

**LA MANTENIBILIDAD, SU PREVISIÓN DESDE EL DISEÑO DE LAS MÁQUINAS.****MAINTAINABILITY, YOUR FORECAST FROM THE DESIGN OF THE MACHINES.**

Dr.C. Mario Clemente Zaldívar Salazar

mzaldivar@isdi.co.cu

ORCID: 0000-0003-4502-9889

Instituto Superior de Diseño de la Universidad de la Habana  
Cuba

Autor para la correspondencia

Dr.C. Armando Díaz Concepción

adiaz@ceim.cujae.edu.cu

ORCID: 0000-0001-9849-0826

Universidad Tecnológica de La Habana  
Cuba**RESUMEN**

El artículo tiene como objetivo presentar los resultados de la investigación desarrollada acerca del comportamiento de la propiedad de mantenibilidad a una muestra seleccionada de cosechadoras de caña en el periodo de la cosecha 2018-2019, el trabajo fue desarrollado por un equipo multidisciplinario compuesto por profesores y estudiantes de la Universidad de Holguín, del Centro de Estudio de Ingeniería del Mantenimiento de la Universidad Politécnica de La Habana (CUJAE), Especialistas del Instituto Superior de Diseño (ISDi), así como por personal seleccionado del grupo AzCuba de la provincia de Holguín vinculado con la preparación de la cosecha en la unidad productora "Urbano Noris" de dicha provincia. En el trabajo fueron seleccionadas cinco cosechadoras de caña modelo KTP-2M con una antigüedad de 10 años, conducidas por operadores con una experiencia promedio de 13 años, además se tuvieron en cuenta opiniones de especialistas, y técnicos relacionados con la explotación de la técnica agrícola.

Se utilizó para la recopilación y análisis de la información, el llenado de las cronocartas donde se recoge el comportamiento de las máquinas de forma diaria durante 60 días de zafra perteneciente al periodo antes citado. La investigación permitió proponer acciones para garantizar la mejor interpretación del estado de la propiedad de la mantenibilidad de las máquinas desde la etapa del diseño y en sentido general proponer el proyecto de la Confiabilidad Operacional para las mismas, para sustentar la propuesta fue aplicado el método de experto no paramétrico de Kendal, utilizándose 14 expertos.

**ABSTRACT**

*The article aims to present the results of the research developed on the behavior of maintainability property to a selected sample of cane harvesters in the 2018-2019 harvest period, the work was developed by a multidisciplinary team composed of professors and students from the University of Holguín, from the CUJAE Maintenance Engineering Study Center and specialists from the Higher Institute of Design, as well as selected personnel from the AzCuba group of the Holguín province linked to the preparation of the harvest in the production unit "Urbano Noris" of said province. In the work, five KTP-2M model sugarcane harvesters with an age of 10 years were selected, driven by operators with an average experience of 13 years, in addition, opinions of specialists and technicians related to the exploitation of agricultural technique were taken into account.*

*It was used for the compilation and analysis of the information, the filling of the chronocharts where the behavior of the machines is collected on a daily basis during 60 days of harvest belonging to the aforementioned period. The research allowed to propose actions to guarantee the best interpretation of the status of the property of the maintainability of the machines from the design stage and in a general sense to propose the Operational Reliability project for them, to support the proposal the method of Kendal non-parametric expert, using 14 experts.*

**Palabras claves:**

Mantenimiento,  
Mantenibilidad,  
Confiabilidad  
Operacional.

**Keywords:**

Maintenance,  
Maintainability,  
Operational  
Reliability.

Fecha Recibido:

03 / 10 / 2020

Fecha Aceptación:

18 / 12 / 2020

Fecha Publicación:

18 / 01 / 2021

## INTRODUCCIÓN

La mantenibilidad de los activos, es una de las cuatro propiedades principales de la confiabilidad y una de las cuatro entradas o factores a tener en cuenta en la confiabilidad operacional (en lo adelante CO), la cual se asocia a la capacidad de una instalación para cumplir las funciones que tienen asignadas dentro de sus límites de diseño y para un contexto operacional determinado constituyendo por tanto uno de los factores determinante para lograr la aceptación del cliente sobre el producto o servicio que se le oferta para esta situación se incurren en costos de materiales, equipos y recursos humanos que influyen de manera significativa en tiempos invertidos en la restitución de la capacidad inherente del activo lo cuales en ocasiones son elevados.

El mejoramiento de la actividad del mantenimiento se relaciona no solo con lo antes expuesto sino también con la capacidad de la empresa para aprovechar el conocimiento tácito y explícito de su personal bajo la impronta de la exigencia que impone la CO, como una de las vías para elevar la eficiencia empresarial. (Beltrán, 2009)

Se ha demostrado que la empresa puede mejorar sus resultados, también aplicando las políticas que impone la inteligencia empresarial resultando en la actualidad un elemento relevante para medir la capacidad de la empresa pues además de elevar su eficiencia, se potencia el conocimiento y mejoran sus índices de competitividad. (Zaldívar, 2013).

Por lo antes expuesto la economía del conocimiento (Núñez, 2008), se convierte en la actualidad en la impulsora por excelencia del proceso de innovación por el que tanto se aboga, y que influye en todas las esferas de la producción y los servicios lo que demuestra que el conocimiento es un insumo principal en la competitividad y la eficiencia económica, a decir de (Zaldívar, 2013) la velocidad a la que se generan los nuevos conocimientos sobrepasa la velocidad a la cual pueden utilizarse las tecnologías que se derivan de tal avalancha lo cual influye en el interés por la superación y la capacitación con el objetivo de valorar en su justo término el potencial de creatividad con que cuentan las organizaciones. (Martín, 2009)

La utilización del conocimiento y del valor agregado de una máquina no solo se circunscribe a la etapa del diseño sino también a todas las etapas de vida útil de las mismas, en tal sentido constituye objetivo de este trabajo hacer énfasis en la necesidad de contar con un sistema coherente de relaciones mantenimiento desde la primera etapa de concepción del activo hasta llegar al fin de su labor, pues se aprecia en no pocos diseños que al no tenerse en cuenta la propiedad de la mantenibilidad provoca fallas, gastos superfluos de tiempo, materiales, piezas y fuerza de trabajo. (Daquinta, 2008, Zaldívar, 2013).

Merece señalarse además que la CO definida como un proceso dirigido a fomentar el logro del objetivo de las empresas, se sustentan en programas y estrategias que son en su mayoría resultados de soluciones técnicas, suponiendo la existencia de un clima motivacional favorable y de un desarrollo organizacional exitoso que no solo se reduce a un asunto meramente de dirección, sino también técnico-económico y dentro de este último se vincula el mantenimiento. En el trabajo que se presenta se hace énfasis no solo a este proceso sino también como los demás procesos de mejora continua influyen en el logro empresarial dirigido en este caso a un activo definido como lo constituye la máquina cosechadora de caña.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

Para validar los resultados de la investigación se conformó un equipo multidisciplinario compuesto por profesores y estudiantes de la Universidad

de Holguín "Oscar Lucero Moya", profesores del Centro de Estudio de Ingeniería del Mantenimiento de la CUJAE, Especialistas del ISDi así como por personal seleccionado del grupo AzCuba de la provincia de Holguín vinculado con la preparación de la cosecha en la unidad productora "Urbano Noris" de dicha provincia, para el trabajo se tomó una muestra de cinco cosechadoras de caña modelo KTP-2M de producción nacional mejorada con una antigüedad de 10 años. Se seleccionaron las máquinas atendiendo a un trabajo estable de sus operadores con experiencia de 13 años como promedio además se tuvieron en cuenta las opiniones de especialistas, y técnicos vinculados con la operación de la técnica agrícola y su aseguramiento.

Durante 60 días de zafra pertenecientes al periodo 2018-2019 se recopilaban a través de cronocartas diarias el comportamiento de las máquinas, lo que constituyó la principal fuente de información. La información recopilada y procesada permitió proponer las acciones de mantenibilidad y en sentido general del proyecto de CO aplicando el método de experto en particular el método no paramétrico de Kendal, donde fueron utilizados para dicho análisis 14 expertos.

En la investigación se aplicaron los métodos teóricos del análisis y síntesis, con estos se logró el análisis de la situación que precisa el problema científico identificado como la carencia de información y de métodos de análisis de la trascendencia que tiene la propiedad de la mantenibilidad en el diseño y operación de las máquinas cosechadoras de caña.

En el caso de los métodos de la inducción – deducción constituyen puntos de partida para definir y confirmar formulaciones teóricas y deductivas de la propiedad de la mantenibilidad desde la etapa inicial del diseño.

La concepción del proyecto de la CO que se presenta y las propuestas de mejoras en el diseño del activo parten de un análisis lógico que permite realizar un estudio de lo general a lo particular y en este nivel obtener las mejores variantes de estudio y de aplicación de acciones técnico-económicas y organizativas.

Dentro de los métodos experimentales se utilizaron la entrevista y el método de expertos antes mencionado. Con la entrevista se logra obtener información sobre los elementos esenciales que hay que tener en cuenta para establecer las acciones que no deben dejar de tenerse en cuenta en el proyecto de la CO y en particular el comportamiento de los índices de mantenibilidad, la información recogida y procesada como informe de prueba es presentada a los expertos para su análisis y consideraciones, validados con el método de expertos antes declarado se procede a exponer el alcance prospectivos de

futuros trabajos a desarrollar sobre esta temática para máquinas más modernas de este tipo.

## RESULTADOS

Con la investigación se llegan a conocer que el análisis tecnológico-productivo desarrollado sustenta inevitablemente la relación sinérgica de las tareas del mantenimiento con las otras entradas de la CO como son: La Confiabilidad Humana, Confiabilidad de equipos, Confiabilidad en procesos.

La CO en sí constituye un conjunto de técnicas, metodologías y procesos que de por sí tienen relación y que están unidos a estilos de dirección creativos e innovativos sirviéndose de elementos de diferentes áreas del conocimiento como: la matemática, la informática, económica –contable, la administración y dirección de empresas, economía de almacenes, estudio de operaciones entre otras, se considera por tanto un proceso estratégico de valoraciones técnico-económicas que tributan al estudio de la confiabilidad desde la perspectiva de desarrollo de una instalación o sobre una máquina, como por ejemplo la aquí analizada.(Shkiliova,1997; Ramírez, 2015; Zaldívar,2013).

De la investigación se derivó la necesidad de analizar para futuro la estructura organizativa de la empresa pues es significativa la cantidad de funciones y responsabilidades que recaen en los cuadros, algunas superfluas y no alejadas de la burocracia, provocando dilación en la toma de decisiones, la aplicación de la estrategia del mando de dirección integral no logra aun su aplicación efectiva, existen continuas sustituciones de cuadros y de otros con poca experiencia en el trabajo a nivel de base, lo que provoca para el caso analizado que el tiempo para restituir la capacidad inherente de la máquina debido a problemas organizativos experimenta valores entre 0,7 y 0,75, la media internacional para activos similares es de 0,83. (Informe de pruebas,2019).

La evolución de los sistemas de producción así como la inserción de nuevos modelos y marcas de máquinas e implementos constituyen el mayor reto para los productores, especialmente para los hacedores de las máquinas cosechadora de cañas como la que sirven de estudio en este trabajo que son máquinas remodeladas para aumentar la producción y su calidad, en las cuales los directivos junto a los aportes de las universidades deberán insistir en el futuro en elaborar y proponer políticas encaminadas a desarrollar investigaciones sobre la factibilidad económica y técnicas a la hora de realizar la selección y explotación de estas con el mínimo costo.

La fuente principal de información para la apreciación de la confiabilidad en la etapa de operación constituye el análisis de las causas que generan las fallas, así como las medidas para su eliminación, para tales efectos las previsiones de los procesos sustantivos del aseguramiento deben responder a una política integral. (Zaldívar, 2013).

En el caso tratado se identificaron correctamente las causas de las fallas las que en un 34% fueron identificadas producto a diseños aun no coherentes con el posicionamiento y dimensionamiento de las piezas, esto fue validado también en la ubicación de las válvulas de seguridad de los sistemas hidráulicos, motor de arranque y los segmentos de corte, un elemento interesante esta dado en un aumento de vibraciones en el sistema transportadores helicoidales y de descarga que según los operarios es superior a la máquina antecesora pero esta situación no pudo ser corroborado, solo a nivel de opiniones.

Para elaborar el proyecto de la CO en la etapa de operación de las máquinas se partió como primer paso en conocer la información técnica del fabricante de los activos, además de los informes sobre los resultados de las causas de

fallas, del mantenimiento y reparación anteriores según los reportes de inspecciones realizadas, constituyendo informaciones valiosas la edad del equipo y grado de desgaste apreciado.

Por su alcance y pertinencia la CO posee un impacto directo en la calidad de la producción y donde no se explicaría el desarrollo de esta calidad y de las técnicas para su mejora continua, sin que se hubiera producido un desarrollo parejo de la confiabilidad.

Se corroboró en el estudio de la CO que las relaciones Mantenimientos-Confiabilidad-Fallas se observan con mayor profundidad teórica y si junto a esta relación se incorporan los procesos de aseguramiento, capacitación y seguridad financiera sin dudas los resultados del análisis cada día serán más significativos. La evolución de la falla es determinante para la cosecha pues de él se derivan decisiones importantes en las variables, tiempo, costo, producción, productividad e impacto ambiental. (Informe de pruebas, 2019).

A continuación, en la tabla 1 se presentan los factores o dimensiones que abarca el Subproyecto de Mantenibilidad o también denominado una de las entradas de la CO.

Tabla 1. Mantenibilidad del Equipo

Adecuación de la máquina	Confiabilidad Interna catálogo	Equipo de trabajo	Análisis de tiempo de mantenimiento
Identificación de partes y piezas complejas.	Paquetes y guías de trabajo, Normativas.	Conformación de equipo de trabajo multidisciplinario.	Cálculos eventuales y estimado del trabajo según normativa.
Identificación de sistemas vulnerables.	Procedimientos para el diagnóstico y solución de fallas.	Trabajo de mantenimiento, diagnóstico control, monitoreo	Propuestas de mejoras.
Posicionamiento espacial.	Tecnologías de reparación y mantenimiento.	Mantenibilidad y soportabilidad para ejecutar la medición, correcciones y regulación.	Indicadores técnicos y económicos. Análisis costo/beneficio.
	Entrenamientos en el arme y desarme del equipo		
	Calidad de trabajo según normativas.		

En la tabla 2 se presenta la propuesta del Proyecto de la CO con los subproyectos que lo componen, para

cada uno de ellos se identifican los factores que deben ser tenidos en cuenta en cada una de ellos.

Tabla 2. Proyecto de la Confiabilidad Operacional

Subproyecto Mantenibilidad del equipo.	Subproyecto Confiabilidad de equipo	Subproyecto Confiabilidad en procesos	Subproyecto Confiabilidad Humana
Adecuación de la máquina y equipo al mantenimiento.  Confiabilidad Interna (catálogos)  Equipo de trabajo  Análisis de los tiempos para mantenimiento y reparación	Índices simples y complejos de la Fiabilidad  Estrategia del mantenimiento y reparación  Modos de fallas	Gestión del proceso de mantenimiento  Gestión de Recursos  Gestión de la Calidad  Gestión Económica - Financiera	Valores  Capacitación  Ambiente Laboral  Desempeño  Evaluación del Desempeño  Estado Psicosocial

Análisis del primer subproyecto Mantenibilidad del Equipo.

La mantenibilidad se define como la capacidad del equipo de poderse reparar, considerándose por tanto a la facilidad del activo para el mantenimiento y es prevista desde la etapa del diseño. La utilización de la máquina no puede ser muy efectiva mientras sus mecanismos y agregados no estén ajustados al mantenimiento así como a la sustitución de los elementos de corta duración pues se correría el riesgo de invertir tiempo en exceso para buscar y resolver la falla que se ha presentado, pero esta situación se relaciona una vez detectada la falla en conocer si los repuestos necesarios están dispuestos sino se correría con un tiempo superfluo para restituir la capacidad inherente.(Fernández, 2005).

La mantenibilidad una vez prevista en el diseño depende del programa de mantenimiento aprobado y a la vez con la forma efectiva de concebirlo con los medios disponibles y los recursos humanos necesarios. Puede mejorarse aplicando principios y reglas simples como la estandarización de componentes, concepción de conjuntos intercambiables, accesibilidad a determinadas piezas o elementos, integración de chequeos automáticos y la formación del personal como se aprecia en estas precisiones se está en presencia de los propios fundamentos que identifican a la CO.

Según las normativas vigentes nacionales e internacionales, los indicadores que caracterizan el índice de mantenibilidad son:

Tiempo medio para la restauración  $T_b$ , que es el tiempo o volumen de trabajo que se invierte en detectar y eliminar las fallas y se puede determinar por la expresión (1):

$$T_b = 1 / m \sum_{i=1}^m t_{bi} \tag{1}$$

Dónde:

$t_{bi}$  es el tiempo o volumen de trabajo invertido en detectar y eliminar la falla (restauración)

$m$  cantidad de fallas que son eliminadas.

Para determinar este indicador es necesario tener en cuenta que este evalúa la mantenibilidad del objeto técnico y no sus factores externos, que influyen en la duración del tiempo improductivo de reparación donde se tienen en cuenta la organización de los mantenimientos y reparaciones, calificación de los obreros, y el módulo de piezas de repuesto, en este indicador como elemento importante y para no caer en confusiones no se consideran los tiempos de paradas por problemas organizativos.

Probabilidad de restauración en un tiempo dado  $P_b(t)$ . Es la probabilidad de que en un tiempo determinado sea posible la restauración de la capacidad de trabajo de la máquina o del activo y se puede determinar por la ecuación (2) siguiente:

$$P(t_b) = 1 - n_b(t + \Delta t) / N_b \tag{2}$$

Donde:

$n_b(t + \Delta t)$  es la cantidad de objetos no reparados en el intervalo de tiempo desde  $t$  hasta  $(t + \Delta t)$ .

$N_b$  cantidad total de objetos sometidos a reparación en el mismo intervalo de tiempo.

Coefficiente de mantenibilidad  $K_p$  este indicador da una medida de la efectividad de la actividad del mantenimiento y la reparación y por tanto es fácil comparar la mantenibilidad de diferentes objetos técnicos y se determina por la ecuación (3) siguiente:

$$K_p = S_H / S_H + S_b \tag{3}$$

Donde:

$S_H$  es el volumen de trabajo necesario para eliminar las fallas.

$S_b$  es el volumen de trabajo adicional o sea invertido en determinar las causas de surgimiento de la falla tales como: desarme, lavado, defectado, etc, es decir los trabajos que deben de realizarse antes de eliminar directamente las fallas.

Si el objeto técnico está listo para la reparación, los trabajos adicionales son mínimos y el coeficiente tiene el valor mayor.

Existe un indicador o índice complejo que relaciona también la propiedad de la mantenibilidad y el volumen de trabajo realizado que es el coeficiente de disponibilidad  $K_d$  (probabilidad de que un elemento, activo o sistema se encuentre en condiciones de cumplir sus funciones en cualquier instante) que se calcula por la ecuación (4):

$$K_d = T_o / T_o + T_b \tag{4}$$

Donde:

To es el tiempo o volumen de trabajo hasta la falla

Tb es el tiempo medio para la restauración.

Este coeficiente evalúa las paradas no prevista de la máquina, lo que indica que los mantenimientos y reparaciones planificadas no cumplieron totalmente su objetivo. Su valor debe encontrarse en los límites entre 0,8 y 0,9, si es menor se considera bajo.

A continuación, se presentan en la tabla 3 los resultados logrados por cada máquina seguida en operación en el distrito "Félix Rojas" de la unidad productiva "Urbano Noris" (Complejo Agroindustrial).

Tabla 3. Comportamiento de las máquinas con los índices de mantenibilidad.

Máquina	Tiempo medio de restauración Tb	Probabilidad de restauración Pb (t).	Coeficiente de mantenibilidad Kp	coeficiente de disponibilidad Kd
Máquina 1	120 min / falla	0,78	0,78	0,77
Máquina 2	122min/ falla	0,78	0,80	0,79
Máquina 3	131min/ falla	0,76	0,77	0,78
Máquina 4	133min/falla	0,67	0,72	0,67
Máquina 5	89 min/ falla	0,80	0,77	0,82
Valores promedio	119 min/falla	0,76	0,77	0,76

La confiabilidad se asegura desde la etapa del diseño de la máquina, en esta etapa se garantiza como se ha expuesto las condiciones principales del trabajo, la selección de su dimensionamiento, y las tareas referentes a la restitución de la capacidad inherente, las acciones de organización que en su conjunto son complejas logran alcanzar valores de los índices de mantenibilidad coherente con los cánones internacionales, pero aun en dos valores porcentuales menores.

Del estudio realizado se pudo identificar junto al estudio bibliográfico, la consulta con los expertos y los documentos de operación de las máquinas las principales actividades de diseño que se deben tener presente para garantizar la mejor confiabilidad y que son las siguientes:

1-La simplificación del esquema constructivo de la máquina y la disminución del número de elementos, este aspecto ha sido resuelta en la actualidad para la máquina CCA5000 en producción y explotación en estos momentos.

2-La sustitución de los elementos constructivos que limitan la confiabilidad de la máquina por otros más seguros. En tal caso la mayor hidraulización garantiza mayor confiabilidad en los accionamientos respecto a los sistemas mecánicos.

3-La elección de materiales más duraderos y su combinación racional priorizándose las uniones de los elementos de máquinas sometidos a los mayores esfuerzos.

4-El análisis de los elementos funcionales garantizándose la solidez y las propiedades de operación de las piezas, y conjuntos han permitido con la aplicación de pruebas tensométricas han contribuido al aligeramiento de la máquina entre un 20-23%.

5-La protección de los elementos de máquinas de los efectos destructivos del medio ambiente. Se han logrado nuevos sistemas de preservación y lubricación, así como pinturas de mayor calidad y la limpieza diaria al concluir la jornada laboral.

6-La instalación de diferentes transductores y equipos de medición y control que señalicen la variación del estado técnico y el surgimiento de fallas y averías de los principales elementos de las máquinas. En particular en los sistemas de encendido, climatización de la cabina, calibración de los flujos y caudales en las válvulas de seguridad y de los líquidos lubricantes.

7-La utilización del principio de autorregulación donde la máquina con la ayuda de dispositivos especiales, restablece automáticamente sus funciones y actúa sobre las perturbaciones externas. Este requisito aún es insuficiente en los nuevos modelos en diseño. (Daquinta, 2008)

8-La introducción de sistemas, accionamientos y mecanismos que se pueden reparar de forma más racional garantizando el acceso adecuado y seguro a piezas de menor confiabilidad, se ha trabajado en la esfera de la intercambiabilidad por agregados y conjuntos lo que ha permitido la disminución entre el 11 y el 18% del tiempo perdido en la búsqueda y solución de la falla.

9-El aseguramiento de condiciones favorables de trabajo de los elementos de máquinas y de la lubricación de las superficies de contacto exterior han facilitado la eliminación de bordes cortantes y agresivos para el ambiente laboral y su clima de trabajo.

10-La introducción de sistemas y principios de diseño más racionales con el objetivo de prevenir errores a la hora de elaborar la documentación de construcción, se sustenta en conocer la máquina en un todo y así poder aplicar con mayor incidencia las ventajas del diseño concurrente y su optimización.

El mejoramiento del diseño de las máquinas cosechadoras de caña, un reto ineludible para la economía azucarera.

El trabajo en la simplificación del esquema constructivo de las máquinas reduce al mínimo la

influencia de los errores en la producción y las condiciones de operación a la hora de medir la confiabilidad del producto terminado.

Es evidente que cuando existe una mayor sencillez en el diseño sin mermar la calidad y robustez las condiciones de seguridad y confiabilidad son mayores. Las fallas súbitas durante la utilización de los activos surgen principalmente como resultado de haber sobrepasado las cargas admisibles dadas por una incorrecta calibración del equipo, o por trabajar en condiciones extremas sin una preparación previa del régimen de trabajo del activo o por dificultades con la naturaleza física de los campos, etc. (Daquinta, 2008).

La disponibilidad como se conoce determina la correlación de la carga máxima, más probable sobre la pieza y la carga límite admisible calculada, por eso el aumento de la reserva de la solidez o robustez del equipo es una de las vías de elevación del trabajo sin fallas también, esta puede ser elevada aumentando las dimensiones de las piezas o seleccionando materiales resistentes, en su primer caso es más difícil en el sentido del aumento del peso de la máquina elementos contraproducentes a la hora de analizar la compactación de los suelos por ejemplo, o el aumento del ruido en este caso es preferible la disminución de la carga que actúa sobre la pieza, para esto es recomendable elegir las mejores condiciones de operación.

Es importante la protección de los elementos de máquinas producto a la incidencia del medio ambiente instalando amortiguadores, protectores de polvo, y suciedades, la creación de condiciones especiales para la regulación de temperatura y humedad, la utilización de superficies anticorrosivas y otras cubiertas de protección aun cuando se conoce por ejemplo, que para la actividad agrícola estas condiciones y soluciones son difíciles de lograr por lo agresivo del ambiente de trabajo, lo cual constituye un reto para los diseñadores.

La instalación de los dispositivos de control y medición permiten prever en muchos casos la falla de uno u otro elemento y aplicar las medidas de correcciones y por tanto se logra aumentar el plazo interreparaciones hasta 1, 5 veces y reducir la probabilidad de fallas en cerca de 5 a 6 veces. Para la técnica agrícola, el 80% de todas las piezas alcanzan su estado límite a consecuencia del desgaste, la intensidad del desgaste de la mayoría de las uniones depende de la temperatura de las superficies en contacto y de las condiciones de lubricación por tanto resulta importante colocar medios de lubricación y sistemas de enfriamiento cuando sea posible para disminuir la temperatura de los mecanismos de fricción.

Las condiciones de lubricación mejoran con la utilización de materiales de lubricación de alta calidad, con aditivos especiales, mejorando la forma de las superficies de fricción y utilizando donde sea posible la lubricación a presión esta última variante en estudio en estos momentos por el Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA) en Holguín. (informe de pruebas, 2019).

Desde el punto de vista práctico, para que todas las operaciones de mantenimiento se realicen con seguridad se deben incorporar continuamente al programa de mantenimiento preventivo instrucciones de trabajo y normas de seguridad para las diferentes tareas con riesgo de accidente, pues se está en presencia de una máquina compleja y donde existen ochos sistemas de movimientos principales una vez que la máquina entra en funcionamiento, por tal motivo la pericia, experiencia y familiarización de los operarios y técnicos con la máquina en sí y con los equipos automotores y remolques que se alistan a la cosechadora hacen aún más compleja las operaciones de conducción.

## CONCLUSIONES

Los objetivos y tareas propuestas fueron cumplidas, las opiniones vertidas por los expertos, y especialistas consultados respecto a concebir el proyecto de la Confiabilidad Operacional para la etapa de operación de las máquinas cosechadoras de caña y posible su generalización a otros procesos productivos son válidos, se calculan a partir de las informaciones recogidas de las pruebas realizadas los principales índices de mantenibilidad que ilustran aun cuanto se puede avanzar desde la etapa del diseño obtener mejores resultados productivos y de confiabilidad.

Tanto para el subproyecto de mantenibilidad como para el proyecto general se presentan los factores que cada uno deben tener en cuenta lo cual le permite a la dirección empresarial tomarlas en cuenta con vistas a mejorar la organización interna y el aseguramiento de la cosecha.

Se presentan las principales acciones que deben ser tenidas en cuenta para mejorar la competitividad y calidad de este tipo de máquinas desde el punto de vista del diseño.

Se corrobora que los procesos organizativos pueden lograr mayor creatividad y dinamismo en la toma de decisiones en la medida que se prioricen las acciones del mantenimiento y que con coherencia se establezca en la unidad productiva tomada como referencia los fundamentos de la confiabilidad operacional como vía de potenciar y jerarquizar la gestión integral del mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daquinta G, LA (2008). Mantenimiento y Reparación de la maquinaria agrícola. Editorial "Félix Valera", La Habana, 388p
- Beltrán Jaramillo, J (2009). Indicadores de Gestión. Herramientas para lograr la competitividad. 2 Edición. Temas gerenciales, 3R, Editores. España.
- Fernández, José A (2005). Confiabilidad. España, Revista Mantenimiento, vol.20-1, No 2, Barcelona, España.
- Informe de prueba de las cosechadoras de caña KTP-2 remodeladas (2019). Documento de trabajo. AzCuba Holguín.
- Martin Fernández, M (2009). ¿Cómo medir el progreso de una Economía basada en el conocimiento? pág. 52-72, en el libro Cuba crecer desde el conocimiento. Editorial Ciencias Sociales. La Habana.
- Ramírez González, N (2015). Elementos determinantes de la etapa explotativa de la Maquinaria como guía de dirigir el proceso de aseguramiento de la fiabilidad. Trabajo de diploma. UHOLM.
- Shkiliova, L (1997). Determinación y estudio de los factores influyentes en la calidad de la reparación

de la técnica agrícola. Resumen de la tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. ISCAH. La Habana.

Zaldívar S, M (2013). La Confiabilidad Operacional y sus perspectivas para mejorar la explotación de las máquinas agrícolas. Revista Ingeniería Agrícola. ISSN 2227-8761 Vol.3 No 1 Enero-Abril. Cuba.

Núñez J, J (2008). Estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.