLICITUD		FECHA		HORA		PRIORIDAD	
VARIABLE DE CONTROL		DIAS		VALOR PROYECTADO		HORA	
ACTIVIDAD ESTANDAR		T-COS014		FRECUCENCIA		DIARIO	
DESCRIPCION CORTA		CAMBIAR CUCHILLAS NUEVAS TROZADORA DE CAÑA - [ 2 ]				No. P.M.	
MOTIVO SOLICITUD		MANTENIMIENTO DIARIO				1239432	
SOLICITADA POR		093456		JHOMAR AVILA REYES		PLANEADOR 093456	
TRABAJO A REALIZAR		CAMBIAR CUCHILLAS NUEVAS TROZADORA DE CAÑA				APROBADA 19/11/2021 10:51 AM	
INICIACION		FECHA		HORA		RESPONSABLE	
TIEMPO EJECUCION		1:00		DESPLAZAMIENTO		PARO	
TAREAS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADAS							
CODIGO		DESCRIPCION		# EJE		T.EJE	
CAMBCUCH		CAMBIAR CUCHILLA		8.00		1:00	
						TROZAD	
						SISTEMA	
						SINTOMA	
						FALLA	
						DEFORM	
MANO DE OBRA							
FECHA		OFICIO		EMPLEADO		CONTRATADA	
08-01-22				91889		0.00	
				Luis David Alfaro		# HORAS # HORAS REAL	
						0.00	
REPUESTOS/MATERIALES							
FECHA		BODEGA		CODIGO		DESCRIPCION	
2021-11-19		03		024409		CUCHILLA TROZADORA # EA 0243005174,(CXT14072) (CBN183PX) [01009341]	
						CANTIDAD UND	
						8.00 PZA	
						CANT.REAL	
						0.00	
HERRAMIENTAS							
FECHA		HERRAMIENTA		DESCRIPCION		CONTRATADA	
						CANTIDAD # HORAS # HORAS REAL	
MATERIALES DE CARGO DIRECTO - SERVICIOS DE MANTENIMIENTO							
FECHA		DESCRIPCION				OTROS COSTOS	
						CANTIDAD UNIDAD CANT.REAL	
OBSERVACIONES / COMENTARIOS							
				SUPERVISOR			
				JEFE MANTENIMIENTO			
JHOMAR AVILA REYES		KRISTIAM OLIVARES PINILL		NESTOR PALMA		RECIBE A SATISFACCION SIMORFOFL	
PLANEADOR		RESPONSABLE		APROBADOR			

## HOJA DE REGISTRO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Área									
Tipo de máquina									
Sub tipo de máquina									
Periodo de observación									
Elaborado por									
Número de máquina	Tiempo de operación programado	Tiempo de parada no programada	Tiempo real de operación	Tiempo total de mantenimiento	Numero de reparaciones	MTBF	MTTR	Confiabilidad	Disponibilidad operativa

Tabla 5. Registro de indicadores de gestión.

Laredo, 11 de Julio de 2022

Señor (a):  
**Palma Coral, Néstor Serafín**  
**Jefe de Taller Agrícola**  
**Agroindustrial Laredo S.A.A**  
Presente. -

Es grato dirigirme a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de mi formación académica en la experiencia curricular de investigación del X ciclo, se contempla la realización de una investigación con fines netamente académicos de obtención de mi título profesional al finalizar mi carrera.

En tal sentido, considerando la relevancia de su organización, solicito su colaboración, para que pueda realizar mi investigación en su representada y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación titulada: "Mejora De La Gestión De Mantenimiento En Cosechadoras Con Enfoque RCM Para Incrementar Su Disponibilidad En Una Empresa Agroindustrial". En dicha investigación me comprometo a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, salvo que se crea a bien su socialización.

Se adjunta la carta de autorización de uso de información y publicación, en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante de la empresa.

Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de mi formación profesional, hago propicia la oportunidad para expresar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

  
-----  
**Jhomar Jhoel Avila Reyes**  
DNI 46096178

  
EMPRESA AGROINDUSTRIAL  
LAREDO S.A.A  
Néstor Palma Coral  
JEFE DE TALLER AGRICOLA  
CE-000148981

## AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Néstor Serafín Palma Coral,

identificado con Carnet de Extranjería 000148981, en mi calidad de Jefe de Taller Agrícola

del área de Taller Agrícola

de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A.

con R.U.C N° 20132377783 ubicada en la ciudad de Laredo

### OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Jhomar Jhoel Avila Reyes,

Identificado(s) con DNI N° 46096178, de la Carrera profesional Ingeniería Industrial, para que utilice la siguiente información de la empresa:

Base de datos de órdenes de trabajo de las cosechadoras 117-010, 117-013, 117-014, 117-015, 117-018, 117-019, de los años 2020 y 2021

Fallas recurrentes en las cosechadoras de los años 2020 y 2021.

Tiempos de paradas de los años 2020 y 2021.

con la finalidad de que pueda desarrollar su ( ) Informe estadístico, ( ) Trabajo de Investigación, (  ) Tesis para optar el Título Profesional.

(  ) Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

( ) Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa.

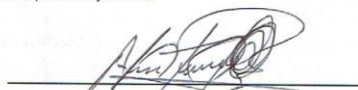
(  ) Mencionar el nombre de la empresa.



Firma y sello del Representante Legal

DNI: CE- 000148981

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Estudiante

DNI: 46096178