



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

“Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial

Beta S.A. - Chulucanas”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero industrial

AUTOR:

Pulache Vílchez Carlos Martin (ORCID: 0000-0001-9276-1875)

ASESOR:

Ing. Mario Roberto Seminario Atarama. (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva.

PIURA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A mi esposa e hijos, por ser los motivos de mi vida, gracias a ellos, nace la fortaleza para seguir avanzando en cada paso que doy, siempre con el objetivo de salir adelante; a mis padres, por los grandes consejos, confianza, amor y apoyo incondicional siempre en toda mi vida.

Agradecimiento

A la “Universidad César Vallejo” por hacer realidad el sueño de realizarme como profesional. A todos los docentes y a mi asesor de tesis Mario Seminario Atarama, por su orientación y constancia en la elaboración del presente proyecto de tesis; a Dios por darme la fortaleza y bendición para llegar a cumplir con éxito todo el desarrollo de mi carrera profesional.

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

Yo CARLOS MARTIN PULACHE VILCHEZ con DNI N° 42152597, con la finalidad de cumplir con los requisitos consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que adjunto es real y única. Del mismo modo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

Respecto a lo indicado y afirmado asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



CARLOS MARTIN PULACHE VILCHEZ

DNI N° 42152597

Piura, 22 de diciembre del 2019

Índice

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	11
2.1 Tipo y Diseño de Investigación.	11
2.2 Operacionalización de variables	11
2.3 Población, muestra y muestreo	12
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: validez y confiabilidad	12
2.5 Procedimiento	14
2.6 Método de análisis de datos	15
2.7 Aspectos éticos	15
III. RESULTADOS.....	16
IV. DISCUSIÓN.....	21
V. CONCLUSIONES.....	23
VI. RECOMENDACIONES.....	24
REFERENCIAS	25
ANEXOS	31

Índice de tablas

Tabla 1: Población	12
Tabla 2: Variable y Operacionalización	13
Tabla 3: Técnicas e Instrumentos.	14
Tabla 4: Resumen de resultados de disponibilidad obtenida de febrero – mayo 2019	16
Tabla 5: Resumen de resultados de modos de fallas NPR en %	17
Tabla 6: Resumen comparativo de resultados de disponibilidad antes y después.....	19
Tabla 7: Análisis estadístico - prueba de normalidad.....	20
Tabla 8: Prueba estadística T- Student	20

Índice de figuras

<i>Figura 1:</i> Siete preguntas claves del MCC.....	4
<i>Figura 2:</i> Proceso de implantación del MMC	4
<i>Figura 3:</i> Disponibilidad actual febrero – mayo del 2019	17
<i>Figura 4:</i> Resumen NPR clasificación de los modos de fallas	18
<i>Figura 5:</i> Resumen comparativo de disponibilidad antes y después de la gestión	19

RESUMEN

El actual trabajo de investigación “Gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad MCC, para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. Chulucanas, fue una investigación aplicada, de nivel descriptivo y de tipo cuasi-experimental con una población de 40 equipos, para ello se determinó la disponibilidad actual, el tiempo medio entre fallas, el tiempo promedio para reparar, se recurrió a los registros históricos de fallas. Dentro del proyecto se estableció como objetivo principal “Elaborar una gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas.” La aplicación, se basó en un análisis de cada equipo, para luego en función a las siete preguntas desarrollar el AMEF (análisis modal de efectos y fallas), se calculó el número de prioridad de riesgo, se clasificaron las fallas en aceptables, reducción deseable y no aceptables, se realizó la hoja de decisión del MCC, y luego se elaboró el plan de mantenimiento, finalmente se volvieron a medir los indicadores de la variable dependiente y se volvieron a medir los resultados.

Palabras claves:

Mantenimiento centrado en la confiabilidad, disponibilidad, gestión del mantenimiento.

ABSTRACT

The current research work "Maintenance management focused on MCC reliability, to improve the availability of the irrigation system equipment of the company Complejo Agroindustrial Beta S.A. Chulucanas, was an applied research, of descriptive level and of quasi-typeexperimental with a population of 40 equipment, for it the current availability was determined, the average time between failures, the average time to repair, the historical records of failures were used. Within the project, the main objective was established as "To develop a maintenance management focused on reliability, to improve the availability of the irrigation system equipment of the company Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas." The application, based on an analysis of each team, and then based on the seven questions to develop the AMEF (modal analysis of effects and failures), the number of risk priority was calculated, failures were classified into acceptable, desirable and not acceptable reduction, the decision sheet of the MCC was made, and then the maintenance plan was elaborated, finally the indicators of the dependent variable were measured again and the results were measured again.

Keywords:

Maintenance focused on reliability, availability, maintenance management.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el mantenimiento ha mostrado un desarrollo muy importante en las industrias, la aparición de tecnologías y metodologías aplicables a la gestión del mantenimiento, ha permitido ubicarse como una de las principales actividades en la industria, es la base para desarrollar procesos y prevenir paros improductivos, aumentando la calidad de los productos, y en general mejorar la disponibilidad de los equipos de toda planta, evitando pérdidas económicas por paradas innecesarias.

Para Solórzano y Eli (2017) El mantenimiento consiste en una serie de tareas o actividades que se ejecutan sobre los equipos, maquinarias e instalaciones de producción antes de que haya aparecido alguna falla, y su objetivo es prevenir que ocasione dicha falla o avería en pleno trabajo de producción o del servicio que se presta. Estos tipos de mantenimiento incluyen operaciones de supervisión y control programadas de forma ordenada.

En Complejo Agroindustrial Beta, siendo una empresa peruana líder en el sector agroindustrial exportando productos como uva, espárrago, tangelo, palta, arándano y mandarina, presenta deficiencias en el mantenimiento de una de las áreas de servicio como es el Área de Riego, la misma que es la responsable del manejo y operación del sistema de riego, elemento imprescindible para el proceso productivo y desarrollo de la empresa.

La empresa cuenta con tres sedes a nivel nacional: Ica, Chiclayo y Piura, en Piura desarrolla sus actividades en el distrito de Chulucanas, el cual tiene 6 fundos: El Milagro, Huápalas, La Encantada, Belén, Cruz Verde y La Recría. El proyecto se realizó en el fundo La Recría, que se ubica, la carretera Piura – Chulucanas km 59. Este fundo produce uva en su variedad Crimson, 156 hectáreas productivas, su irrigación la realiza con un sistema tecnificado, automatizado de riego por goteo con mangueras, este sistema está conformado por cinco principales modelos o grupos de equipos: Válvulas hidráulicas reductoras, Batería de filtración Apollo, Bomba Turbina Vertical, Electrobombas Salsom y Tableros con variadores eléctricos.

Estos equipos forman parte del sistema de riego, y no cuentan con un programa o plan de mantenimiento preventivo, no existe una guía para realizar el trabajo; el personal técnico solo ejecuta actividades correctivas cuando se presentan fallas en el equipo en su

operación, procediendo a detener el proceso de trabajo, esto ocasiona demoras en la ejecución de los programas de riego y por ende disminuye la vida útil del equipo, bajando la eficiencia y disponibilidad. Por lo tanto, es preciso elaborar un modelo de gestión de mantenimiento para el sistema de riego, a fin de garantizar que su funcionamiento sea óptimo y alta disponibilidad. A continuación, se detallan trabajos previos que se tomaron en cuenta para el desarrollo del proyecto:

Para el autor Armas y Paul (2017), Universidad Nacional de Trujillo, en su proyecto de investigación propuso un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para las bombas centrifugas horizontales Warman 450 con el objetivo de mejorar la disponibilidad. Se realizaron análisis de criticidad y luego se aplicaron las siete preguntas del RCM para definir las fallas funcionales, modos efectos y consecuencias, se realizaron gráficos de dispersión de los equipos con fallas, identificándose las fallas habituales y agudas, las que generan disponibilidad baja de los equipos. La investigación concluye que los modos de fallas que generan problemas en los equipos son la regulación de GAP y el cambio de forros de succión y plato, también se mostraron curvas de costos y confiabilidad.

Para el autor Raymundo y Miguel (2017), Universidad Nacional del Centro del Perú-Huancayo, en su trabajo de tesis desarrolló un “Plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la Chancadora 60x113 de la Minera Chinalco” con el objetivo de mejorar la disponibilidad. Se tomó información de la minera encontrando una disponibilidad inicial de 88.91%, se realizó un plan de mantenimiento, se realizó el AMEF (análisis modal de efectos y fallas), posterior a ello se realizó un análisis de criticidad a todos los componentes o módulos del equipo, se determinó el número de prioridad de riesgo (NPR) de los 40 modos de fallas que fueron analizados de la chancadora 60 x 113, se obtuvieron 14 Fallas inaceptables y representan el 35%, 11 Fallas de reducción deseable que representan el 27.5% y 15 Fallas aceptables que representan el 37.5%, elaborándose la hoja de decisiones, finalmente después de la aplicación se logró una disponibilidad de 92.08%, logrando un incremento del 3.17%.

Para el autor Aguirre y Michael (2017) de la Universidad Nacional de Trujillo diseñó un plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM) al compresor estacionario de tornillo de una etapa de la empresa metal mecánica Fameca SAC, donde desarrolló un

análisis de los modos de fallas, causas y sus efectos AMFE, encontrando 7 grupos importantes que componen el compresor Atlas Copco, así como también se encontraron sus fallas funcionales, además se obtuvieron un total de 47 modos de falla con sus efectos, se elaboró las hojas de decisión y estableció tareas de mantenimiento preventivo para eliminar o reducir los efectos de fallas guiándose en las consecuencias que pueden ocurrir, con el objetivo de mejorar los índices de mantenimiento actuales. Con la aplicación se logró incrementar la Disponibilidad en un 25%, la Confiabilidad en 3%, y la Mantenibilidad en un 9%.

Para el autor Mendoza y Martín (2014), En su estudio se implementó una gestión de mantenimiento para reducir las paradas que no son programadas de las talladoras de la empresa Toppa Productos Ópticos S.A. se realizaron encuestas a los operadores de las máquinas para saber que previsiones deben tomar para no permitir estas paradas en las maquinarias, también se tomó en cuenta los manuales de los equipos para elaborar el plan de mantenimiento. Con la aplicación de la gestión del mantenimiento se logró obtener un 87% de mejora en la disponibilidad de las maquinas, para ello se llevó a cabo una supervisión del cronograma de mantenimiento, el tiempo que conlleva realizar un mantenimiento excedió en 0.3% ya que se tuvieron que cubrir estas fallas que fueron acumulándose para el mantenimiento o tarea correctiva. El cumplimiento de las tareas programadas se realizó al 83% de lo propuesto debido a los incumplimientos por parte del personal encargado, los mismos que se le brindó capacitaciones respecto a la importancia de lograr cumplir con las actividades”.

Dentro de la investigación se está haciendo mención de temas relacionados con el proyecto como: Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC). Según: Cano y Antonio (2018) El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance) por sus siglas en el idioma inglés, se puede conceptualizar como una metodología sistemática y estructurada para establecer el mantenimiento mejor apropiado a ejecutar a cualquier activo físico para que éste siga cumpliendo con las funciones o tareas para las cuales fue creado en todo su contexto operacional”.

“El MCC es una metodología o técnica que permite la optimización y el diseño de los planes o programas de mantenimiento a través del análisis de cada sistema, estableciendo de qué manera puede fallar funcionalmente y qué consecuencias derivan de esas fallas

encontradas. Los efectos que surgen en cada modo de falla se van evaluando de acuerdo con el impacto sobre el medio ambiente, la operación, la seguridad y el costo.” Santillán y Vinicio (2017). La metodología MCC, propone un procedimiento, a partir del análisis de las 7 preguntas, mostrado en la Figura 1.

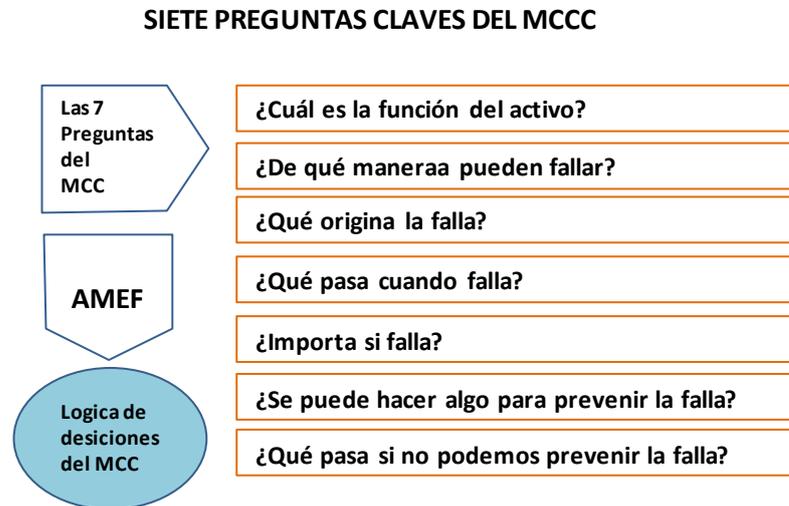


Figura 1: Siete preguntas claves del MCC
Fuente: Cornejo y Jose (2017)

En la Figura 2, se presenta el esquema propuesto para implantar el MCC.

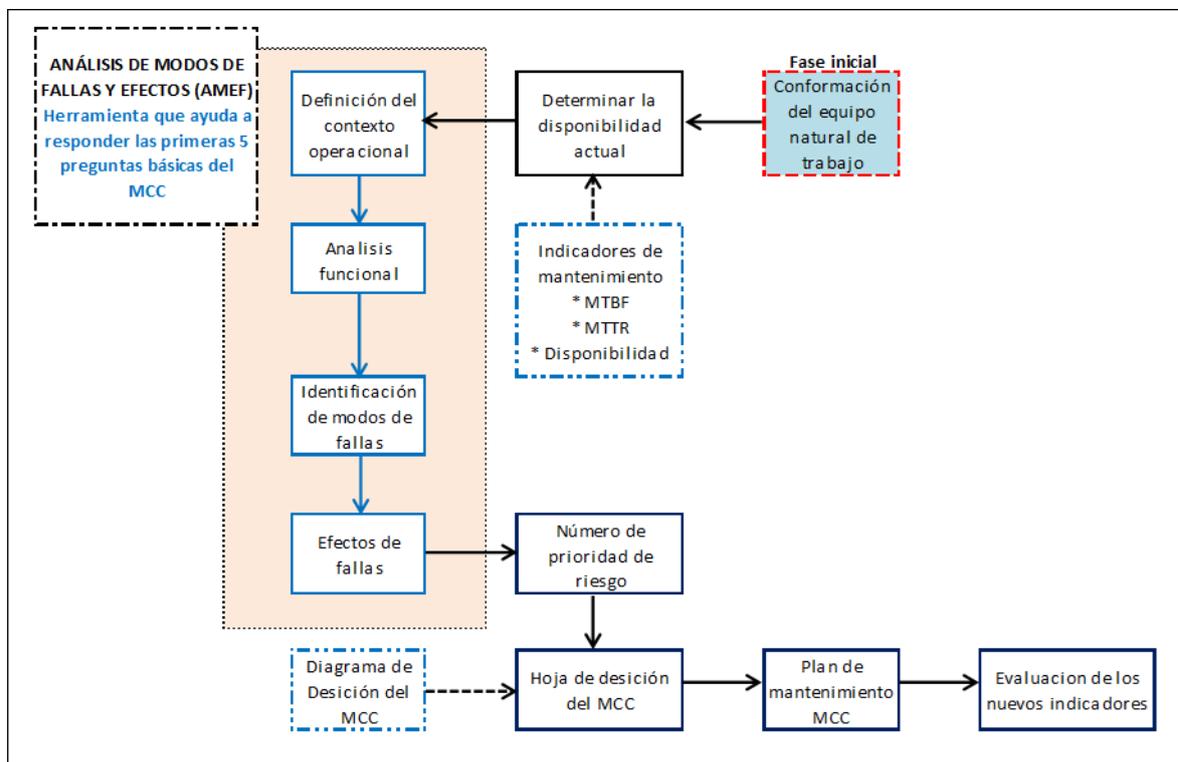


Figura 2: Proceso de implantación del MMC
Fuente: Flujoograma de Implementación de RCM

(FMEA-Failure Mode and Effects Analysis) El Análisis de Modo y Efecto de Falla, es una metodología que se ha implantado en las tareas de mantenimiento en el sector industrial, gracias a la creación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. El desarrollo del AMEF, establece la herramienta más significativa dentro del proceso del RCM, permitiendo conseguir información de los diferentes equipos en su contexto operacional y de esta forma poder prevenir los efectos potenciales de fallas mediante tareas en el mantenimiento, las cuales intervendrán sobre cada modo de falla encontrado y sus posibles consecuencias. Rodriguez y Eduardo (2016).

Número de Prioridad de Riesgo (IPR). Según: Raymundo y Miguel (2017) El número de prioridad de riesgo (IPR), es el resultado del producto matemático obtenido de la gravedad de un conjunto de efectos (Severidad), la posibilidad que la causa o consecuencia provocará la falla asociada a esos efectos (ocurrencia) y la destreza para detectar la falla antes que esta llegue al cliente (detección). Este número o valor es utilizado para poder identificar los riesgos o peligros más graves y llevar a la acción o tarea correctiva, se mide mediante la siguiente formula:

$$NPR=S \times O \times D$$

Dónde:

NPR = Número de Prioridad de Riesgo

S= Severidad; O= Ocurrencia; D= Detección

Luego se clasifica las fallas de acuerdo al resultado del número de prioridad de riesgo:

Falla inaceptable = 200 a mas

Falla deseable = entre 125-200

Falla aceptable = entre 1-125

Para la variable dependiente se tomó conceptos relacionados al mantenimiento, recopilados de diferentes autores de tesis, tales indican que:

Según: Espinoza y Alejandro (2017) define como mantenimiento: “Mantenimiento es el conjunto de tareas o actividades realizadas en una organización con el objetivo de conservar apropiadamente sus instalaciones y equipos, manteniendo su desempeño en condiciones de confiabilidad y respetando el cuidado medio ambiental, la salud y

seguridad; dichas tareas son tomadas desde su propia responsabilidad y compromiso de negocios y con la reducción de los costos como objetivo asociado”.

Así mismo, Parra y Carlos (2015), definen que: “la intención del mantenimiento es el medio o recurso que tiene toda compañía u organización para conservar y mantener con el debido grado de eficacia y eficiencia su activo fijo. De esta manera se han establecido diferentes tipos de mantenimiento por el carácter de sus tareas. Mantenimiento preventivo, mantenimiento, correctivo y mantenimiento predictivo.

García y Olaya (2018) define como mantenimiento preventivo: “conjunto de actividades periódicas y permanentes que tienen la peculiaridad de prever previamente el desperfecto, producto del uso y debilidad de la vida útil de dispositivos, materiales, partes, piezas, y en general, aprobando su restauración, renovación y operación continua, confiable, segura y económica, sin añadir valor al establecimiento.”

Los programas de inspecciones, tanto de operatividad como de seguridad, reparaciones, ajustes, limpieza, calibración, evaluación, lubricación, deben transportarse o llevarse a cabo de manera habitual a través de un programa establecido, y no a una petición del usuario u operario. Su objetivo es prevenir o anticiparse a las fallas conservando los equipos, sistemas e instalaciones productivas en óptimas condiciones de operación. Altamirano y Zavaleta (2016)

Estos mantenimientos además son designados como “mantenimientos planificados”, y tiene lugar antes de que ocurra una avería o falla, se verifica en condiciones que son controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Leyva y Wilber (2018).

Arroyo y Alexander (2018), define como mantenimiento correctivo: “Esta es una táctica de “no hacer nada” o “esperar la falla”. Esta táctica no trata de determinar completamente cuando fallará el equipo (monitoreo de inspección o condición) o hacer algo para prevenir la falla antes que suceda (basado en el uso). Este es usado cuando no se puede emplear otra estrategia con mejores resultados finales.

Vásquez y Eduardo (2018), Detallan: “El mantenimiento de tipo predictivo inspecciona, a través de técnicas o métodos de análisis, el estado o situación de los equipos y sus elementos, implantando recomendaciones o sugerencias para ejecutar de una manera más

acertada con tareas de mantenimiento, lo que puede reflejarse en ahorros de tiempo significativos y por lo tanto también en dinero.

El mantenimiento predictivo, radica en establecer en todo momento el estado técnico (eléctrica, mecánica, etc.) real del equipo, o de la instalación revisada, mientras esta se encuentre en pleno proceso de trabajo, utilizando un plan sistemático de mediciones de todos los parámetros más significativos del equipo. Farinango y Santiago (2014)

A continuación, se presenta los indicadores que se han establecido para el desarrollo de la investigación, considerados para medir la gestión del mantenimiento dentro de la empresa.

Tiempo Promedio Entre Fallas (MTBF): Muestra el intervalo o frecuencia de tiempo más probable entre un arranque o inicio de trabajo y la aparición de una falla, es el tiempo promedio que ha pasado hasta la llegada de un evento de fallo. Mientras más alto sea su valor, mayor es la confiabilidad del equipo o componente. Ingaroca y Manolo (2016).

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de funcionamiento}}{\textit{Número total de fallas}}$$

Tiempo medio Para Reparar (MTTR): Es la medida o valor de distribución del tiempo promedio para la reparación de un sistema o equipo. Este valor mide la efectividad en restaurar la unidad o equipo a condiciones óptimas de trabajo, cuando el equipo se encuentre fuera de servicio por una falla, dentro de un lapso de tiempo determinado. Panamá y Fernando (2016).

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de paradas}}{\textit{Número total de paradas}}$$

La Disponibilidad (D): es un objetivo de vital importancia en la gestión de todo programa de mantenimiento, ya que, al realizar un análisis para determinar la disponibilidad, se analizan los equipos más críticos por separado o de manera aislada de una línea que estén afectando la producción o que este debajo de los niveles de funcionamiento. Sosa y Alexander (2018).

Galdos y Marco (2017) también define como la posibilidad de que un equipo, máquina o sistema esté preparada para trabajar en un lapso de tiempo establecido, o sea que no esté detenida por averías o algún ajuste. Se puede definir de una manera más práctica mediante los tiempos promedios entre fallos y de reparación, dado que son los datos que se obtendrán para cada sistema Así, tenemos que:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Dónde:

D: Disponibilidad

MTBF: Tiempo promedio entre fallas.

MTTR: Tiempo promedio de reparación.

De esta manera se logra comprender las teorías relacionadas a las dos variables a trabajar con sus respectivos indicadores. De igual forma se expresan conceptos del conjunto de actividades, procesos y equipos a trabajar dentro de un área específica dentro de la empresa, tales como:

Sistema tecnificado de riego por goteo. Garcia y Antonio (2017), según el autor muestra que: “sistema de riego por goteo, es un sistema de irrigación limitado al suelo, en el cual se aplica el agua de forma uniforme a una parte del volumen del suelo ocupado por las raíces del cultivo, por medio de goteros o emisores, de tal modo que las raíces logren el agua y los nutrientes que necesita para su desarrollo y la producción de la planta.”

Dentro del sistema de riego, se encuentra conformado por una serie de equipos de los cuales vamos a destacar los más importantes a trabajar dentro del proyecto.

Equipo de bombeo: “va interconectado a la toma de agua y es el encargado de enviar el caudal y la presión adecuada para el funcionamiento correcto del sistema. Existen diferentes modelos de equipos de bombeo en el Perú, que se adaptan según los requerimientos de cada proyecto.” Ríos y Angélica (2018).

Equipos de Filtración: Según el autor indica que: “Existen los filtros de arena que se usan para mover la materia orgánica (ramas, hojas, restos de corteza, solidos suspendidos), y los filtros de mallas para detener las impurezas o restos que puedan pasar por el filtro de arena.” Llanca y David (2018).

Tableros Eléctricos: “Se comprende por tablero eléctrico un gabinete de metal donde se instalan instrumentos, arrancadores, interruptores, y/o dispositivos de control, para conseguir una instalación, ordenada, segura, y confiable” Cruz y Ivan (2018).

Bombas Hidráulicas: “Son equipos muy utilizados en el sistema hidráulico y en general en todo tipo de distribución de agua. En la parte exterior está compuesta por dos segmentos (cuerpo y tapa), en la parte interior se encuentra el diafragma o membrana de caucho que es el dispositivo de apertura o cierre al paso del agua. La válvula de tres vías exterior permite la apertura o cierre manual del equipo, así como la acción de la misma a través de una señal hidráulica a distancia.” Solano y Gregorio (2016).

Válvulas hidráulicas. “son equipos muy utilizados en las redes de agua y en general en cualquier tipo de sistemas o redes de distribución de agua. El exterior está compuesto por dos segmentos (tapa y cuerpo), en el interior se encuentra la membrana o diafragma de caucho que es el componente de apertura o cierre al paso de agua.” Zelada (2017).

Para el presente proyecto de tesis se han formulado las siguientes preguntas que se han utilizado para el planteamiento de los objetivos, como se muestra a continuación:

¿De qué manera una gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad, puede mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas? Así mismo se plantearon interrogantes, para los objetivos específicos: ¿De qué manera se puede determinar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego, mediante el registro histórico de fallas? y ¿De qué manera se puede determinar la prioridad de riesgo de los equipos del sistema de riego a través del desarrollo del análisis modal de efectos y fallas (AMEF)?, y ¿De qué manera se puede mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego, mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo basado en el MCC.?

Como justificación del proyecto, en la actualidad los equipos de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta, en Piura, presenta deficiencias en su actual mantenimiento, no cuenta con un plan establecido y una gestión de mantenimiento, que permita llevar un control de las actividades o tareas de mantenimiento.

Con este proyecto se está elaborando un modelo de gestión de mantenimiento y para ello se necesita revisar la situación de los equipos con baja disponibilidad, en el área del sistema de riego, así mismo, elaborar un análisis a través del AMEF (análisis modal de

efectos y fallas) que sirva como diagnóstico para establecer la prioridad de riesgo de los equipos, de esta manera mejorar la disponibilidad de los equipos de riego.

Al contar con un análisis de fallas de los equipos del sistema, se pueden realizar acciones que logren mejorar, todas las actividades que se realizan a los diferentes componentes de toda la infraestructura del sistema, en el momento más oportuno.

La elaboración de un modelo de gestión de mantenimiento ayudará a orientarse hacia un plan de mantenimiento preventivo, y evitar realizar paros innecesarios; un programa eficaz de mantenimiento preventivo dentro de una compañía logra mantener e incrementar la disponibilidad de los equipos, optimizar los costos e incrementar la vida útil de los equipos.

El planteamiento de las hipótesis del proyecto se lleva a cabo a través de la siguiente pregunta:

Hipótesis H0. La Elaboración de una gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, mejora la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas.

A continuación, se detallan los objetivos propuestos y desarrollados en el proyecto de tesis:

El objetivo general consistió en: Elaborar una gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas.

Para su logro se plantearon los objetivos específicos: Determinar la disponibilidad actual de los equipos del sistema de riego mediante el registro histórico de fallas, determinar la prioridad de riesgo de los equipos del sistema de riego, a través del desarrollo del análisis modal de efectos y fallas (AMEF) y mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo basado en el MCC.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación.

De acuerdo con el nivel del proyecto realizado, la investigación realizada es de tipo aplicada, porque busca resolver un determinado problema o planteamiento específico, a través de la implantación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, para los equipos que conforman el sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. Según: Tarrillo y Eliazer (2018), indica: “es aplicada, porque el proyecto se desarrolla en una situación o escenario real, basándose en investigaciones realizadas anticipadamente por otros autores.” Es de nivel descriptiva porque se busca analizar, describir, registrar e interpretar las características, perfiles de la población, con el único propósito de medir y recolectar información de modo independiente sobre las variables a estudiar. Solis y Eduardo (2017).

El enfoque empleado en la presente investigación es cuantitativo, porque se utilizó análisis estadísticos para establecer patrones de comportamiento para probar las teorías que brindaran respuestas a la problemática de la investigación.” Cáceres y León (2017).

Su diseño de la investigación es cuasi-experimental por que se identifican las causas y efectos, no se toman muestras aleatorias ya que los grupos están formados, se evalúa un antes y después de la variable dependiente. Según Bono Cabré (2012) “Es una investigación que tiene todos los elementos de un experimento, excepto que los sujetos no se asignan aleatoriamente a los grupos.”

Para el presente proyecto de tesis se usó el diseño con preprueba y post prueba sin grupo de control. Su diseño es:

$$M \rightarrow O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

M: 40 Equipos del sistema de riego

X: Mantenimiento centrado en la Confiabilidad

O1: Indicadores de mantenimiento antes del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

O2: Indicadores de mantenimiento después del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

2.2 Operacionalización de variables

En la Tabla 2, muestra la información de la operacionalización de las variables tanto dependiente e independiente, usadas en el proyecto de tesis, así mismo los indicadores que se usaron para medir estas variables.

2.3 Población, muestra y muestreo

La población se compone de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A que en total suman 40, Según: Saldaña y Sharon (2019) “Es el conjunto de todos los factores a los cuales se refiere la investigación.

Tabla 1: Población

Agentes	Cantidad
Bomba Turbina Vertical 50 Hp	4
Batería de filtrado Apollo Angle 4”	4
Electrobomba Salsom Multi V	8
Tableros eléctricos 50 HP	4
Válvulas hidráulicas reductoras de 3”	20

Fuente: Elaboración propia.

El tamaño de la muestra ha sido considerado a los equipos de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A, Según: Ventura (2017) “Una muestra es entendida como un subconjunto de la población conformado por unidades de análisis”. El muestreo es no probabilístico por conveniencia. Según: Otzen y Manterola (2017) “Las técnicas o métodos de muestreos probabilísticas, nos permiten conocer la probabilidad que cada sujeto o individuo a estudio tiene de ser incluido en la muestra a través de una elección al azar. Para el criterio de inclusión, se ha considerado incluir a los 40 equipos que componen el sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta. S.A. Para el criterio de exclusión, se ha considerado excluir aquellos equipos que su grado de disponibilidad es aceptable.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: validez y confiabilidad

Para medir la disponibilidad actual de los equipos del sistema de riego, determinar la prioridad de riesgo de los equipos, y medir los resultados del plan de mantenimiento preventivo basado en el MCC, se recurrió al análisis documental. Los instrumentos que se utilizaron para medir los objetivos fueron: los registros de datos históricos, así mismo para realizar el desarrollo del análisis modal de efectos y fallos, se utilizaron los formatos de la metodología como son: Formato AMEF, Hoja de decisión del MCC (Anexo 02)

Tabla 2: Variable y Operacionalización

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Escala
Mantenimiento centrado en la confiabilidad	Esparza (2015) define : Es una metodología que consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuáles son sus posibles fallas, detectar los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias, a partir de allí centra sus esfuerzos en la confiabilidad operacional integrando equipos, procesos y gente.	AMEF NPR	Numero de prioridad de riesgo, este número es utilizado para poder identificar los riesgos más graves y llevar a la acción correctiva, se mide mediante la multiplicación de severidad, ocurrencia y detención.	$NPR = S * O * D$ *Severidad (S) *Ocurrencia (O) *Detección (D)	Razón
Disponibilidad	Cruzado y Francisco (2016) define: Es el objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un equipo y/o máquina que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir.	Tiempo promedio entre fallas	Mide el tiempo promedio entre un arranque y la aparición de una falla.	$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de funcionamiento}}{\textit{Número total de fallas}}$	Razón
		Tiempo promedio de reparación	Mide el tiempo promedio en restaurar la unidad a condiciones óptimas de trabajo.	$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de paradas}}{\textit{Número total de paradas}}$	Razón
		Disponibilidad	Mide la posibilidad de que un equipo, máquina o sistema esté preparada para trabajar en un período de tiempo establecido.	$D (\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Técnicas e Instrumentos.

Indicadores	Técnica	Resultados	Instrumento
MTBF(Tiempo medio entre fallos)	Análisis documental	Tablas y gráficos de barras.	Anexo 04: Instrumentos Registro de fallas Hoja de información del AMEF Hoja de decisión MCC
MTTR(Tiempo medio de reparación)			
Disponibilidad			
Número de Prioridad de Riesgo			

Fuente: Elaboración propia.

Los instrumentos: Registro de fallas, fueron validado por tres profesionales en ingeniería industrial, especialistas en la materia, los mismos que realizan sus labores como docentes de la universidad Cesar Vallejo Piura; para el desarrollo del MCC los instrumentos utilizados: Hoja de AMEF y Hoja de decisión del MCC, son de tipo técnico propias de la metodología, no se necesita determinar la confiabilidad. Según: Morales y Gabriel (2017) “la validez se refiere de manera directa al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir”.

2.5 Procedimiento

1. Primero, se realizó la conformación del equipo de trabajo, compuesto por personal técnico que labora en la empresa, los que estuvieron comprometidos con el desarrollo de la metodología.
2. Para poder determinar la disponibilidad actual, se recurrió a la información histórica del registro de fallas, de los meses de febrero a mayo, a fin de identificar los equipos con baja disponibilidad, en esta fase se definieron los valores de disponibilidad usando los indicadores de mantenimiento propuestos: MTBF (tiempo promedio entre falas) y el tiempo promedio de reparación (MTTR).
3. Luego se desarrolló el Análisis de modos efectos y fallas AMEF, en esta etapa se definió el contexto operacional de los equipos, así mismo se determinaron las funciones, modos de fallas y los efectos que podrían causar. Luego de haber establecido las funciones, modos y efectos de fallas en el AMEF, se procedió a calcular el número de prioridad de riesgo (NPR) de cada modelo de equipo, con esta información se pudo identificar los niveles en “aceptables”, “reducción deseable” e “inaceptables”.

4. Con la información anterior y con el diagrama de decisión se desarrolló la hoja de decisión del MCC, estableciendo el modelo del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.
5. Se desarrolló el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y aplico a los equipos del sistema de riego, este plan nace a partir de la hoja de decisión, el cual contiene las tareas por cada modo de falla encontrado, frecuencias por cada intervención de trabajo y el responsable de dicha tarea. Luego de haber establecido el plan de mantenimiento, se recurrió nuevamente al registro de fallas de los meses de julio a octubre, para medir los nuevos indicadores y analizar los resultados del proyecto al aplicar el MCC.

2.6 Método de análisis de datos

Para el procesamiento de información de los indicadores tiempo promedio entre fallas (MTBF) y tiempo promedio para reparar (MTTR), se utilizó la hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010, la cual nos permitió analizar la información recabada del registro histórico de fallas, para luego procesar y determinar los valores de disponibilidad de los equipos evaluados, a través del diagrama de barras. Para el procesamiento de datos del indicador: número de prioridad de riesgo (NPR), se utilizó la hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010, la cual nos permitió analizar la información obtenida del desarrollo del análisis modal de efectos y fallas, para luego procesar y determinar el grado de riesgo de cada equipo estudiado, a través del diagrama de barras, así mismo se usó para el desarrollo de la gestión del mantenimiento, procesar información en los diferentes formatos de la metodología, y desarrollar el plan de mantenimiento basado en el MCC. Los resultados son mostrados en diagrama de barras, las mismas que a través de su altura, determinan los valores máximos y mínimos de los indicadores.

2.7 Aspectos éticos

El autor de la presente investigación se comprometió a respetar la autenticidad de los resultados, la confidencialidad de los datos proporcionados por la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A y la identidad de las personas que participaron o estuvieron involucrados en el estudio, así mismo dar fe que los diferentes conceptos y elementos citados en el presente proyecto poseen autenticidad y respecto a la propiedad intelectual del autor.

III. RESULTADOS

Luego de haber elaborado todas las fases de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. – Chulucanas, y haber realizado la evaluación de los indicadores en dos periodos diferentes antes y después de la aplicación de la gestión, los resultados obtenidos reflejan una notable mejora en la disponibilidad de los diferentes equipos del sistema de riego, lo que afirma que la aplicación del proyecto, tuvo resultados positivos en el área de riego.

Para determinar la disponibilidad actual de los equipos del sistema de riego, se recurrió al registro histórico de fallas, considerando una muestra de cuatro meses, de febrero a mayo del 2019. El valor más bajo lo tiene las Electrobombas Salsom Multi V con un 79.24%, seguido de Bomba Turbina Vertical con un 83.50% y Tableros eléctricos con 84.40 % valores inaceptables para un óptimo desempeño, estos equipos se identificaron como críticos para el desarrollo del AMEF, por otro lado la Batería de filtrado Apollo Angle y Válvulas hidráulicas reductoras mostraron valores aceptables dentro de su funcionamiento. Así mismo se obtuvieron resultados de los tiempos promedios de reparación, donde las Electrobombas Salsom Multi V tienen el valor mayor con 9.02 horas y las Válvulas hidráulicas reductoras el número menor con 6.00 horas. También se evaluaron los tiempos promedios entre fallas, de la cual las Electrobombas Salsom Multi V presentan un valor menor con 37.14 horas y las Válvulas hidráulicas un valor mayor con 230.48 horas de buen funcionamiento. Estos valores se obtuvieron a través de los indicadores propuestos en la variable dependiente MTBF y MTTR desarrollados en el Anexo 05. Los resultados se muestran a continuación en la Tabla N° 04.

Tabla 4: Resumen de resultados de disponibilidad obtenida de febrero – mayo 2019

N°	Modelo de equipo	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	Electrobomba Salsom Multi V	34.48	9.02	79.24%
2	Batería de filtrado Apollo Angle	95.17	8.00	92.15%
3	Bomba Turbina Vertical	44.99	8.83	83.50%
4	Tableros eléctricos 50 HP	43.62	8.00	84.40%
5	Válvulas hidráulicas reductoras	230.48	6.00	97.34%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3, se muestran los valores obtenidos de disponibilidad en forma gráfica a través del diagrama de barras.

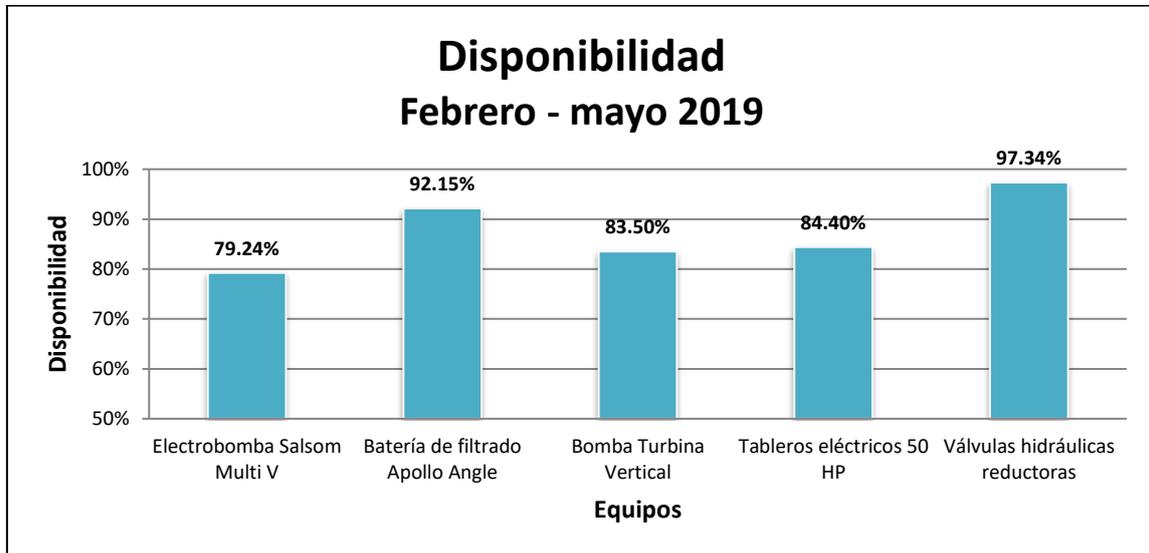


Figura 3: Disponibilidad actual febrero – mayo del 2019

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la prioridad de riesgo de los equipos del sistema de riego, se desarrolló el análisis modal de efectos y fallos (AMEF), donde se encontraron 33 modos de fallas, de los cuales 17 fallas son “inaceptables” y representan el 52%, se encontraron 3 fallas de “reducción deseable” y representan en 9% y 13 fallas son “aceptables” y representan el 39%. El desarrollo del AMEF A continuación se muestra el resumen de los resultados en la Tabla N° 05.

Tabla 5: Resumen de resultados de modos de fallas NPR en %

Clasificación	Cantidad	Cantidad
Inaceptable	17.0	52%
Reducción deseable	3.0	9%
Aceptable	13.0	39%
TOTAL	33.0	100%

Fuente: Elaboración propia

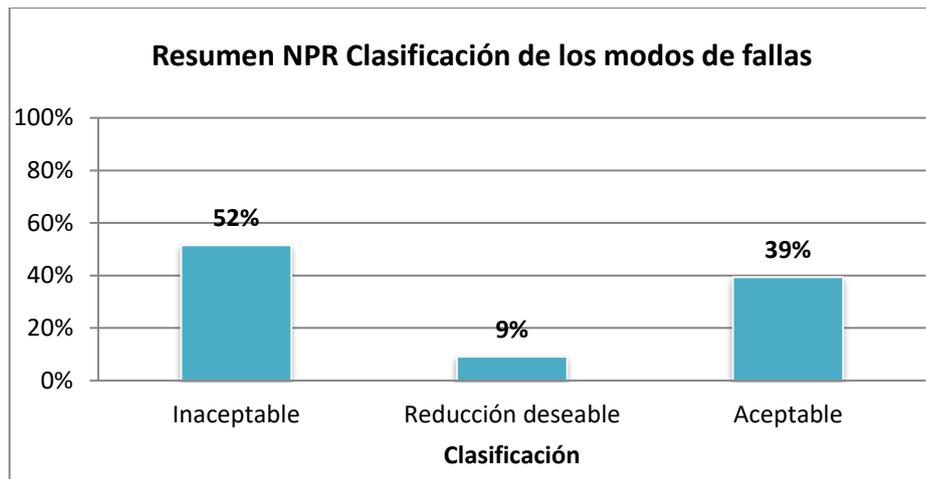


Figura 4: Resumen NPR clasificación de los modos de fallas

Fuente: Elaboración propia

Estos valores se obtuvieron con el indicador NPR. (Número de Prioridad de Riesgo) propuesto en la variable independiente desarrollado en el Anexo 06.

$$\text{NPR} = \text{S} * \text{O} * \text{D}$$

Gravedad del fallo (S)

Probabilidad de Ocurrencia (O)

Probabilidad de No Detección (D)

Para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego mediante la aplicación de un plan de mantenimiento basado en el MCC de los equipos del sistema de riego, se recurrió al registro fallas, considerando los últimos cuatro meses, de julio a octubre del 2019. Se puede apreciar una mejora considerable para los equipos, las Electrobomba Salsom Multi V con un valor de 94.85%, Batería de filtrado Apollo Angle con un valor de 96.66%, Bomba Turbina Vertical con un valor de 96.81%, Tableros eléctricos 50 HP con un valor de 96.93% valores aceptables para una buena gestión de mantenimiento.

De esta manera se han tomado los datos antes y después de la aplicación de la gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad reflejando un incremento de la disponibilidad de los diferentes equipos del sistema de riego estudiados. El desarrollo y cálculo de estos valores se detalla en el Anexo 08, En la tabla N° 06 muestra la diferencia de valores entre el antes y después de la aplicación, así mismo la variación porcentual de cada modelo de equipo.

Tabla 6: Resumen comparativo de resultados de disponibilidad antes y después

N°	Modelo de equipo	FEBRERO - MAYO		JULIO - OCTUBRE	
		DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD	VARIACIÓN
1	Electrobomba Salsom Multi V	79.24%	94.85%	19.69%	
2	Batería de filtrado Apollo Angle	92.15%	96.66%	4.89%	
3	Bomba Turbina Vertical	83.50%	96.81%	15.94%	
4	Tableros eléctricos 50 HP	84.40%	96.93%	14.84%	
5	Válvulas hidráulicas reductoras	97.34%	98.72%	1.42%	

Fuente: Elaboración propia

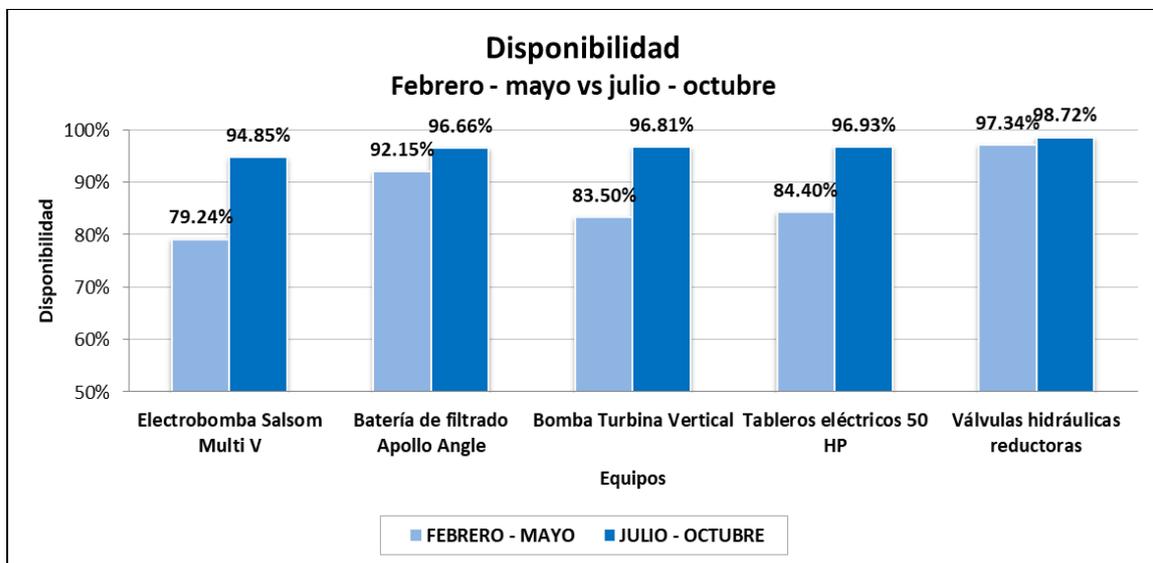


Figura 5: Resumen comparativo de disponibilidad antes y después de la gestión

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis estadístico, se realizó una prueba de normalidad, como los datos son menores a 50, utilizamos Shapiro-Wilk, la cual se muestra a continuación en la Tabla N° 7.

H0: Los datos no presentan un comportamiento normal

H1: Los datos presentan un comportamiento normal.

Tabla 7: Análisis estadístico - prueba de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,289	5	,198	,884	5	,327
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Software SPSS VS 22

Donde $p=0.327$ el cual indica que presentan un comportamiento normal, para lo cual se aprueba H_1 y por lo tanto se debe realizar una prueba T-Student. Para dicha prueba se está tomando los valores de disponibilidad antes y después de la aplicación. (Tabla N° 07)

$p < 0.05$ se aprueba H_1

$p \geq 0.05$ se aprueba H_0

Tabla 8: Prueba estadística T- Student

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	antes - después	-,09480	,06174	,02761	-,17146	-,01814	-3,433	4	,026

Fuente: Software SPSS VS 22

Como el valor p de la prueba de T-student da 0.026 se aprueba la hipótesis H_1 , que dice que La gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad, mejora la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A – Chulucanas. El desarrollo completo se muestra en el Anexo 04.

IV. DISCUSIÓN

La valores de disponibilidad actual de los equipos del sistema de riego obtenidos mediante el registro histórico de fallas, son mostrados en la Tabla N° 05 donde evidencian valores de disponibilidad de los equipos del sistema de riego en una primera etapa, antes de la aplicación de la gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad, donde se puede notar valores de disponibilidad inaceptables para un buen desempeño de los equipos, datos que al ser comparados con lo encontrado por Armas y Paul (2017) en su tesis titulada “Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para las bombas centrifugas horizontales Warman 450 MCR en Minera Cerro Corona”, quien también realizó un primer análisis para encontrar la disponibilidad del equipo, pudo encontrar niveles de disponibilidad bajos, ambas tienen similitud y utilizaron los indicadores de MTBF (tiempo promedio entre fallas) y MTTR (tiempo promedio para reparar). Con esta información se afirma la baja disponibilidad de los equipos antes de aplicar la gestión.

Para determinar la prioridad de riesgo de los equipos del sistema de riego, se desarrolló el análisis modal de efectos y fallas (AMEF), los resultados que se obtuvieron son mostrados en la Tabla N° 06, la cual indica que se encontraron 33 modos de fallas, de los cuales 17 fallas son “inaceptables” y representan el 52%, se encontraron 3 fallas de “reducción deseable” y representan en 9% y 13 fallas son “aceptables” y representan el 39%, encontrando similitud con la investigación de Raymundo y Miguel (2017) cuya tesis “Plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la Chancadora 60x113” donde utilizo la misma metodología AMEF(análisis modal de efectos y fallas) y obtuvo el NPR (número de prioridad de riesgo) de los 40 modos de fallas analizados, obteniendo 14 Fallas inaceptables (35%), 11 Fallas de reducción deseable (27.5%) y 15 Fallas aceptables (37.5%), ambos estudios utilizaron la misma herramienta de la metodología empleada (MCC) y lograron obtener resultados para establecer tareas preventivas que ayuden a eliminar o disminuir estos niveles de riesgos existentes.

Para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la Tabla N° 07, lo mismos que reflejan información de la disponibilidad antes y después de la aplicación de la gestión del mantenimiento basado

en la confiabilidad y el plan desarrollado en base a las hojas de decisión y las preguntas del diagrama de decisión, cuya aplicación logro incrementar la disponibilidad de los equipos, elevándolo a un nivel aceptable dentro de su contexto operacional, estos resultados guardan similitud con la investigación de Aguirre y Michael (2017) “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad (MCC) al compresor estacionario de tornillo de una etapa de la empresa metalmecánica Fameca SAC” en donde aplico la misma metodología a través de las hojas de decisión y el diagrama de decisión, para establecer actividades de mantenimiento que reduzcan los efectos de las fallas basándose en las consecuencias que estas podrían causar de no llevarse a cabo tareas preventivas, obteniendo como resultado un incremento de la disponibilidad del 25%.

V. CONCLUSIONES

Luego de haber elaborado la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego, y haber ejecutado el plan de mantenimiento basado en esta metodología, se logró mejorar notablemente la disponibilidad de los equipos del sistema de riego.

Se determinó la disponibilidad actual de los equipos del sistema de riego mediante el registro histórico de fallas, donde se encontraron los siguientes valores: Electrobombas Salsom MultiV 79.24%, seguido de Bomba Turbina Vertical con un 83.50% y Tableros eléctricos con 84.40%, sin embargo la Batería de filtrado Apollo Angle y Válvulas hidráulicas reductoras presentaron un 92.15% y 97.34% respectivamente; lo que indica que los tres primeros equipos presentan niveles bajos de disponibilidad. Así mismo se obtuvieron valores de tiempos promedios entre fallas de los equipos obteniendo un valor promedio de 89.75 horas y 7.97 horas de tiempo promedio de reparación.

Se determinó la prioridad de riesgo a través del desarrollo del análisis modal de efectos y fallas (AMEF), donde se encontraron 33 modos de fallas, de los cuales 17 fueron “inaceptables” representando el 52% del total, 3 fallas de “reducción deseable” y representa el 9% y 13 fallas “aceptables” y representan el 39%. De los 17 modos de fallas “inaceptables”, 7 se pertenecen al Tablero Eléctrico, y la diferencia se encuentra repartida entre los demás equipos. De los 3 modos de fallas de “reducción deseable” la Batería de filtrado Apollo no presenta valores y la diferencia se encuentra en los tres equipos restantes; de los 13 modos de fallas del nivel “aceptable” 7 pertenecen a la Bomba Turbina Vertical de 50 HP y el resto repartidos entre los demás equipos.

Se mejoró la disponibilidad de los equipos del sistema de riego mediante la aplicación del plan de mantenimiento basado en el MCC, donde se registraron tareas de mantenimiento, intervalos de tiempo y el personal responsable. De esta manera se lograron los nuevos valores de disponibilidad, logrando una mejora considerable; las Electrobomba Salsom Multi V logró obtener un incremento de 19.69%, la Batería de filtrado Apollo Angle 4.89%, la Bomba Turbina Vertical un 15.94%, y los Tableros eléctricos 50 HP con un valor de 14.84%. Así mismo el tiempo promedios entre fallas logro una mejora de 263.05 horas de buen funcionamiento y el tiempo de reparación promedio de 6.97 horas.

VI. RECOMENDACIONES

Continuar midiendo los niveles de disponibilidad de los equipos, para establecer indicadores de mantenimiento KPI en periodos establecidos a fin de medir y controlar la efectividad de la gestión, esto a través de los registros de fallas y eventualidades de la empresa.

Continuar registrando en la hoja de información del MCC, eventos importantes de los modos de fallas potenciales que puedan presentarse, así mismo elaborar registros de mantenimiento, documentos que permitan monitorear y llevar un mejor control de los equipos, para evidenciar el cumplimiento de las tareas de mantenimiento establecidas en el plan.

Capacitar frecuentemente al personal técnico y operario, para aumentar sus capacidades en el mantenimiento y manejo de equipos, así mismo buscar temas innovadores en tecnologías de mantenimiento industrial, buscar estrategias para el desarrollo de las tareas, teniendo como base las recomendaciones del fabricante y seguridad personal, es importante concientizar al personal para generar responsabilidad y compromiso sobre la importancia del mantenimiento.

Supervisar que se dé cumplimiento al plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, a los diferentes modos de fallas encontrados a los equipos del sistema de riego analizados en el desarrollo del AMEF, para garantizar la efectividad de la gestión, así mismo establecer auditorías internas para revisar el comportamiento de las medidas implantadas en la gestión, localizar debilidades y realizar la mejora continua.

REFERENCIAS

AGUIRRE Moreno, Michael, E., 2017. Diseño de un Plan de mantenimiento centrado en La Confiabilidad (MCC) Al compresor estacionario de tornillo de una etapa de la empresa metalmecánica Fameca SAC. Universidad Nacional de Trujillo [en línea], [Consulta: 20 septiembre 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9494>

ALTAMIRANO Requejo, y ZAVALETA Ibañez, M.S., 2016. Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la Empresa Naylamp – Chiclayo 2016. Repositorio Institucional - USS [en línea], [Consulta: 11 junio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/xmlui/handle/uss/4123>.

ARMAS Santillán, Paul, 2017. Programa de mantenimiento centrado en confiabilidad para bombas centrifugas horizontales warman 450 mcr en Minera Cerro Corona. Universidad Nacional de Trujillo [en línea], [Consulta: 13 junio 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9291>.

ARROYO Bazán, Alexander, 2018. Proyecto de mejora del mantenimiento productivo total (TPM) para reducir los costos de mantenimiento en la empresa Setrami SAC. - Trujillo. Universidad Privada del Norte [en línea], [Consulta: 28 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12758>.

BONO Cabré, Roser, 2012. Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. [en línea], [Consulta: 2 noviembre 2019]. Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/30783>.

CABELLO Asunción, 2018. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM). Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea], [Consulta: 29 octubre 2018]. Disponible en: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/210800>.

CÁCERES Marchena, Reynaldo y LEÓN Yataco, Alex, 2017. Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo caterpillar 793f de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional. Universidad Nacional de Santa [en línea], [Consulta: 12 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2803>.

CANO Quiliche, Antonio, 2018. Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos en el área de preparación y molienda de la empresa Casa Grande S.A.A. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/26382>.

CORNEJO Villanueva, Jose, 2017. Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del sub sistema de distribución eléctrico 22.9/13.2 kv de San Gabán – Ollachea. Universidad Nacional del Altiplano [en línea], [Consulta: 11 junio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6688>.

CRUZ, Ivan, 2018. Diseño de Tableros Eléctricos de Sincronismo y Protección Para 3 Grupos Electrógénos de 261 KVA,480/277 Vac, 3F+N+T, 60Hz a Implantar en el lote petrolero 121, región de Huánuco, Perú. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur [en línea], [Consulta: 28 octubre 2018]. Disponible en: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/234507>.

CRUZADO Idrogo, Francisco, 2016. Estudio de un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los motores asíncronos trifásicos de la empresa Cogorno S.A Trujillo. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/9617>.

DA COSTA Burga, Martin, 2011. Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción. Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea], [Consulta: 17 septiembre 2019]. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/567>.

ESPARZA Cesar, David, 2015. Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de STC metro de la Ciudad de México. [en línea], [Consulta: 10 junio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.upiicsa.ipn.mx/handle/20.500.12271/864>.

ESPINOZA Altamirano, Alejandro, 2017. Auditoría De Mantenimiento Como Herramienta De Gestión Para La Implementación De Un Programa De Mantenimiento Preventivo En La Empresa Geos Ingenieros S.R.L. Universidad Nacional de Trujillo [en línea], [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9486>.

FARINANGO Llamba, Santiago, 2014. Elaboración del Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) de la Central Hidráulica Illuchi N° 2. [en línea], [Consulta: 15 noviembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/8442>.

GALDOS Diestra, Marco, 2017. Incremento De La Operatividad De Las Maquinas De La Empresa Metal Work Industrias SAC Mediante Un Plan De Gestión De Mantenimiento Preventivo. Universidad Nacional de Trujillo [en línea], [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9490>.

GARCIA Correa, Henry y YARLEQUE Olaya, Victor, 2018. Diseño de un plan integral de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Inversiones Oberti S.R.L – Piura. Universidad Nacional de Piura / UNP [en línea], [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1704>.

GARCIA Ríos, Antonio, 2017. Diseño del sistema de riego presurizado por goteo, Grupo San José, Distrito Santa María- Huaura-Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina [en línea], [Consulta: 30 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3374>.

INGAROCA Núñez, Manolo, 2016. RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores D8T en la empresa Aruntani Sac – Unidad Tukari. Universidad Nacional del Centro del Perú [en línea], [Consulta: 13 junio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCNP/1574>.

LEYVA Montenegro, Wlber, 2018. Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la empresa Chancadora del Norte S.A.C. Universidad Nacional de Trujillo, [en línea], [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11091>.

LLANCA Pinto, David, 2018. Diseño de riego tecnificado por goteo, grupo Dunas, distrito de Independencia, provincia de Pisco, Ica. Universidad Nacional Agraria La Molina [en línea], [Consulta: 28 octubre 2018]. Disponible en: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/230423>.

MENDOZA Calderon, Martín, 2014. Implementación de la gestión del mantenimiento de las talladoras para disminuir las paradas no programadas en la empresa Topsa productos ópticos S.A. Universidad Privada Antenor Orrego [en línea], [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/1132>.

MORALES Pasache, Gabriel, 2017. Plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones para mejorar la confiabilidad de los equipos rotativos del área de galvanizado en una empresa metalmeccánica, Lima 2017. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 13 junio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/13025>.

MOUBRAY, Jhon, 2001. Reliability-centered maintenance. S.l.: Industrial Press Inc.

OTZEN Manterola, Carlos, 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, vol. 35, no. 1, pp. 227-232. ISSN 0717-9502. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037.

PANAMÁ Farfán, Fernando, 2016. Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento, basado en el TPM (Total Productive Maintenance) y alineado a la norma ISO 22000-2005, para la Industria Cárnica de la Ciudad de Cuenca. [en línea], [Consulta: 28 octubre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5597>.

PARRA, Carlos, 2015. Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de las maquinarias y equipos diversos de la empresa Remap S.A.C.- Lima. Universidad Nacional del Centro del Perú [en línea], [Consulta: 30 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1485>.

RAYMUNDO Torres, Miguel, 2017. Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60”X113” de Minera Chinalco. Universidad Nacional del Centro del Perú [en línea], [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3681>.

RÍOS, Angélica, 2018. Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivo de vid y granada para el fundo Almudena en el distrito de Salas provincia y departamento de Ica. Universidad Nacional Agraria La Molina [en línea], [Consulta: 28 octubre 2018]. Disponible en: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/230418>.

RODRÍGUEZ Calderon, Eduardo, 2016. Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de extracción trapiche de la empresa Casa Grande s.a.a. Universidad Nacional de Trujillo [en línea], [Consulta: 12 octubre 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8566>.

SALDAÑA Salazar, Sharon, 2019. Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C. Universidad César vallejo [en línea], [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/31580>.

SANTILLÁN Castillo, Vinicio, 2017. Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad de las unidades de bombeo horizontal multietapas del Sistema Power Oil de la Estación Atacapi del B57-LI de Petroamazonas. [en línea], [Consulta: 17 septiembre 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6300>.

SOLANO, Gregorio, 2016. Diseño y construcción de un banco de ensayo para el estudio de pérdidas de carga por fricción y singularidad. Universidad Nacional Agraria La Molina [en línea], [Consulta: 28 octubre 2018]. Disponible en: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/195375>.

SOLIS Pérez, Eduardo, 2017. Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de la Empresa Tritón Trading S.A, Villa El Salvador 2017. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 28 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/13316>.

SOLÓRZANO Torres, Eli, 2017. Aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo en el Sistema de Agua Purificada Grado Farmacéutico para la Mejora de Calidad del Agua, Laboratorios Pharmadix CORP. S.A.C. Ate- 2017. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 12 noviembre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/18735>.

SOSA Marchena, Alexander, 2018. “Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (rcm) para aumentar la productividad del área de producción de tableros de la empresa Sertes S.A.C, Lima, 2018”. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 13 junio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/22981>.

TARRILLO Espinoza, Eliazer, 2018. Plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la Empresa Cenfomin Educacion SAC, Cajamarca - 2018. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30040>.

VÁSQUEZ, Eduardo, 2018. Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en metodología TPM (mantenimiento productivo total) de refinadores de cobertura de

chocolate. [en línea]. Thesis. S.l.: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial. [Consulta: 28 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34532>.

VENTURA Leon, Jose, 2017. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. Revista Cubana de Salud Pública, vol. 43, no. 4, pp. 648-649. ISSN 0864-3466, 1561-3127.

ZELADA Comeca, Orlando, 2017. Instalación de un sistema de riego por microaspersión para banano orgánico Fundo El Monte, Distrito Tamarindo-Paita-Piura. Universidad Nacional Agraria La Molina [en línea], [Consulta: 30 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3375>.

ANEXOS

01: Matriz de consistencia

Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas							
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Población muestra	Diseño	Técnica e instrumentos de recolección de datos	Método de análisis de datos
Problema General	Objetivo General	Hipótesis general					
¿De qué manera una gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad, puede mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas?	Elaborar una gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas.		<p>Variable Independiente Mantenimiento centrado en la confiabilidad</p> <p>Indicadores AMEF(Análisis de los modos y efectos de fallos) Número de Prioridad de Riesgo $NPR = S \times O \times D$</p> <p>Variable Dependiente Disponibilidad</p> <p>Indicadores Disponibilidad MTBF (Tiempo promedio entre fallas) MTTR (Tiempo promedio de reparación)</p>	<p>Población 40 equipos del sistema de riego</p>		<p>Técnica - Documental</p>	Diagrama de barras
Problemas específicos	Objetivos específicos	La Elaboración de una gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, mejora la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas			Diseño Cuasi-experimental		
De qué manera se puede determinar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego, mediante el registro histórico de fallas	Determinar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego mediante el registro histórico de fallas		<p>MTBF (Tiempo promedio entre fallas) MTTR (Tiempo promedio de reparación) Disponibilidad</p>	Equipos de riego		<p>Análisis Documental Registro de fallas (datos históricos)</p>	Diagrama de barras
De qué manera se puede determinar la prioridad de riesgo de los equipos del sistema de riego a través del desarrollo del análisis modal de efectos y fallas (AMEF)?	Determinar la prioridad de riesgo de los equipos del sistema de riego, a través del desarrollo del análisis modal de efectos y fallas (AMEF).		<p>AMEF(Análisis de los modos y efectos de fallos) Número de Prioridad de Riesgo $NPR = S * O * D$</p>	Equipos de riego		<p>Análisis documental Registro de fallas (datos históricos) Formato de AMEF Hoja de información del MCC.</p>	Diagrama de barras
De qué manera se puede mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego, mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo basado en el MCC	Mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo basado en el MCC.		<p>MTBF (Tiempo promedio entre fallas) MTTR (Tiempo promedio de reparación) Disponibilidad</p>	Equipos de riego		<p>Análisis documental Registro de fallas (datos históricos)</p>	Diagrama de barras

ANEXO 02: Instrumentos de recolección de datos

1A - Formato - Registro de fallas enero - abril

N°	RUBRO	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs)	N° DE PARADAS POR AVERIAS	HORAS POR MITTO CORRECTIVO	HORAS POR MITTO PREVENTIVO	HORAS MANT. TOTAL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	11	104	0	104	37.48	9.45	79.86%
2	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	13	112	0	112	31.71	8.62	78.64%
3	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
4	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	11	104	0	104	37.48	9.45	79.86%
5	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
6	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	13	112	0	112	31.71	8.62	78.64%
7	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
8	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
9	Batería de filtrado Apollo Angle	780.6	10	80	0	80	78.06	8.00	90.70%
10	Batería de filtrado Apollo Angle	785.1	8	64	0	64	98.13	8.00	92.46%
11	Batería de filtrado Apollo Angle	869.5	9	72	0	72	96.61	8.00	92.35%
12	Batería de filtrado Apollo Angle	863.1	8	64	0	64	107.89	8.00	93.10%
13	Bomba Turbina Vertical	780.6	21	172	0	172	37.17	8.19	81.94%
14	Bomba Turbina Vertical	785.1	16	142	0	142	49.07	8.88	84.68%
15	Bomba Turbina Vertical	869.5	18	158	0	158	48.30	8.78	84.62%
16	Bomba Turbina Vertical	863.1	19	180	0	180	45.43	9.47	82.74%
17	Tableros eléctricos 50 HP	780.6	21	168	0	168	37.17	8.00	82.29%
18	Tableros eléctricos 50 HP	785.1	18	144	0	144	43.61	8.00	84.50%
19	Tableros eléctricos 50 HP	869.5	19	152	0	152	45.76	8.00	85.12%
20	Tableros eléctricos 50 HP	863.1	18	144	0	144	47.95	8.00	85.70%
21	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	4	24	0	24	195.16	6.00	97.02%
22	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	5	30	0	30	156.13	6.00	96.30%
23	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	4	24	0	24	195.16	6.00	97.02%
24	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	3	18	0	18	260.21	6.00	97.75%
25	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	5	30	0	30	156.13	6.00	96.30%
26	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	4	24	0	24	196.26	6.00	97.03%
27	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	3	18	0	18	261.68	6.00	97.76%
28	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	4	24	0	24	196.26	6.00	97.03%
29	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	2	12	0	12	392.53	6.00	98.49%
30	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	3	18	0	18	261.68	6.00	97.76%
31	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	4	24	0	24	217.36	6.00	97.31%
32	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	5	30	0	30	173.89	6.00	96.66%
33	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	4	24	0	24	217.36	6.00	97.31%
34	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	3	18	0	18	289.82	6.00	97.97%
35	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	4	24	0	24	217.36	6.00	97.31%
36	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	3	18	0	18	287.69	6.00	97.96%
37	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	3	18	0	18	287.69	6.00	97.96%
38	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	4	24	0	24	215.77	6.00	97.29%
39	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	4	24	0	24	215.77	6.00	97.29%
40	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	4	24	0	24	215.77	6.00	97.29%

Formato - Registro de fallas julio - octubre

N°	RUBRO	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs)	N° DE PARADAS POR AVERIAS	HORAS POR MITTO CORRECTIVO	HORAS POR MITTO PREVENTIVO	HORAS MANT. TOTAL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	11	104	0	104	37.48	9.45	79.86%
2	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	13	112	0	112	31.71	8.62	78.64%
3	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
4	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	11	104	0	104	37.48	9.45	79.86%
5	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
6	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	13	112	0	112	31.71	8.62	78.64%
7	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
8	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
9	Batería de filtrado Apollo Angle	780.6	10	80	0	80	78.06	8.00	90.70%
10	Batería de filtrado Apollo Angle	785.1	8	64	0	64	98.13	8.00	92.46%
11	Batería de filtrado Apollo Angle	869.5	9	72	0	72	96.61	8.00	92.35%
12	Batería de filtrado Apollo Angle	863.1	8	64	0	64	107.89	8.00	93.10%
13	Bomba Turbina Vertical	780.6	21	172	0	172	37.17	8.19	81.94%
14	Bomba Turbina Vertical	785.1	16	142	0	142	49.07	8.88	84.68%
15	Bomba Turbina Vertical	869.5	18	158	0	158	48.30	8.78	84.62%
16	Bomba Turbina Vertical	863.1	19	180	0	180	45.43	9.47	82.74%
17	Tableros eléctricos 50 HP	780.6	21	168	0	168	37.17	8.00	82.29%
18	Tableros eléctricos 50 HP	785.1	18	144	0	144	43.61	8.00	84.50%
19	Tableros eléctricos 50 HP	869.5	19	152	0	152	45.76	8.00	85.12%
20	Tableros eléctricos 50 HP	863.1	18	144	0	144	47.95	8.00	85.70%
21	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	4	24	0	24	195.16	6.00	97.02%
22	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	5	30	0	30	156.13	6.00	96.30%
23	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	4	24	0	24	195.16	6.00	97.02%
24	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	3	18	0	18	260.21	6.00	97.75%
25	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	5	30	0	30	156.13	6.00	96.30%
26	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	4	24	0	24	196.26	6.00	97.03%
27	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	3	18	0	18	261.68	6.00	97.76%
28	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	4	24	0	24	196.26	6.00	97.03%
29	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	2	12	0	12	392.53	6.00	98.49%
30	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	3	18	0	18	261.68	6.00	97.76%
31	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	4	24	0	24	217.36	6.00	97.31%
32	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	5	30	0	30	173.89	6.00	96.66%
33	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	4	24	0	24	217.36	6.00	97.31%
34	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	3	18	0	18	289.82	6.00	97.97%
35	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	4	24	0	24	217.36	6.00	97.31%
36	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	3	18	0	18	287.69	6.00	97.96%
37	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	3	18	0	18	287.69	6.00	97.96%
38	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	4	24	0	24	215.77	6.00	97.29%
39	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	4	24	0	24	215.77	6.00	97.29%
40	Válvulas hidráulicas reductoras	863.1	4	24	0	24	215.77	6.00	97.29%

1B - Hoja de información del AMEF

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA								
Nombre del equipo: Bomba Turbina Vertical de 50 HP				Equipo de diseño:		N° AMEF		
Sistema: Mecánico eléctrico				Area de riego		1 de 4		
COMPONENTE	FUNCIÓN (F)	FALLA FUNCIONAL (FF)	MODO DE FALLA (FM)	EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce la falla)	G	O	D	NPR
Bomba	1 Producir un caudal de 51 lps a una presión de 59mca	A Bajo caudal y presión	1 Desgaste de impulsor	Presión y caudal insuficientes	10	5	4	200.0
			2 Desgaste y picadura en el tazón	Fuga de agua por las grietas, pérdida de eficiencia de la bomba	10	5	4	200.0
			3 Material extraño atascado en el impulsor	Vibración del equipo, elevación de potencia	10	6	5	300.0
		B Alta vibración	1 Desgaste de cojinetes, bocinas y ejes	Vibración del equipo, pérdida de eficiencia	8	5	3	120.0
			2 Estabilizadores rotos	Vibración del equipo, conlleva a rotura de eje	8	5	3	120.0
			3 Desgaste de empaquetaduras prensaestopas	Fuga excesiva de agua en la caja prensaestopas	3	8	1	24.0
		C Ruido anormal	1 Cavitación	El tablero eléctrico lo detiene por elevación de potencia	8	6	2	96.0
			2 Impulsores rosando con tazones	Posible rotura de impulsores, parada de equipo de inmediato	10	1	1	10.0
			3 Materiales extraños en la bomba	Posibles daños en los impulsores	10	6	5	300.0
Motor	2 Hacer girar a la bomba a través del sistema de transmisión a 1800 revoluciones por minuto	A No transmite movimiento a la bomba	1 Bobinas cortocircuitadas	Pérdida de respuesta del motor, inoperativo	10	3	5	150.0
		B Sobre calentamiento	1 Exceso de carga en el eje de transmisión	Motor deja de operar por alarma en el tablero eléctrico	8	2	2	32.0
		C Exceso de ruido en su funcionamiento	1 Falta de lubricación	Sobre calentamiento, posible problemas en los rodamientos	7	8	2	112.0

1C - Hoja de decisión del MCC

HOJA DE DECISIÓN DEL MCC															
Nombre del equipo:			Bomba Turbina Vertical de 50 HP							Facilitador :			Fecha	Hoja N°	
Sistema:			Mecánico eléctrico							Roberto Carlos Matorel Maza				1 de 4	
Referencia de información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Frecuencia	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificar los parametros de funcionamiento a traves de la presión y caudal en el manometro y caudalimetro.	Semanal	Operario
1	A	2	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificar los parametros de funcionamiento a traves de la presión y caudal en el manometro y caudalimetro.	Semanal	Operario
1	A	3	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar oportunamente la fijacion de la canastilla del cuerpo de bomba	Mensual	Operario
1	B	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Mantenimiento preventivo de columna y cuerpo de bomba	Anual	Tercero
1	B	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Mantenimiento preventivo de columna y cuerpo de bomba	Anual	Tercero
1	B	3	S	N	N	N	N	N	S	-	-	-	Realizar el cambio de la empaquetadura prensaestopa	Mensual	Operario
1	C	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificar si el nivel de agua del reservorio es el apropiado para operar la bomba	Diario	Operario
1	C	2	S	N	N	S	N	N	N	S	-	-	Revisar la que la regulación de la luz de los impulsores sea la establecida según el modelo de bomba y punto de operación	Anual	Operario
1	C	3	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar oportunamente la fijacion de la canastilla del cuerpo de bomba	Mensual	Operario
2	A	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Revisar que los parametros de corriente establecidos para el funcionamiento del equipo sean los correctos.	Mensual	Electricista
2	B	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Anual	Operario
2	C	1	S	N	N	N	N	S	-	-	-	-	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Anual	Operario

ANEXO 03: Validación de instrumentos



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo VICTOR GERARDO RUIDIAS ALAMO con DNI N° 02606042 Magister en EDUCACION
 N° ANR: de profesión INGENIERO INDUSTRIAL desempeñándome actualmente como DOCENTE UNIVERSITARIO en PROGRAMA DE FORMACION PARA ADULTOS (PEA) U.C.V.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Registro de fallas para los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Registro de fallas para los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 23 días del mes de noviembre del Dos mil Diecinueve.

Mgtr. : VICTOR GERARDO RUIDIAS ALAMO
 DNI : 02606042
 Especialidad : INGENIERO INDUSTRIAL
 E-mail : gor.ruidias@hotmail.com

VICTOR GERARDO RUIDIAS ALAMO
 Ingeniero Industrial
 Registro CN N° 95268

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Oliver Cuzco Costaneda con DNI N° 02845346 Magister en Informática
 N° ANR: _____ de profesión Ing. Industrial
 desempeñándome actualmente como Doc. Prog. Promoción de Maestría
 en Universidad César Vallejo

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Registro de fallas para los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Registro de fallas para los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad			/		
3. Actualidad			/		
4. Organización			/		
5. Suficiencia			/		
6. Intencionalidad			/		
7. Consistencia			/		
8. Coherencia			/		
9. Metodología			/		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 23 días del mes de noviembre del Dos mil Diecinueve.

Mgtr. :
 DNI :
 Especialidad :
 E-mail :

Ing. Oliver Cuzco Costaneda
02845346
Ing. Industrial
ocuzco@hojainit.com


Ing. Oliver Cuzco Costaneda
CIP-56206

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Severin Fahstunder Cespedes con DNI N° 02644838 Magister en Ing. Ambiental y Sustentabilidad Industrial N° ANR: 32557 de profesión Ing. Industrial desempeñandome actualmente como Docente en la U.C.V. en Programa de Formación para Adultos (PFA)

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Registro de fallas para los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Registro de fallas para los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización			X		
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia				X	
8. Coherencia			X		
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 23 días del mes de noviembre del Dos mil Diecinueve.

Mgr. : Severin Augusto Fahstunder Cespedes
 DNI : 02644838
 Especialidad : Ing. Industrial
 E-mail : slabstun@hotmail.com


 Ing. Severin Fahstunder Cespedes
 CIP N° 32558

ANEXO 04: Cálculos estadísticos

Prueba de normalidad

Para el análisis estadístico se realizó una prueba de normalidad.

Prueba 01.

H0: Los datos no presentan un comportamiento normal

H1: Los datos presentan un comportamiento normal.

Criterio para determinar normalidad:

Si cuando significa (P) Cumple

$P < 0,05$ se aprueba H0

$P \geq 0,05$ se aprueba H1

Tabla 01: Análisis estadístico - prueba de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,289	5	,198	,884	5	,327

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS VS 22

Como tenemos 5 datos recurrimos a la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, el cual se usan para datos menores a 50, dando un valor $p = 0.327$ donde indica que presentan un comportamiento normal, por lo cual se aprueba H1, por lo tanto, se debe utilizar una prueba paramétrica, Tstudent.

En vista que los datos son normales, se empleará la prueba t-student, para ello se ingresarán al Software SPSS, la disponibilidad de antes y después de la aplicación de la gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad. Para ello se definen de hipótesis, lo siguiente.

H1: La gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad, mejora la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A - Chulucanas

H0: La gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad no mejora la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A – Chulucanas.

$p < 0.05$ se aprueba H1

$p \geq 0.05$ se aprueba H0

Tabla 02: Prueba estadística T- Student

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	antes - después	-,09480	,06174	,02761	-,17146	-,01814	-3,433	4	,026

Fuente: Software SPSS VS 22

Como el valor p de la prueba de T student da 0.026 se aprueba la hipótesis H1, que dice que La gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad, mejora la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A – Chulucanas.

ANEXO 05: Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas

Elaborado por:	Carlos Martin Pulache Vílchez	N° Páginas: 44	Fecha: Diciembre 2019
Revisado:	Marcela Briceño Rosas Sub Gerente - Piura		
Aprobado:	Marcela Briceño rosas Sub Gerente - Piura		

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01 Edición: 1 Fecha: 03/12/2019
---	---	---

INDICE

1. La empresa.....	3
2. Problemática	4
3. Desarrollo de la gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad	4
4. Fase inicial: Conformación del equipo natural de trabajo.....	5
5. Determinar la disponibilidad actual.....	6
6. Análisis de modos de fallas y efectos (AMEF)	9
6.1 Definición del contexto operacional	10
6.2 Desarrollo del Análisis Funcional, identificación de modos de fallas, y efectos de fallas (AMEF)	13
7. Número de prioridad de riesgo NPR	19
8. Hoja de Decisión del MCC	26
9. Plan de mantenimiento basado en el MCC.....	33
10. Evaluación de los nuevos indicadores de mantenimiento después de la aplicación del MCC	38
11. Evaluación económica.....	42

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01 Edición: 1 Fecha: 03/12/2019
---	---	---

1. La empresa

COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA S.A, empresa de capitales 100% peruanos, con fundos y plantas ubicados en los departamentos de Piura, Lambayeque e Ica. La empresa se dedica a la actividad agroindustrial a través del cultivo, empaque y exportación de productos como espárrago, uva, palta, tangelo, mandarina y arándano. Los fundos y plantas se ubican en los departamentos de Piura, Lambayeque e Ica. Inicia sus actividades en el año 1994 brindando productos de calidad.

Sus productos son destinados a mercados como Estados Unidos, Hong Kong, China, España, Reino Unido, Países Bajos, Tailandia, Vietnam, Japón, entre otros, siendo la diversificación una de sus estrategias más importantes.

Misión

Exportar productos diversificados con alta calidad, lo que nos exige ser institucionalizados y rentables, generando confianza en nuestros clientes, bienestar en nuestros colaboradores y contribuyendo al desarrollo sostenible de las comunidades.

Visión

Ser reconocidos por tener los mejores productos en cada uno de nuestros mercados internacionales, obteniendo rentabilidad a largo plazo, siendo una Agroindustria con alto nivel de conocimiento, gestión y productividad, a través de personas comprometidas con Beta y la Sociedad.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01 Edición: 1 Fecha: 03/12/2019
---	---	---

2. Problemática

Complejo Agroindustrial Beta desarrolla sus actividades en el distrito de Chulucanas, la cual cuenta con 6 fundos: La Encantada, Huápalas, El Milagro, Belén, Cruz Verde y La Recría. El proyecto a realizar es en el Fundo La Recría, que se ubica, en el km 59 de la carretera Piura – Chulucanas a 2 kilómetros de la ciudad. Este fundo tiene 160 hectáreas de cultivo vid de variedad Crimson, cuenta con un sistema de riego tecnificado por goteo, el cual está compuesto por 5 principales modelos de equipos:

Bomba Turbina Vertical
Batería de filtrado Apollo Angle
Electrobomba Salsom Multi V
Tableros eléctricos 50 HP
Válvulas hidráulicas reductoras

Estos equipos forman parte de la operación del sistema de riego, y al no contar con un plan o programa de mantenimiento, no se realiza un ciclo de trabajo continuo en el mantenimiento preventivo; el personal solo evalúa y actúa cuando el equipo presenta fallas en su funcionamiento, procediendo a parar el proceso de riego, ocasionando retrasos en la ejecución de las programaciones de irrigación y por ende la baja disponibilidad equipo.

Por lo tanto es necesario plantear un modelo de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego, a fin de garantizar su óptimo funcionamiento.

3. Desarrollo de la gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad

Para el desarrollo y aplicación de la gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad se realizó en diferentes fases de acuerdo al esquema propuesto para implantar la Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad la Figura 01.

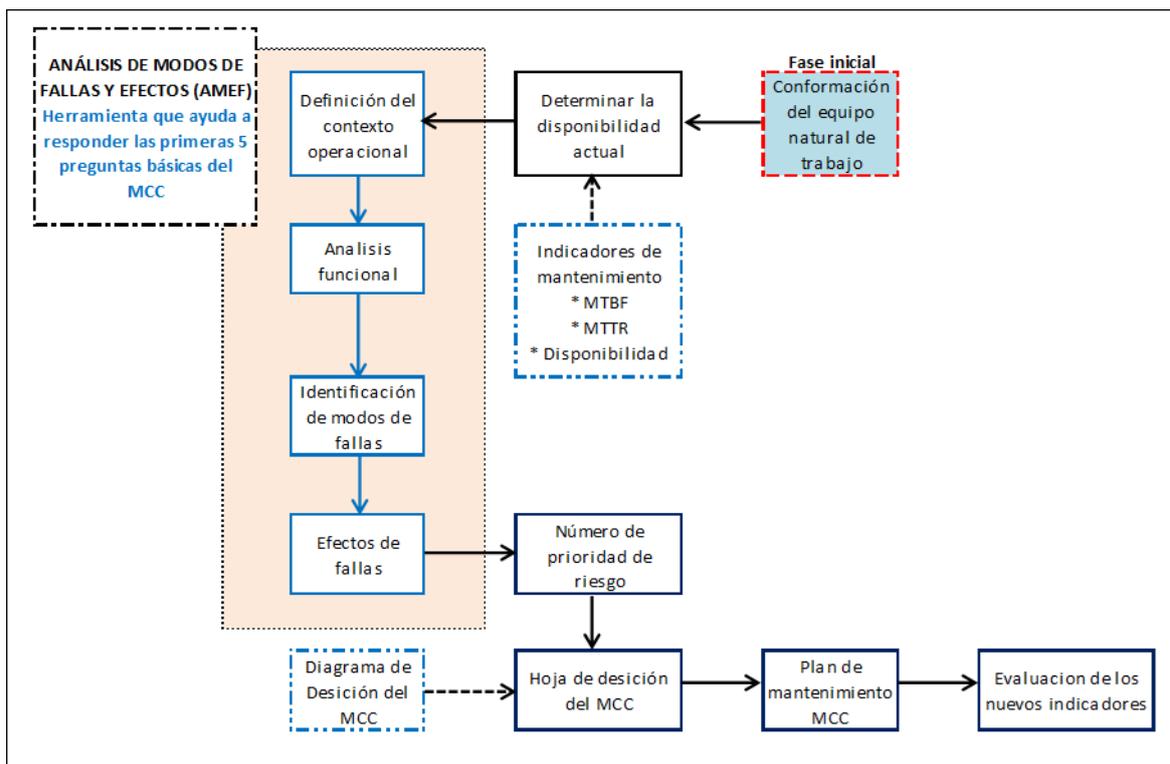


Figura 1: Proceso de implantación del MMC

Fuente: Flujograma de Implementación de RCM

4. Fase inicial: Conformación del equipo natural de trabajo

Se formó el equipo natural de trabajo, para que se involucre, participe y se responsabilice en las diferentes actividades, dentro de la gestión. Este equipo es formado por personal que labora en el área del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A, mostrado a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1: Formación del equipo de trabajo

ÍTEM	NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	FUNCIÓN
1	Roberto Carlos Matorel Maza	Supervisor	Facilitador
2	Carlos Cornejo Cruz	Electricista	Miembro
3	Luis Valencia Cherrez	Mantenimiento	Miembro
4	Elmer Flore Marrias	Mantenimiento	Miembro

Fuente: Elaboración propia

5. Determinar la disponibilidad actual.

Se realizó el análisis documental, acudiendo al registro histórico de la empresa, en donde se obtuvo una primera tabla de horas de trabajo de los equipos de los meses de enero a abril de 2019, para luego a partir de este realizar un resumen.

 REGISTRO HORAS TOTALES DE TRABAJO											
CULTIVO:		VID									
FUNDO:		La Recría									
PISCINA		04									
FECHA	MES	SEM	N° de Bomba	Q lps	RPM	Hz	Inicio	Fin	TOTAL	NUM.	Nombre del Operario
jue-03-Ene-19	Enero-19	01	B-01	42	1720	43.3	8:40:00 a. m.	12:50:00 p. m.	4:10:00	4.17 h.	MARCELO PRADO
jue-03-Ene-19	Enero-19	01	B-01	42	1720	43.3	12:51:00 p. m.	5:02:00 p. m.	4:11:00	4.18 h.	MARCELO PRADO
sáb-05-Ene-19	Enero-19	01	B-01	37	1720	43.3	6:40:00 a. m.	10:51:00 a. m.	4:11:00	4.18 h.	Edwin Torres Nima
sáb-05-Ene-19	Enero-19	01	B-01	38	1720	43.3	10:52:00 a. m.	3:02:00 p. m.	4:10:00	4.17 h.	Edwin Torres Nima
mar-08-Ene-19	Enero-19	02	B-01	38	1720	43.3	6:30:00 a. m.	10:42:00 a. m.	4:12:00	4.20 h.	MARCELO PRADO
mar-08-Ene-19	Enero-19	02	B-01	38	1720	43.3	10:43:00 a. m.	2:55:00 p. m.	4:12:00	4.20 h.	MARCELO PRADO
jue-10-Ene-19	Enero-19	02	B-01	38	1680	43.3	6:50:00 a. m.	11:02:00 a. m.	4:12:00	4.20 h.	MARCELO PRADO
jue-10-Ene-19	Enero-19	02	B-01	38	1720	43.3	11:03:00 a. m.	3:14:00 p. m.	4:11:00	4.18 h.	MARCELO PRADO
vie-11-Ene-19	Enero-19	02	B-01	38	1720	43.3	6:30:00 a. m.	10:41:00 a. m.	4:11:00	4.18 h.	MARCELO PRADO
vie-11-Ene-19	Enero-19	02	B-01	38	1720	43.3	10:42:00 a. m.	1:36:00 p. m.	2:54:00	2.90 h.	MARCELO PRADO
sáb-12-Ene-19	Enero-19	02	B-01	38	1720	43.3	12:00:00 a. m.	4:11:00 a. m.	4:11:00	4.18 h.	MARCELO PRADO
sáb-12-Ene-19	Enero-19	02	B-01	38	1720	43.3	4:12:00 a. m.	8:23:00 a. m.	4:11:00	4.18 h.	MARCELO PRADO
mar-15-Ene-19	Enero-19	03	B-01	36	1720	43.3	7:15:00 a. m.	9:52:00 a. m.	2:37:00	2.62 h.	Edwin Torres Nima
mar-15-Ene-19	Enero-19	03	B-01	37	1720	43.3	9:53:00 a. m.	12:30:00 p. m.	2:37:00	2.62 h.	Edwin Torres Nima
mié-16-Ene-19	Enero-19	03	B-01	38	1720	43.3	12:00:00 p. m.	1:01:00 p. m.	1:01:00	1.02 h.	Edwin Torres Nima
mié-16-Ene-19	Enero-19	03	B-01	36	1720	43.3	1:02:00 p. m.	2:04:00 p. m.	1:02:00	1.03 h.	Edwin Torres Nima
vie-18-Ene-19	Enero-19	03	B-01	38	1720	43.3	7:00:00 a. m.	10:37:00 a. m.	3:37:00	3.62 h.	Edwin Torres Nima
vie-18-Ene-19	Enero-19	03	B-01	36	1720	43.3	10:38:00 a. m.	2:16:00 p. m.	3:38:00	3.63 h.	Edwin Torres Nima
vie-18-Ene-19	Enero-19	03	B-01	38	1720	43.3	2:17:00 p. m.	5:54:00 p. m.	3:37:00	3.62 h.	MARCELO PRADO
vie-18-Ene-19	Enero-19	03	B-01	36	1720	43.3	5:55:00 p. m.	9:33:00 p. m.	3:38:00	3.63 h.	MARCELO PRADO
sáb-19-Ene-19	Enero-19	03	B-01	38	1720	43.3	6:45:00 a. m.	10:22:00 a. m.	3:37:00	3.62 h.	Edwin Torres Nima
sáb-19-Ene-19	Enero-19	03	B-01	36	1720	43.3	10:23:00 a. m.	2:01:00 p. m.	3:38:00	3.63 h.	Edwin Torres Nima
mar-22-Ene-19	Enero-19	04	B-01	38	1720	43.3	7:00:00 a. m.	10:38:00 a. m.	3:38:00	3.63 h.	MARCELO PRADO
mar-22-Ene-19	Enero-19	04	B-01	36	1720	43.3	10:39:00 a. m.	2:16:00 p. m.	3:37:00	3.62 h.	MARCELO PRADO

Figura 2: Registro horas totales de trabajo enero a abril de 2019

Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A – Area de riego

Se realizó una clasificación de los equipos por rubro o modelo de equipos, con sus respectivas columnas de los indicadores propuestos: MTBF, MTTR y Disponibilidad en donde se realizaron los cálculos respectivos usando como herramienta la hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010. Para obtener la disponibilidad primero se calculó el MTBF y MTTR de acuerdo a la siguiente formulas:

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Número total de fallas}}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{Número total de paradas}}$$

Luego se obtuvo la disponibilidad de cada equipo a través de su indicador. Datos mostrados en la Tabla 2.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Tabla 2: Registro de fallas y cálculo de indicadores de mantenimiento febrero - mayo 2019

N°	RUBRO	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs)	N° DE PARADAS POR AVERIAS	HORAS POR MTTTO CORRECTIVO	HORAS POR MTTTO PREVENTIVO	HORAS MANT. TOTAL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	11	104	0	104	37.48	9.45	79.86%
2	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	13	112	0	112	31.71	8.62	78.64%
3	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
4	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	11	104	0	104	37.48	9.45	79.86%
5	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
6	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	13	112	0	112	31.71	8.62	78.64%
7	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
8	Electrobomba Salsom Multi V	412.3	12	108	0	108	34.36	9.00	79.24%
9	Batería de filtrado Apollo Angle	780.6	10	80	0	80	78.06	8.00	90.70%
10	Batería de filtrado Apollo Angle	785.1	8	64	0	64	98.13	8.00	92.46%
11	Batería de filtrado Apollo Angle	869.5	9	72	0	72	96.61	8.00	92.35%
12	Batería de filtrado Apollo Angle	863.1	8	64	0	64	107.89	8.00	93.10%
13	Bomba Turbina Vertical	780.6	21	172	0	172	37.17	8.19	81.94%
14	Bomba Turbina Vertical	785.1	16	142	0	142	49.07	8.88	84.68%
15	Bomba Turbina Vertical	869.5	18	158	0	158	48.30	8.78	84.62%
16	Bomba Turbina Vertical	863.1	19	180	0	180	45.43	9.47	82.74%
17	Tableros eléctricos 50 HP	780.6	21	168	0	168	37.17	8.00	82.29%
18	Tableros eléctricos 50 HP	785.1	18	144	0	144	43.61	8.00	84.50%
19	Tableros eléctricos 50 HP	869.5	19	152	0	152	45.76	8.00	85.12%
20	Tableros eléctricos 50 HP	863.1	18	144	0	144	47.95	8.00	85.70%
21	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	4	24	0	24	195.16	6.00	97.02%
22	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	5	30	0	30	156.13	6.00	96.30%
23	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	4	24	0	24	195.16	6.00	97.02%
24	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	3	18	0	18	260.21	6.00	97.75%
25	Válvulas hidráulicas reductoras	780.6	5	30	0	30	156.13	6.00	96.30%
26	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	4	24	0	24	196.26	6.00	97.03%
27	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	3	18	0	18	261.68	6.00	97.76%
28	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	4	24	0	24	196.26	6.00	97.03%
29	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	2	12	0	12	392.53	6.00	98.49%
30	Válvulas hidráulicas reductoras	785.1	3	18	0	18	261.68	6.00	97.76%
31	Válvulas hidráulicas reductoras	869.5	4	24	0	24	217.36	6.00	97.31%

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se realizó un resumen general de la disponibilidad, MTBF y MTTR promedio de los 4 meses estudiados, estos resultados se muestran a continuación en la tabla N° 03.

Tabla 3: Resumen de resultados de disponibilidad obtenida de febrero - mayo 2019

N°	Modelo de equipo	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	Electrobomba Salsom Multi V	34.48	9.02	79.24%
2	Batería de filtrado Apollo Angle	95.17	8.00	92.15%
3	Bomba Turbina Vertical	44.99	8.83	83.50%
4	Tableros eléctricos 50 HP	43.62	8.00	84.40%
5	Válvulas hidráulicas reductoras	230.48	6.00	97.34%

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la Figura 3, se muestra un diagrama de barras para visualizar los resultados obtenidos.

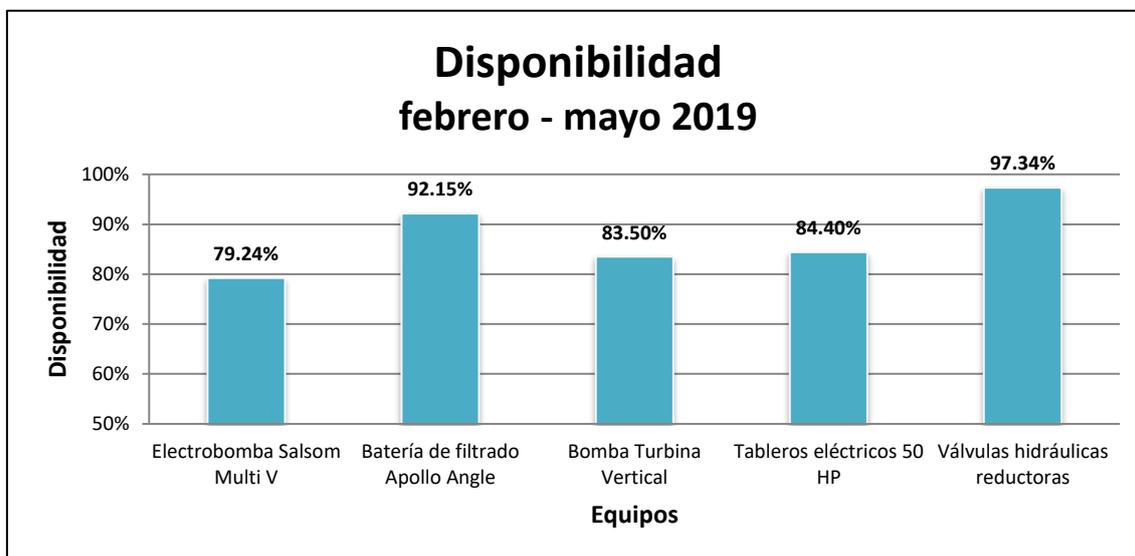


Figura 3: Disponibilidad actual febrero – mayo de 2016

Fuente: Elaboración propia

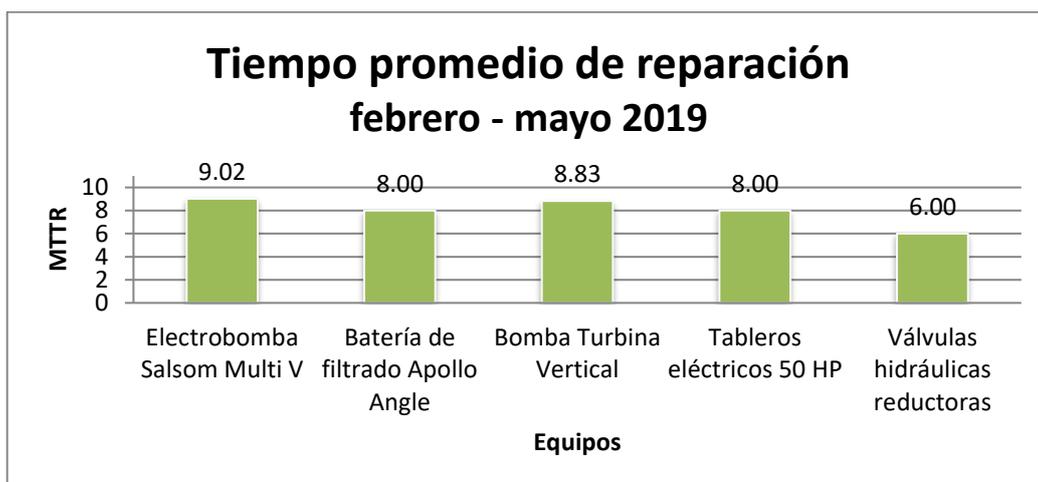


Figura 4: Tiempo promedio de reparación

Fuente: Elaboración propia

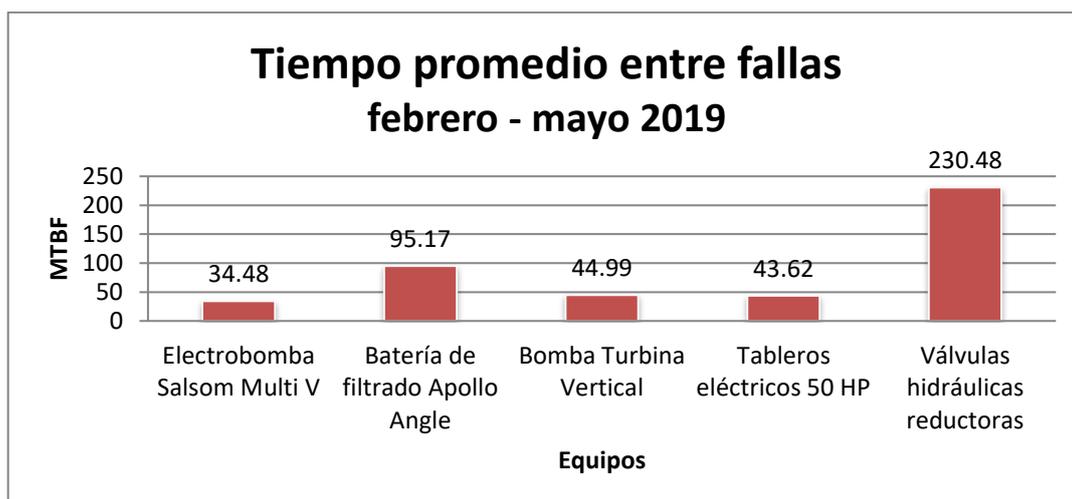


Figura 5: Tiempo promedio entre fallas

Fuente: Elaboración propia

6. Análisis de modos de fallas y efectos (AMEF)

El análisis de modos de fallas y efectos, constituye la herramienta principal del MCC. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. Hay que tener presente que la realización del AMEF, constituye la parte más importante del proceso de implantación del MCC, ya que a partir del análisis realizado por los grupos de trabajo MCC, a los distintos activos en su

contexto operacional, se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias. Cornejo y Jose (2017)

6.1 Definición del contexto operacional

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del MCC), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo, lo que consiste en conocer y entender la filosofía de operación de la planta o proceso, a fin de poder identificar claramente las condiciones bajo las cuales se opera, considerando tanto su diseño como las necesidades del usuario.

Es esta parte del contexto operacional se definirá las funciones de los equipos que conforman el sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta, a continuación se detallan estas funciones principales de cada equipo estudiado.

Electrobomba Salsom Multi V

Este equipo es utilizado para realizar la fertilización, es decir es la encargada de la inyección de los nutrientes en forma de líquido a las plantas. Este equipo tiene un caudal de 6.5m³/hr a una presión de 5 br.



Figura 6: Electrobomba Salsom Multi V
Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A

Batería de filtrado Apollo Angle

Este equipo tiene una función muy importante dentro del sistema de riego es utilizado para realizar la filtración del agua antes de ser enviada a campo a través de las tuberías y mangueras de goteo y evitar la saturación de las tuberías y obstrucción de los goteros de las mangueras por solidos suspendidos que se encuentran en el reservorio, es capaz de realizar una filtración de agua a 120 mesh, con un caudal de 160 m³/h



Figura 7: Batería de filtrado Apollo Angle
Fuente: Complejo Agrodustrial Beta S.A

Bomba Turbina Vertical

Este equipo es el encargado de bombear e impulsar el agua que se encuentra dentro del reservorio y enviarlo al sistema de riego previo paso por la Batería de filtrado antes mencionada, este equipo debe producir un caudal de 51 lps a una presión de 5.9 br. La presión y caudal proporcionado por este equipo debe ser capaz de cubrir los volúmenes de agua requeridos por el cultivo, así mismo la presión debe ser la óptima para lograr impulsar el agua hacia las zonas más alejadas.



Figura 8: Bomba Turbina Vertical 50 HP
Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A

Tableros eléctricos 50 HP.

Este equipo controla la energía proporcionada al motor de la Bomba turbina antes mencionada debe ser capaz de suministrar de energía y controlar la velocidad y torque del motor de 50 HP, en RPM (revoluciones por minuto)



Figura 9: Tablero eléctrico de 50 HP

Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A

Válvulas hidráulicas reductoras.

Estos equipos están distribuidos en todos los sectores del cultivo, y están ubicadas una para cada parrón a fin de recibir el agua que es conducida por tuberías y poder distribuirlos de manera proporcional, estos equipos tienen la capacidad de producir un caudal de 72.5 m³/hr.



Figura 10: Válvulas hidráulicas reductoras

Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A

6.2 Desarrollo del Análisis Funcional, identificación de modos de fallas, y efectos de fallas (AMEF)

El objetivo básico del AMEF, es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles consecuencias o efectos de fallas en función de tres criterios básicos para el MCC: seguridad humana, ambiente y operaciones (producción). Para cumplir con este objetivo se debe realizar el AMEF siguiendo la siguiente secuencia:

- Explicar las funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de ejecución.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

- Definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo.
- Definir los modos de fallas asociados a cada falla funcional.
- Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla.

Hoja de información del AMEF.

Es la hoja o el formato propio de la metodología, donde es registrada la información recopilada en los primeros cuatro pasos del MCC, es decir las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y los efectos de las fallas, el análisis sintetizado en esta hoja se denomina “Análisis de Modos y Efectos de Fallas” (AMEF), ésta se encuentra dividida en cuatro columnas y en la parte superior de la hoja aparece la identificación del elemento, componente, igualmente aparece el número de la hoja. En el cuadro se muestra un ejemplo de una hoja de información. Cornejo y Jose (2017)

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA								
Nombre del equipo:				Equipo de diseño:		N° AMEF		
Sistema:								
COMPONENTE	FUNCIÓN (F)	FALLA FUNCIONAL (FF)	MODO DE FALLA (FM)	EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce la falla)	G	O	D	NPR

Figura 11: Hoja de información del AMEF

Fuente: Moubray (2004)

A continuación se expone los cuadros del desarrollo del AMEF.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 4: Hoja de información del AMEF de la Bomba turbina Vertical de 50 HP

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA								
Nombre del equipo:				Equipo de diseño:	N° AMEF			
Sistema:				Area de riego	1 de 4			
COMPONENTE	FUNCIÓN (F)	FALLA FUNCIONAL (FF)	MODO DE FALLA (FM)	EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce la falla)	G	O	D	NPR
Bomba	1 Producir un caudal de 51 lps a una presión de 59mca	A Bajo caudal y presión	1 Desgaste de impulsor	Presión y caudal insuficientes	10	5	4	200.0
			2 Desgaste y picadura en el tazón	Fuga de agua por las grietas, pérdida de eficiencia de la bomba	10	5	4	200.0
			3 Material extraño atascado en el impulsor	Vibración del equipo, elevación de potencia	10	6	5	300.0
		B Alta vibración	1 Desgaste de cojinetes, bocinas y ejes	Vibración del equipo, pérdida de eficiencia	8	5	3	120.0
			2 Estabilizadores rotos	Vibración del equipo, conlleva a rotura de eje	8	5	3	120.0
			3 Desgaste de empaquetaduras prensaestopas	Fuga excesiva de agua en la caja prensaestopas	3	8	1	24.0
		C Ruido anormal	1 Cavitación	El tablero eléctrico lo detiene por elevación de potencia	8	6	2	96.0
			2 Impulsores rosando con tazones	Posible rotura de impulsores, parada de equipo de inmediato	10	1	1	10.0
			3 Materiales extraños en la bomba	Posibles daños en los impulsores	10	6	5	300.0
Motor	2 Hacer girar a la bomba a través del sistema de transmisión a 1800 revoluciones por minuto	A No transmite movimiento a la bomba	1 Bobinas cortocircuitadas	Pérdida de respuesta del motor, inoperativo	10	3	5	150.0
		B Sobre calentamiento	1 Exceso de carga en el eje de transmisión	Motor deja de operar por alarma en el tablero eléctrico	8	2	2	32.0
		C Exceso de ruido en su funcionamiento	1 Falta de lubricación	Sobre calentamiento, posible problemas en los rodamientos	7	8	2	112.0

Fuente: Elaboración propia

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 5: Hoja de información del AMEF de Electrobomba Salsom Multi V

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA								
Nombre del equipo:				Equipo de diseño:	N° AMEF			
Sistema:				Area de riego	2 de 4			
COMPONENTE	FUNCIÓN (F)	FALLA FUNCIONAL (FF)	MODO DE FALLA (FM)	EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce la falla)	G	O	D	NPR
Bomba	1 Suministrar fertilizante líquido al sistema de riego a un caudal de 6.5 m3/h	A La bomba no suministra el caudal requerido	1 Objetos extraños en el interior de la bomba	Demora en proceso de fertilización, posibles daños a los impulsores de la bomba	8	10	2	160.0
			2 Desgaste de impulsores	Perdida de caudal y presión, demora demasiado en el proceso de fertilización	10	5	5	250.0
		B Fuga de agua por el eje	1 Desgaste de sello mecánico	Posibles problemas en el motor por ingreso de agua o humedad	7	8	2	112.0
Motor	2 Hacer girar a la bomba a través del sistema de transmisión a 3500 revoluciones por minuto	A No transmite movimiento a la bomba	1 Bobinas cortocircuitadas	Pérdida de respuesta del motor, inoperativo	10	7	4	280.0
			B Sobrecalentamiento	1 Exceso de carga en el eje de transmisión	Motor deja de operar por alarma en el tablero eléctrico	10	7	3
		C Exceso de ruido en su funcionamiento	1 Falta de lubricación	Sobrecalentamiento, posible problemas en los rodamientos	7	7	2	98.0

Fuente: Elaboración propia

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 6: Hoja de información del AMEF de Batería de filtrado Apolo Angle

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA								
Nombre del equipo: Batería de filtrado Apolo Angle				Equipo de diseño:		N° AMEF		
Sistema: Hidráulico				Area de riego		3 de 4		
COMPONENTE	FUNCIÓN (F)	FALLA FUNCIONAL (FF)	MODO DE FALLA (FM)	EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce la falla)	G	O	D	NPR
Cabezales	1 Realizar una filtración de agua a 120 mesh, con un caudal de 160 m ³ /h	A Caída de caudal y presión	1 Anillas sucias	Se activa el retrolavado e inicia el ciclo de limpieza automática si no es eficiente persiste, puede ocasionar daños en los diafragmas.	10	8	4	320.0
			2 Diafragma desgastado o roto	Fuga de agua constante por el tubo de descarga del retrolavado, al no ser controlada por el diafragma	10	5	5	250.0
			3 Resorte del diafragma de válvula roto	Fuga de agua constante por el tubo de descarga del retrolavado, al no ser controlada por el diafragma debido a la falta de presión del resorte	10	5	6	300.0
Controlador de retrolavado	2 Sistema electrónico que realiza el retrolavado de las anillas del equipo para evitar la saturación y pérdida de presión y caudal.	A No funciona el retolavado	1 Filtro de comando totalmente sucio	No permite que la presión hidráulica aperture los solenoides, rompiendo el ciclo de retrolavado y las anillas se ensucian rápidamente.	5	10	2	100.0
			2 Desconfiguración del controlador	No permite que el controlador ordene los ciclos de retrolavado, conllevando a parar el ciclo y anillas se ensucian rápidamente.	6	6	3	108.0
			3 Fallas en la tarjeta electrónica	El controlador no responde.	8	3	3	72.0

Fuente: Elaboración propia

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 7: Hoja de información del AMEF de Tableros eléctricos 50 HP

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA								
Nombre del equipo:				Equipo de diseño:	N° AMEF			
Sistema:				Area de riego	4 de 4			
COMPONENTE	FUNCIÓN (F)	FALLA FUNCIONAL (FF)	MODO DE FALLA (FM)	EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce la falla)	G	O	D	NPR
Variador	1 Controla la velocidad y torque del motor de 50 HP, en RPM	A No suministra energia electrica al motor	1 Tarjeta de control electrónica quemada, exceso de polvo	Variador no responde, conlleva a detener el motor y para el proceso.	10	3	8	240.0
			2 Cables del drive electrónicos, mordidos y dañados por roedores	Variador no responde, arroja alarma en el display del equipo.	10	6	7	420.0
			3 Coolers internos no funcionan por exceso de polvo o deterioro	Elevacion de temperatura lo que ocasiona que el variador alerte de la falla y deje de operar por protección.	10	7	3	210.0
		B El variador no controla la velocidad del motor	1 La perilla para subir y bajar revoluciones no responde	No se puede controlar la velocidad, se debe proceder a operar por el programa del variador desde el display.	6	2	3	36.0
Tablero eléctrico	2 Suministra de energia al variador de velocidad.	A No suministra energia	1 Fusibles NH4 quemados	El tablero detiene la operación, hasta el reemplazo de los fusibles.	10	5	5	250.0
			2 Relé termico no funciona	El tablero detiene la operación, hasta el reemplazo de los fusibles.	8	7	5	280.0
			3 Fallas en el interruptor termomagnético o llave térmica.	El tablero detiene la operación, hasta el reemplazo de los fusibles.	8	7	5	280.0
			4 Fallas en los ventiladores, dejan de operar por exceso de polvo o deterioro	Se eleva la temperatura en el tablero ocasionando falla o alarma, conllevando a detener la operarion.	10	7	3	210.0
			5 Cables de alimentacion sulfatados.	Se detiene el proceso, el tablero no responde.	8	3	8	192.0

Fuente: Elaboración propia

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

7. Número de prioridad de riesgo NPR

Dentro del desarrollo del AMEF se determinó el número de prioridad de riesgo NPR, el cual se da por la multiplicación de tres índices de probabilidad, los cuales son: la Gravedad, Ocurrencia y la Detección.

$$\text{NPR} = \text{G} \times \text{O} \times \text{D}$$

Dónde:

Gravedad del fallo (S)

Probabilidad de Ocurrencia (O)

Probabilidad de No Detección (D)

Gravedad

El primer paso para realizar el análisis de riesgo es cuantificar la gravedad de los efectos. Esta gravedad se cuantifica, por ejemplo, con una escala del 1 al 10, siendo el nivel 10 el más severo o grave. Los criterios de evaluación se muestran en la Tabla 4.

Tabla 8: Criterio de evaluación Gravedad

Gravedad	
Descripción	Puntaje
Ínfima , el defecto sería imperceptible por el usuario	1
Escasa , el cliente puede notar una falla menor, pero solo provoca una ligera molestia	2-3
Baja , el cliente nota el fallo y le produce cierto enojo	4-5
Media , fallo pero no para el sistema	6-7
Elevada , el fallo es crítico originando un alto grado de insatisfacción en el cliente	8-9
Muy elevada , el fallo implica problemas de seguridad, o de no conformidad con los reglamentos de vigor	10

Fuente: Da Costa (2011)

Ocurrencia

La ocurrencia es la probabilidad que ocurra una causa particular y resulte en un modo de falla durante la vida útil de un equipo. Los criterios de evaluación se detallan a continuación la Tabla 5.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 9: Criterio de evaluación Ocurrencia

Ocurrencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 años	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Fuente: Da Costa (2011)

Detención.

Es una evaluación de la probabilidad que un control vigente detecte la causa de un modo de falla o el modo de falla en sí mismo, previniéndolo o alertándolo antes que alcance al cliente. Los criterios de evaluación se muestran en la Tabla 6.

Tabla 10: Criterio de evaluación Ocurrencia

Detección (dificultad de detección)	
Descripción	Puntaje
Muy escasa. El defecto es obvio	1
Escasa. El defecto aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado	2-3
Moderada. El defecto es una característica de bastante fácil detección.	4-5
Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente	6-7
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo	8-9
Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable	10

Fuente: Da Costa (2011)

La clasificación del producto del análisis del NPR se da en la siguiente tabla:

NPR > 200	Inaceptable	I
200 < NPR < 125	Reducción deseable	R
NPR < 125	Aceptable	A

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Se determinó el número de prioridad de riesgo de los equipos del sistema de riego, los cuales se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 11: Resumen NPR - Tableros eléctricos 50 HP

RESUMEN NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO							
Nombre del equipo: Tableros eléctricos 50 HP							
N°	CODIGO	FALLA FUNCIONAL	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	NIVEL
1	1A1	No suministra energía eléctrica al motor	10	3	8	420	I
2	1A2	No suministra energía eléctrica al motor	10	6	7	280	I
3	1A3	No suministra energía eléctrica al motor	10	7	3	280	I
4	1B1	El variador no controla la velocidad del motor	6	2	3	250	I
5	2A1	No suministra energía	10	5	5	240	I
6	2A2	No suministra energía	8	7	5	210	I
7	2A3	No suministra energía	8	7	5	210	I
8	2A4	No suministra energía	10	7	3	192	R
9	2A5	No suministra energía	8	3	8	36	A

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Resumen NPR – Electrobomba Salsom Multi V

RESUMEN NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO							
Nombre del equipo: Electrobomba Salsom Multi V							
N°	CODIGO	FALLA FUNCIONAL	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	NIVEL
1	1A1	No trasmite movimiento a la bomba	8	10	2	280	I
2	1A2	No trasmite movimiento a la bomba	10	5	5	250	I
3	1B1	Sobrecalentamiento	7	8	2	210	I
4	2A1	La bomba no suministra el caudal requerido	10	7	4	160	R
5	2B1	La bomba no suministra el caudal requerido	10	7	3	112	A
6	2C1	Exceso de ruido en su funcionamiento	7	7	2	98	A

Fuente: Elaboración propia

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 13: Resumen NPR – Batería de filtrado Apollo Angle

RESUMEN NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO							
Nombre del equipo: Batería de filtrado Apollo Angle							
N°	CODIGO	FALLA FUNCIONAL	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	NIVEL
1	1A1	Caída de caudal y presión	10	8	4	320	I
2	1A2	Caída de caudal y presión	10	5	5	300	I
3	1A3	Caída de caudal y presión	10	5	6	250	I
4	2A1	Caída de caudal y presión	5	10	2	108	A
5	2A2	No funciona el retolavado	6	6	3	100	A
6	2A3	No funciona el retolavado	8	3	3	72	A

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Resumen NPR – Bomba Turbina Vertical 50 HP

RESUMEN NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO							
Nombre del equipo: Bomba Turbina Vertical de 50 HP							
N°	CODIGO	FALLA FUNCIONAL	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	NIVEL
1	1A1	Bajo caudal y presión	10	5	4	200	I
2	1A2	Ruido anormal	10	5	4	200	I
3	1A3	Bajo caudal y presión	10	6	5	300	I
4	1B1	Bajo caudal y presión	8	5	3	120	I
5	1B2	No transmite movimiento a la bomba	8	5	3	120	R
6	1B3	Alta vibración	3	8	1	24	A
7	1C1	Alta vibración	8	6	2	96	A
8	1C2	Exceso de ruido en su funcionamiento	10	1	1	10	A
9	1C3	Ruido anormal	10	6	5	300	A
10	2A1	Sobrecalentamiento	10	3	5	150	A
11	2B1	Alta vibración	8	2	2	32	A
12	2C1	Ruido anormal	7	8	2	112	A

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 15, se muestran los resúmenes de los diferentes modos de fallas clasificados en el nivel obtenido del número de prioridad de riesgo: “Inaceptables”.

Tabla 15: Resumen de resultados NPR Nivel Inaceptable

N°	Equipo	Cantidad Modos de fallos	NIVEL
1	Bomba Turbina Vertical de 50 HP	4.0	I
2	Electrobomba Salsom Multi V	3.0	I
3	Batería de filtrado Apollo Angl	3.0	I
4	Tableros eléctricos 50 HP	7.0	I
		17.0	

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la Figura 12, se muestra el grafico de barras, donde los tableros eléctricos presentan 7 modos de fallas inaceptables como valor máximo y la Electrobombas Salsom Multi V con valor mínimo de 3 modos de fallas.

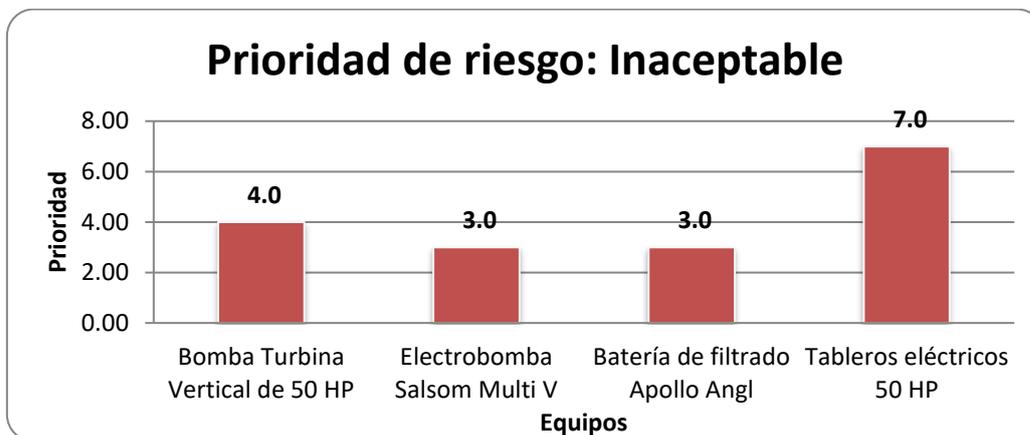


Figura 12: Resultado Prioridad de riesgo Inaceptable

Fuente: Elaboración propia

De igual forma en la Tabla 16, se muestra el resumen de los diferentes modos de fallas clasificados en el nivel obtenido del número de prioridad de riesgo: “Reducción deseable”.

Tabla 16: Resumen de resultados NPR Nivel Reducción deseable

N°	Equipo	Cantidad Modos de fallos	NIVEL
1	Bomba Turbina Vertical de 50 HP	1.0	R
2	Electrobomba Salsom Multi V	1.0	R
3	Batería de filtrado Apollo Angl	-	R
4	Tableros eléctricos 50 HP	1.0	R
		3.0	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13, grafico de barras se puede observar que todos los equipos presentan un modo de falla del nivel de reducción deseable, y la Batería de filtrado Apollo Angle muestra cero resultados.

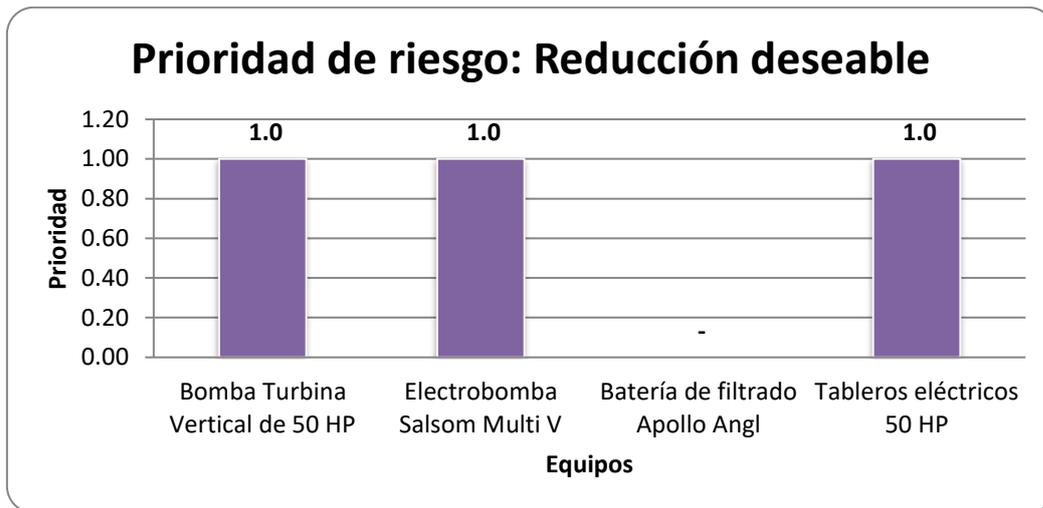


Figura 13: Resultado Prioridad de riesgo Reducción deseable

Fuente: Elaboración propia

De igual forma en la Tabla 17, se muestra el resumen de los diferentes modos de fallas clasificados en el nivel obtenido del número de prioridad de riesgo: “Aceptable”.

Tabla 17: Resumen de resultados NPR Nivel Aceptable

N°	Equipo	Cantidad Modos de fallos	NIVEL
1	Bomba Turbina Vertical de 50 HP	7.0	A
2	Electrobomba Salsom Multi V	2.0	A
3	Batería de filtrado Apollo Angl	3.0	A
4	Tableros eléctricos 50 HP	1.0	A
		13.0	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14, grafico de barras, se puede observar que la Bomba turbina Vertical de 50 HP muestra un valor de 7 modos de fallas como número máximo y los Tableros eléctricos de 50 HP, presenta de valor 1 del nivel aceptable.

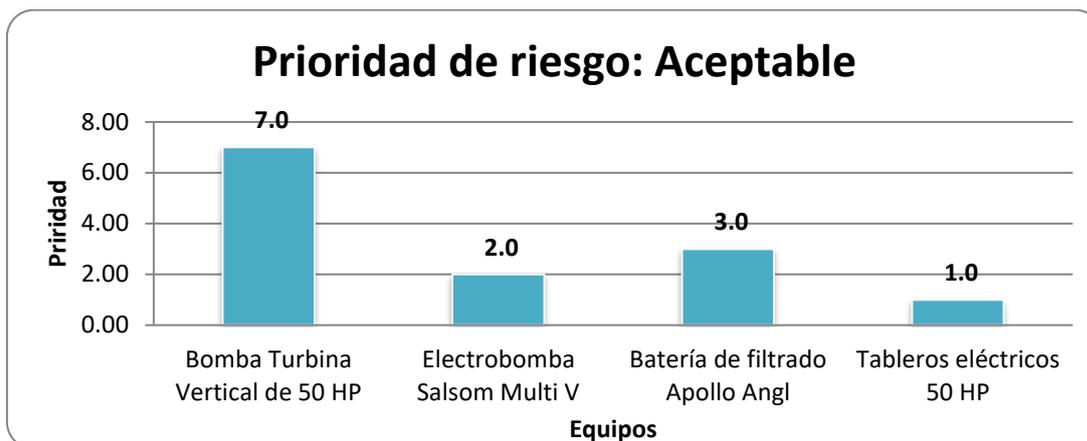


Figura 14: Resultado Prioridad de riesgo Aceptable

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la Tabla 18, se detalla el resumen general de los modos de fallas en sus diferentes niveles.

Tabla 18: Resumen de resultados de modos de fallas NPR en %

Clasificación	Cantidad	Cantidad
Inaceptable	17.0	52%
Reducción deseable	3.0	9%
Aceptable	13.0	39%
TOTAL	33.0	100%

Fuente: Elaboración propia

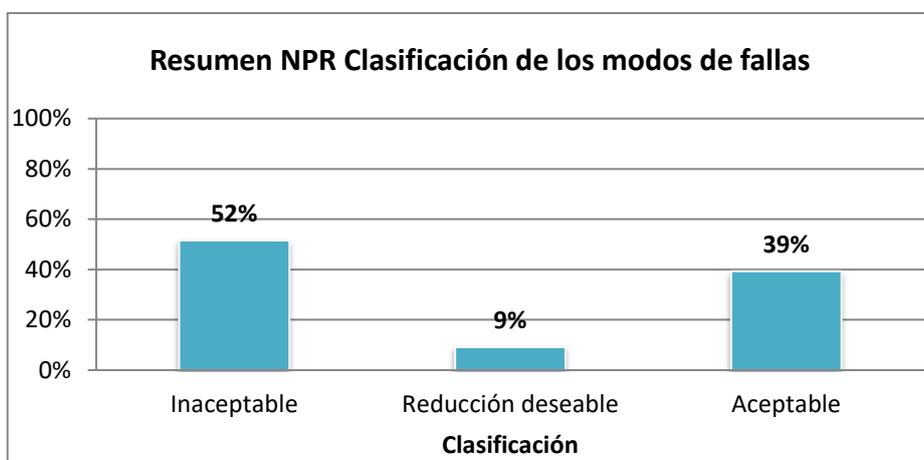


Figura 15: Resumen NPR clasificación de los modos de fallas

Fuente: Elaboración propia

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

8. Hoja de Decisión del MCC

En esta fase del análisis se integran las consecuencias y las tareas, es en esta etapa que podremos responder a las últimas tres preguntas de la metodología MCC.

¿Importa si falla?

¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?

¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

Este proceso permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas en el Diagrama de Decisión (ver Figura N° 17) y en función de dichas respuestas registrar en el formato (Figura 16).

- ¿Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quien lo hará?
- ¿Qué fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño?
- Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran (Mantenimiento correctivo).

HOJA DE DECISIÓN DEL MCC																						
Nombre del equipo:												Facilitador :		Fecha	Hoja N° 01							
Sistema:																						
Referencia de información			Evaluación de Consecuencias				H1			H2			H3			Acción a falta de			Tarea propuesta		Frecuencia	A realizarse por
							S1			S2			S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4										

Figura 16: Hoja de decisión del MCC

Fuente: Moubray (2004)

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01 Edición: 1 Fecha: 03/12/2019
---	---	---

Diagrama de Decisión del MCC

El diagrama de decisión, es una herramienta diseñada por el RCM, que permite seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos y consiste en un flujograma de preguntas. Cabe destacar que el primer paso para seleccionar las tareas de mantenimiento, consiste en identificar las consecuencias que generan los modos de fallas, cuestión que consigue el grupo multidisciplinario de trabajo a partir del AMEF. Cornejo y Jose (2017).

A continuación se muestra el Diagrama de decisión en la Figura 17.

Diagrama de Decisiones del MCC.

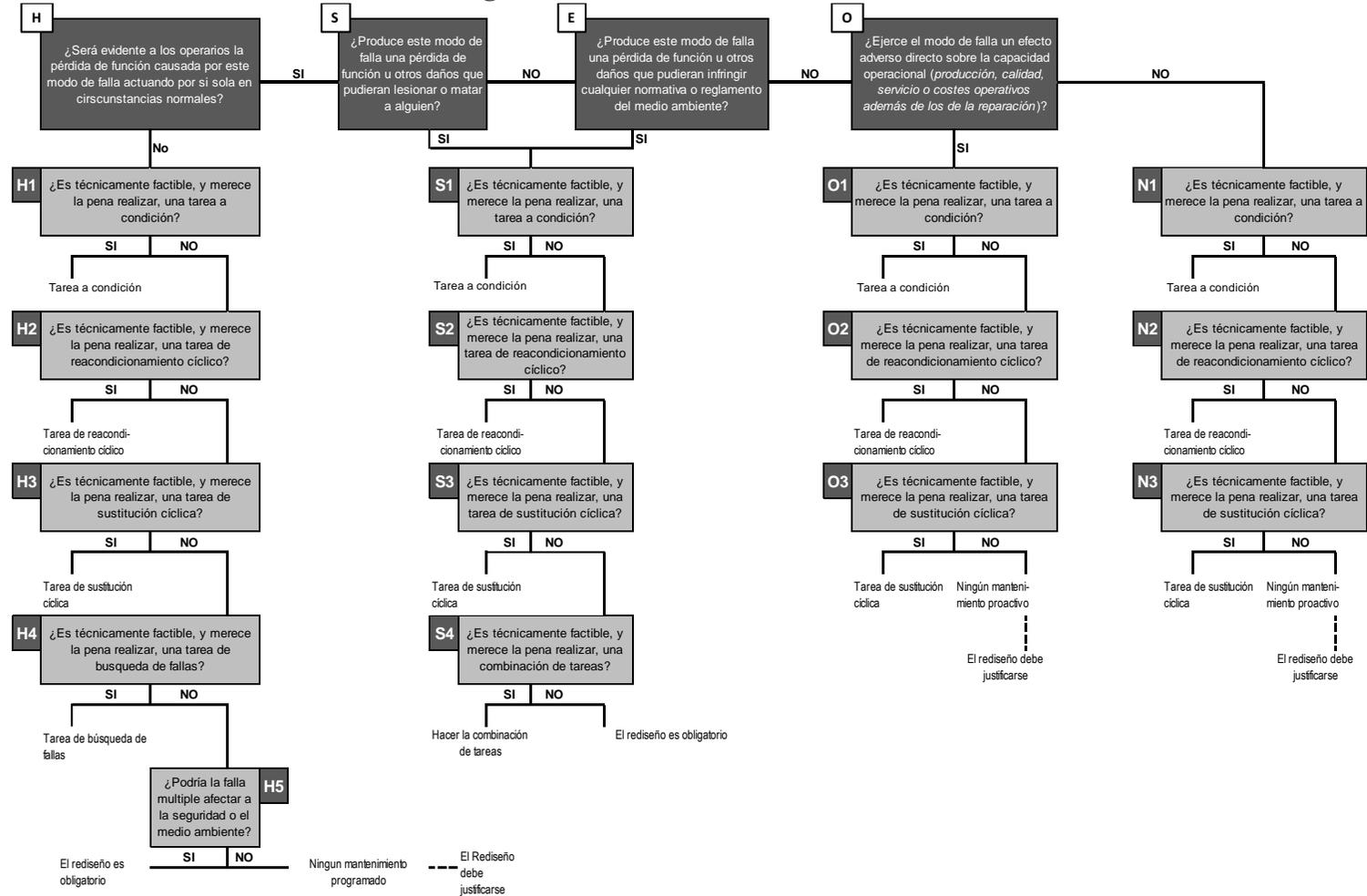


Figura 17: Diagrama de decisión del MCC
Fuente: Moubray (2004)

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

A continuación se muestran las Hojas de decisión desarrolladas.

Tabla 19: Hoja de Decisión del MCC de Bomba Turbina Vertical de 50 HP

HOJA DE DECISIÓN DEL MCC															
Nombre del equipo:			Bomba Turbina Vertical de 50 HP							Facilitador :			Fecha	Hoja N°	
Sistema:			Mecánico eléctrico							Roberto Carlos Matorel Maza				1 de 4	
Referencia de información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Frecuencia	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificar los parametros de funcionamiento a traves de la presión y caudal en el manometro y caudalimetro.	Semanal	Operario
1	A	2	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificar los parametros de funcionamiento a traves de la presión y caudal en el manometro y caudalimetro.	Semanal	Operario
1	A	3	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar oportunamente la fijacion de la canastilla del cuerpo de bomba	Mensual	Operario
1	B	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Mantenimiento preventivo de columna y cuerpo de bomba	Anual	Tercero
1	B	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Mantenimiento preventivo de columna y cuerpo de bomba	Anual	Tercero
1	B	3	S	N	N	N	N	N	S	-	-	-	Realizar el cambio de la empaquetadura prensaestopa	Mensual	Operario
1	C	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificar si el nivel de agua del reservorio es el apropiado para operar la bomba	Diario	Operario
1	C	2	S	N	N	S	N	N	N	S	-	-	Revisar la que la regulación de la luz de los impulsores sea la establecida según el modelo de bomba y punto de operación	Anual	Operario
1	C	3	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar oportunamente la fijacion de la canastilla del cuerpo de bomba	Mensual	Operario
2	A	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Revisar que los parametros de corriente establecidos para el funcionamiento del equipo sean los correctos.	Mensual	Electricista
2	B	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Anual	Operario
2	C	1	S	N	N	N	N	S	-	-	-	-	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Anual	Operario

Fuente: Elaboración propia.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 20: Hoja de Decisión del MCC de Electrobomba Salsom Multi V

HOJA DE DECISIÓN DEL MCC																
Nombre del equipo:			Electrobomba Salsom Multi V							Facilitador :			Fecha	Hoja N°		
Sistema:			Mecánico eléctrico							Roberto Carlos Matorel Maza				2 de 4		
Referencia de información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Frecuencia	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
			N1	N2	N3											
1	A	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Realizar mantenimiento de cuerpo de impulsores	Mensual	Electricista	
1	A	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Realizar mantenimiento de cuerpo de impulsores	Mensual	Electricista	
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar el cambio de sello mecánico	Anual	Electricista	
2	A	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Revisar que los parametros de corriente establecidos para el funcionamiento del equipo sean los correctos.	Mensual	Electricista	
2	B	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Anual	Operario	
2	C	1	S	N	N	N	N	S	-	-	-	-	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Anual	Operario	

Fuente: Elaboración propia.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 21: Hoja de Decisión del MCC de Batería de filtrado Apollo Angle

HOJA DE DECISIÓN DEL MCC																			
Nombre del equipo:			Batería de filtrado Apollo Angle							Facilitador :			Fecha	Hoja N°					
Sistema:			Hidráulico							Roberto Carlos Matorel Maza				3 de 4					
Referencia de información			Evaluación de Consecuencias				H1			H2			H3			Acción a falta de	Tarea propuesta	Frecuencia	A realizarse por
							S1			S2			S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1			O2			O3						
							N1			N2			N3						
1	A	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	-	-	Realizar el mantenimiento de las anillas	Mensual	Operario		
1	A	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	-	-	Realizar el cambio de diafragmas por frecuencia de trabajo	Anual	Operario		
1	A	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	-	-	Realizar el cambio de resortes por frecuencia de trabajo	Anual	Operario		
2	A	1	S	N	N	N	N	S	-	-	-	-	-	-	Realizar la revisión y limpieza del filtro de comando	Semanal	Operario		
2	A	2	S	N	N	N	N	S	-	-	-	-	-	-	Realizar una revisión del estado del controlador	Mensual	Programador		
2	A	3	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	-	Medir los voltajes de trabajo del equipo	Anual	Electricista		

Fuente: Elaboración propia.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 22: Hoja de Decisión del MCC de Tablero Eléctrico 50 HP

HOJA DE DECISIÓN DEL MCC																						
Nombre del equipo:			Tableros eléctricos 50 HP										Facilitador :		Fecha	Hoja N°						
Sistema:			Electrico										Roberto Carlos Matorel Maza			4 de 4						
Referencia de información			Evaluación de Consecuencias				H1			H2			H3			Acción a falta de			Tarea propuesta		Frecuencia	A realizarse por
							S1			S2			S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4										
							N1	N2	N3													
1	A	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	-	-	Realizar la limpieza y mantenimiento del variador	Mensual	Electricista					
1	A	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	-	Realizar una revisión del gabinete del variador a fin de identificar ranuras por donde ingresen los roedores	Semanal	Operario						
1	A	3	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	-	Realizar la limpieza y mantenimiento del tablero eléctrico	Mensual	Electricista						
1	B	1	S	N	N	N	N	N	N	N	N			Ningun mantenimiento programado								
2	A	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	-	Realizar un monitoreo de las cargas electricas	Semanal	Electricista						
2	A	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	-	Realizar el cambio de accesorios por frecuencia de trabajo	Anual	Electricista						
2	A	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	-	Realizar el cambio de accesorios por frecuencia de trabajo	Anual	Electricista						
2	A	4	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	-	Realizar la limpieza y mantenimiento de los ventiladores	Mensual	Electricista						
2	A	5	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	-	Realizar el mantenimiento de las cometidas y pozos a tierra	Anual	Electricista						

Fuente: Elaboración propia.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01 Edición: 1 Fecha: 03/12/2019
---	---	---

9. Plan de mantenimiento basado en el MCC

Se desarrolló el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y aplico a los equipos del sistema de riego, este plan nace a partir de la hoja de decisión, el cual contiene las tareas por cada modo de falla encontrado, frecuencias por cada intervención de trabajo y el responsable de dicha tarea.

A continuación se muestran las tablas desarrolladas con el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 23: Plan de mantenimiento – Bomba Turbina Vertical de 50 HP

PLAN DE MANTENIMIENTO																	
Nombre del equipo: Bomba Turbina Vertical de 50 HP				Frecuencia	AÑO 2019											A realizarse por	
CODIGO			Tarea propuesta		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov		Dic
1	A	1	Verificar los parametros de funcionamiento a traves de la presión y caudal en el manometro y caudalimetro.	Semanal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operario
1	A	3	Revisar oportunamente la fijacion de la canastilla del cuerpo de bomba	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operario
1	B	1	Mantenimiento preventivo de columna y cuerpo de bomba	Anual								■					Tercero
1	B	3	Realizar el cambio de la empaquetadura prensaestopa	Mensual								■					Operario
1	C	1	Verificar si el nivel de agua del reservorio es el apropiado para operar la bomba	Diario	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operario
1	C	2	Revisar la que la regulación de la luz de los impulsores sea la establecida según el modelo de bomba y punto de operación	Semestral			■					■					Operario
1	C	3	Revisar oportunamente la fijacion de la canastilla del cuerpo de bomba	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operario
2	A	1	Revisar que los parametros de corriente establecidos para el funcionamiento del equipo sean los correctos.	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Electricista
2	C	1	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Semestral		■						■					Operario

Fuente: Elaboración propia.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 24: Plan de mantenimiento – Electroboomba Salsom Multi V

PLAN DE MANTENIMIENTO																	
Nombre del equipo: Electroboomba Salsom Multi V				Frecuencia	AÑO 2019											A realizarse por	
CODIGO			Tarea propuesta		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov		Dic
1	A	1	Realizar mantenimiento de cuerpo de impulsores	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Electricista
1	A	2	Realizar mantenimiento de cuerpo de impulsores	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Electricista
1	B	1	Realizar el cambio de sello mecánico	Anual								■					Electricista
2	A	1	Revisar que los parametros de corriente establecidos para el funcionamiento del equipo sean los correctos.	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Electricista
2	B	1	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Semestral		■						■					Operario
2	C	1	Realizar el engrase de los rodamientos del motor electrico	Semestral		■						■					Operario

Fuente: Elaboración propia.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 25: Plan de mantenimiento – Batería de filtrado Apollo Angle

PLAN DE MANTENIMIENTO																	
Nombre del equipo: Batería de filtrado Apollo Angle				Frecuencia	AÑO 2019											A realizarse por	
CODIGO		Tarea propuesta			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov		Dic
1	A	1	Realizar el mantenimiento de las anillas	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operario
1	A	2	Realizar el cambio de diafragmas por frecuencia de trabajo	Anual								■					Operario
1	A	3	Realizar el cambio de resortes por frecuencia de trabajo	Anual								■					Operario
2	A	1	Realizar la revisión y limpieza del filtro de comando	Semanal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operario
2	A	2	Realizar una revisión del estado del controlador	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Programador
2	A	3	Medir los voltajes de trabajo del equipo	Semestral			■						■				Electricista

Fuente: Elaboración propia.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 26: Plan de mantenimiento – Tablero Eléctrico 50 HP

PLAN DE MANTENIMIENTO																	
Nombre del equipo: Tableros eléctricos 50 HP				Frecuencia	AÑO 2019											A realizarse por	
CODIGO			Tarea propuesta		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov		Dic
1	A	1	Realizar la limpieza y mantenimiento del variador	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Electricista
1	A	2	Realizar una revisión del gabinete del variador a fin de identificar ranuras por donde ingresen los roedores	Semanal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operario
1	A	3	Realizar la limpieza y mantenimiento del tablero eléctrico	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Electricista
2	A	1	Realizar un monitoreo de las cargas electricas	Semanal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Electricista
2	A	2	Realizar el cambio de accesorios por frecuencia de trabajo	Anual								■					Electricista
2	A	3	Realizar el cambio de accesorios por frecuencia de trabajo	Anual								■					Electricista
2	A	4	Realizar la limpieza y mantenimiento de los ventiladores	Mensual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Electricista
2	A	5	Realizar el mantenimiento de las cometidas y pozos a tierra	Anual							■						Electricista

Fuente: Elaboración propia.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

10. Evaluación de los nuevos indicadores de mantenimiento después de la aplicación del MCC

A continuación se muestran las tablas de los registros históricos de fallas de la empresa donde se obtuvieron los datos para luego clasificarlos y poder obtener resultados de los indicadores de mantenimiento MTBF, MTTR y la Disponibilidad, después de la aplicación del MCC.

	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1												
2	REGISTRO HORAS TOTALES DE TRABAJO											
3	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD FUNDOS											
4												
5	CULTIVO:	VID										
6	FUNDO:	La Recría										
7	PISCINA	04										
8												
9	FECHA	MES	SEM	N° de Bomba	Q Ips	RPM	Hz	Inicio	Fin	TOTAL	NUM.	Nombre del Operario
1678	jue-05-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	41	1720	43.9	12:00:00 a. m.	3:17:00 a. m.	3:17:00	3.28 h.	Edwin Torres Nima
1679	jue-05-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	40	1720	43.9	3:18:00 a. m.	6:36:00 a. m.	3:18:00	3.30 h.	Edwin Torres Nima
1680	jue-05-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	40	1720	43.9	6:37:00 a. m.	10:05:00 a. m.	3:28:00	3.47 h.	Marcelo Prado
1681	jue-05-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	40	1720	43.9	10:06:00 a. m.	1:33:00 p. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado
1682	jue-05-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	40	1720	43.9	1:34:00 p. m.	5:01:00 p. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado
1683	vie-06-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	42	1720	43.9	12:00:00 a. m.	3:28:00 a. m.	3:28:00	3.47 h.	Edwin Torres Nima
1684	vie-06-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	41	1720	43.9	3:29:00 a. m.	6:56:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Edwin Torres Nima
1685	vie-06-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	40	1720	43.9	6:57:00 a. m.	10:24:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Edwin Torres Nima
1686	sáb-07-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	42	1720	43.9	12:00:00 a. m.	3:28:00 a. m.	3:28:00	3.47 h.	Edwin Torres Nima
1687	sáb-07-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	41	1720	43.9	3:29:00 a. m.	6:57:00 a. m.	3:28:00	3.47 h.	Edwin Torres Nima
1688	sáb-07-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	40	1720	43.9	6:58:00 a. m.	10:16:00 a. m.	3:18:00	3.30 h.	Edwin Torres Nima
1689	sáb-07-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	40	1720	43.9	10:17:00 a. m.	1:33:00 p. m.	3:16:00	3.27 h.	Marcelo Prado
1690	sáb-07-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	40	1720	43.9	1:34:00 p. m.	5:02:00 p. m.	3:28:00	3.47 h.	Marcelo Prado
1691	dom-08-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	42	1720	43.9	12:00:00 a. m.	3:28:00 a. m.	3:28:00	3.47 h.	Edwin Torres Nima
1692	dom-08-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	41	1720	43.9	3:29:00 a. m.	6:57:00 a. m.	3:28:00	3.47 h.	Edwin Torres Nima
1693	dom-08-Set-19	Setiembre-19	36	B-01	41	1720	43.9	6:58:00 a. m.	10:25:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado
1694	lun-09-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	41	1720	43.9	12:00:00 a. m.	3:27:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado
1695	lun-09-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	41	1720	43.9	3:28:00 a. m.	6:55:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado
1696	lun-09-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	41	1720	43.9	6:56:00 a. m.	10:24:00 a. m.	3:28:00	3.47 h.	Marcelo Prado
1697	lun-09-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	42	1720	43.9	10:25:00 a. m.	1:40:00 p. m.	3:15:00	3.25 h.	Edwin Torres Nima
1698	lun-09-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	40	1720	43.9	1:41:00 p. m.	4:57:00 p. m.	3:16:00	3.27 h.	Edwin Torres Nima
1699	mar-10-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	40	1720	43.9	12:00:00 a. m.	3:27:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado
1700	mar-10-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	40	1720	43.9	3:28:00 a. m.	6:55:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado
1701	mar-10-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	40	1720	43.9	6:56:00 a. m.	10:23:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado
1702	mié-11-Set-19	Setiembre-19	37	B-01	40	1720	43.9	12:00:00 a. m.	3:27:00 a. m.	3:27:00	3.45 h.	Marcelo Prado

Figura 18: Registro horas totales de trabajo julio a octubre de 2019

Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A – Area de riego

Tabla 27: Resumen de fallas y cálculo de indicadores de mantenimiento julio a octubre de 2019

N°	RUBRO	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs)	N° DE PARADAS POR AVERIAS	HORAS POR MITTO CORRECTIVO	HORAS POR MITTO PREVENTIVO	HORAS MANT. TOTAL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	Electrobomba Salsom Multi V	663.0	6	42	0	42	110.50	7.00	94.04%
2	Electrobomba Salsom Multi V	663.0	5	38	0	38	132.60	7.60	94.58%
3	Electrobomba Salsom Multi V	663.0	4	34	0	34	165.75	8.50	95.12%
4	Electrobomba Salsom Multi V	663.0	4	34	0	34	165.75	8.50	95.12%
5	Electrobomba Salsom Multi V	663.0	4	34	0	34	165.75	8.50	95.12%
6	Electrobomba Salsom Multi V	663.0	5	38	0	38	132.60	7.60	94.58%
7	Electrobomba Salsom Multi V	663.0	4	34	0	34	165.75	8.50	95.12%
8	Electrobomba Salsom Multi V	663.0	4	34	0	34	165.75	8.50	95.12%
	Batería de filtrado Apollo Angle	1344.8	7	49	0	49	192.11	7.00	96.48%
	Batería de filtrado Apollo Angle	1127.0	6	42	0	42	187.84	7.00	96.41%
	Batería de filtrado Apollo Angle	1281.5	6	42	0	42	213.58	7.00	96.83%
	Batería de filtrado Apollo Angle	1550.7	7	49	0	49	221.52	7.00	96.94%
1	Bomba Turbina Vertical	1344.8	7	49	0	49	192.11	7.00	96.48%
2	Bomba Turbina Vertical	1127.0	7	49	0	49	161.00	7.00	95.83%
11	Bomba Turbina Vertical	1281.5	6	42	0	42	213.58	7.00	96.83%
12	Bomba Turbina Vertical	1550.7	5	30	0	30	310.13	6.00	98.10%
13	Tableros eléctricos 50 HP	1344.8	6	42	0	42	224.13	7.00	96.97%
14	Tableros eléctricos 50 HP	1127.0	5	35	0	35	225.41	7.00	96.99%
15	Tableros eléctricos 50 HP	1281.5	6	42	0	42	213.58	7.00	96.83%
16	Tableros eléctricos 50 HP	1550.7	7	49	0	49	221.52	7.00	96.94%
19	Válvulas hidráulicas reductoras	1344.8	5	30	0	30	268.95	6.00	97.82%
20	Válvulas hidráulicas reductoras	1344.8	4	24	0	24	336.19	6.00	98.25%
21	Válvulas hidráulicas reductoras	1344.8	3	18	0	18	448.25	6.00	98.68%
22	Válvulas hidráulicas reductoras	1344.8	2	12	0	12	672.38	6.00	99.12%
23	Válvulas hidráulicas reductoras	1344.8	4	24	0	24	336.19	6.00	98.25%
24	Válvulas hidráulicas reductoras	1127.0	3	18	0	18	375.68	6.00	98.43%
25	Válvulas hidráulicas reductoras	1127.0	2	12	0	12	563.52	6.00	98.95%
26	Válvulas hidráulicas reductoras	1127.0	3	18	0	18	375.68	6.00	98.43%
27	Válvulas hidráulicas reductoras	1127.0	1	6	0	6	1127	6.00	99.47%
28	Válvulas hidráulicas reductoras	1127.0	2	12	0	12	563.52	6.00	98.95%
29	Válvulas hidráulicas reductoras	1281.5	3	18	0	18	427.16	6.00	98.61%
30	Válvulas hidráulicas reductoras	1281.5	4	24	0	24	320.37	6.00	98.16%
31	Válvulas hidráulicas reductoras	1281.5	3	18	0	18	427.16	6.00	98.61%
32	Válvulas hidráulicas reductoras	1281.5	2	12	0	12	640.74	6.00	99.07%
33	Válvulas hidráulicas reductoras	1281.5	3	18	0	18	427.16	6.00	98.61%
34	Válvulas hidráulicas reductoras	1550.7	2	12	0	12	775.33	6.00	99.23%
35	Válvulas hidráulicas reductoras	1550.7	2	12	0	12	775.33	6.00	99.23%
36	Válvulas hidráulicas reductoras	1550.7	3	18	0	18	516.88	6.00	98.85%
37	Válvulas hidráulicas reductoras	1550.7	3	18	0	18	516.88	6.00	98.85%
38	Válvulas hidráulicas reductoras	1550.7	3	18	0	18	516.88	6.00	98.85%

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se realizaron nuevamente los cálculos, los cuales se muestran a continuación en tablas y diagramas de barras comparativos, para poder identificar la variación obtenida con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad:

Tabla 28: Resumen comparativo de resultados de disponibilidad antes y después

N°	Modelo de equipo	FEBRERO - MAYO		JULIO - OCTUBRE	
		DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD	VARIACIÓN
1	Electrobomba Salsom Multi V	79.24%	94.85%	19.69%	
2	Batería de filtrado Apollo Angle	92.15%	96.66%	4.89%	
3	Bomba Turbina Vertical	83.50%	96.81%	15.94%	
4	Tableros eléctricos 50 HP	84.40%	96.93%	14.84%	
5	Válvulas hidráulicas reductoras	97.34%	98.72%	1.42%	

Fuente: Elaboración propia

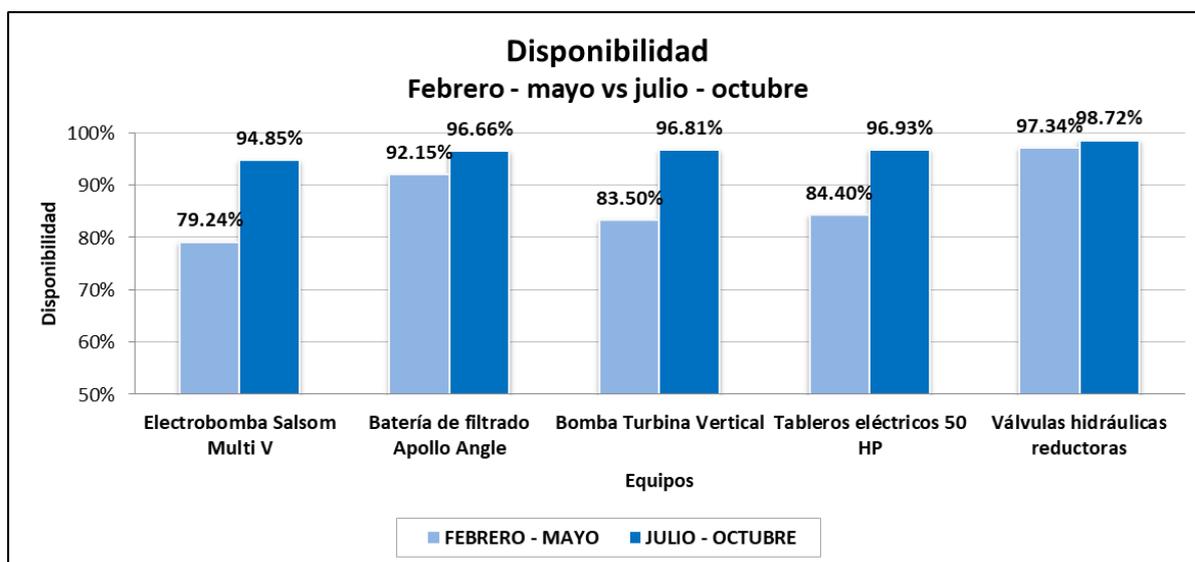


Figura 19: Resumen comparativo de disponibilidad antes y después de la gestión.

Fuente: Elaboración propia

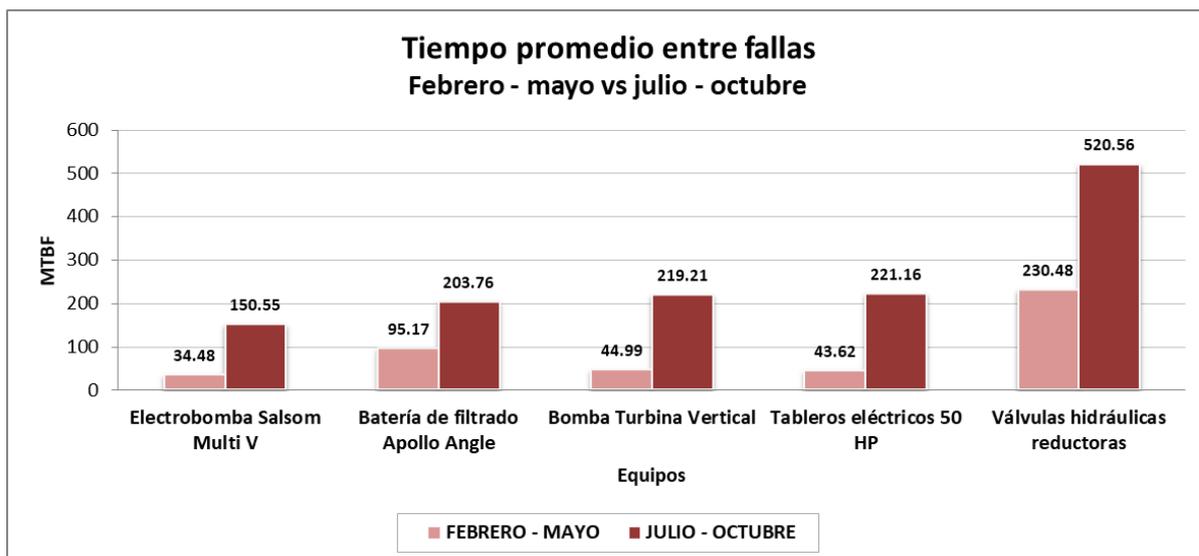


Figura 20: Resumen comparativo de MTBF antes y después de la gestión

Fuente: Elaboración propia

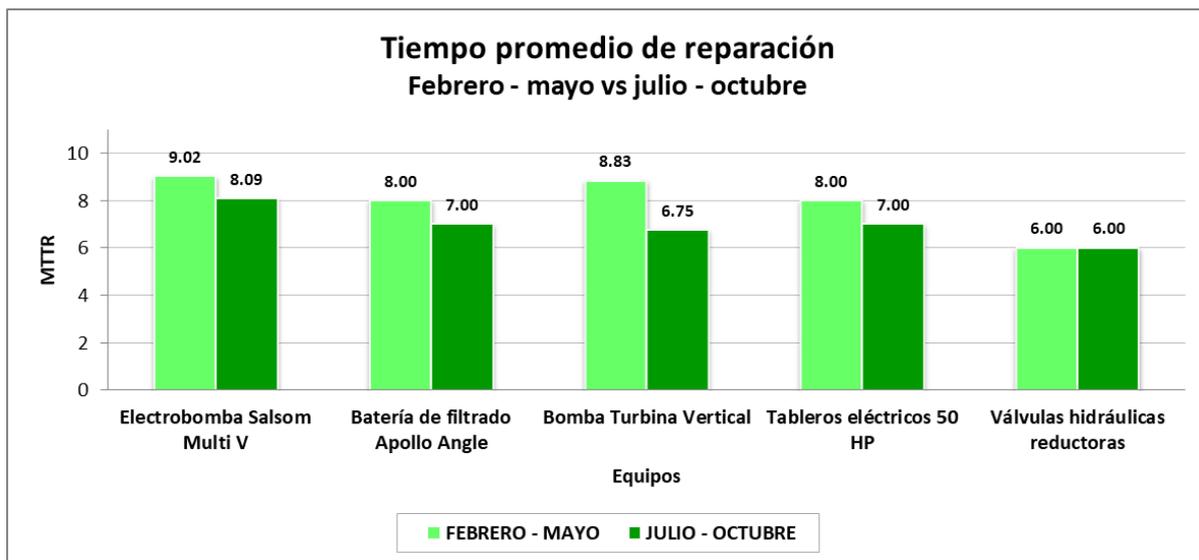


Figura 21: Resumen comparativo de MTTR antes y después de la gestión

Fuente: Elaboración propia

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

11. Evaluación económica

Los costos que se han extraído para el análisis fueron proporcionados por la empresa Complejo Agroindustrial Beta. S.A de los periodos de febrero a mayo, para la interpretación del proyecto antes de la aplicación de la gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad. Estos costos corresponden a los trabajos que se hicieron en reparaciones, materiales y servicios por mantenimiento correctivo, y los periodos de los meses de julio a octubre para medir el beneficio económico que se obtuvo después de la aplicación. Estos costos corresponden a los trabajos realizados por mantenimiento preventivo.

Los costos por mantenimiento correctivo de los meses de febrero a mayo ascienden a 21,381.00 dólares, antes de la aplicación, estos resultados se muestran a continuación en la Tabla N° 29.

Tabla 29: Costos por mantenimiento correctivo febrero - mayo de 2019

RUBRO	Febrero - mayo (correctivo)				
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Antes
Bomba Turbina Vertical	750.00	850	1,200	1,250	4,050
Batería de filtrado Apollo Angle	276.43	228	1,326	309	2,140
Electrobomba Salsom Multi V	2,400	500	650	838	4,388
Válvulas hidráulicas reductoras	1,051	1,302	523	381	3,257
Tableros eléctricos 50 HP	2,800	1,156	1,800	1,790	7,546
	TOTAL \$				21,381

Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A

Con la implementación de la gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad, se lograron reducir estos costos a un valor de 9,105.00 dólares, información de los meses de julio a octubre de los trabajos por mantenimiento preventivo, esta información se detalla a continuación en la Tabla N° 30.

	Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los equipos del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas	Código: Caibeta 01
		Edición: 1
		Fecha: 03/12/2019

Tabla 30: Costos por mantenimiento preventivo julio - octubre de 2019

RUBRO	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	TOTAL
Bomba Turbina Vertical	105	650	600	256	1,611
Batería de filtrado Apollo Angle	100	283	1,155	68	1,606
Electrobomba Salsom Multi V	700	700	700	500	2,600
Válvulas hidráulicas reductoras	517	573	637	381	2,108
Tableros eléctricos 50 HP	250	280	300	350	1,180
				TOTAL \$	9,105

Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A

Con la información de ambas tablas, realizamos la comparación, obteniendo un resultado favorable con un ahorro de 12,276.00 lo que representa una variación porcentual de disminución del 57%. Información reflejada en la Tabla 31

Tabla 31: Variación costos de mantenimiento correctivo vs preventivo

RUBRO	Antes	Despues	Ahorro S/.	Variacion %
Bomba Turbina Vertical	4,050	1,611	2,439	60%
Batería de filtrado Apollo Angle	2,140	1,606	534	25%
Electrobomba Salsom Multi V	4,388	2,600	1,788	41%
Válvulas hidráulicas reductoras	3,257	2,108	1,149	35%
Tableros eléctricos 50 HP	7,546	1,180	6,366	84%
	21,381	9,105	12,276	57%

Fuente: Complejo Agroindustrial Beta S.A

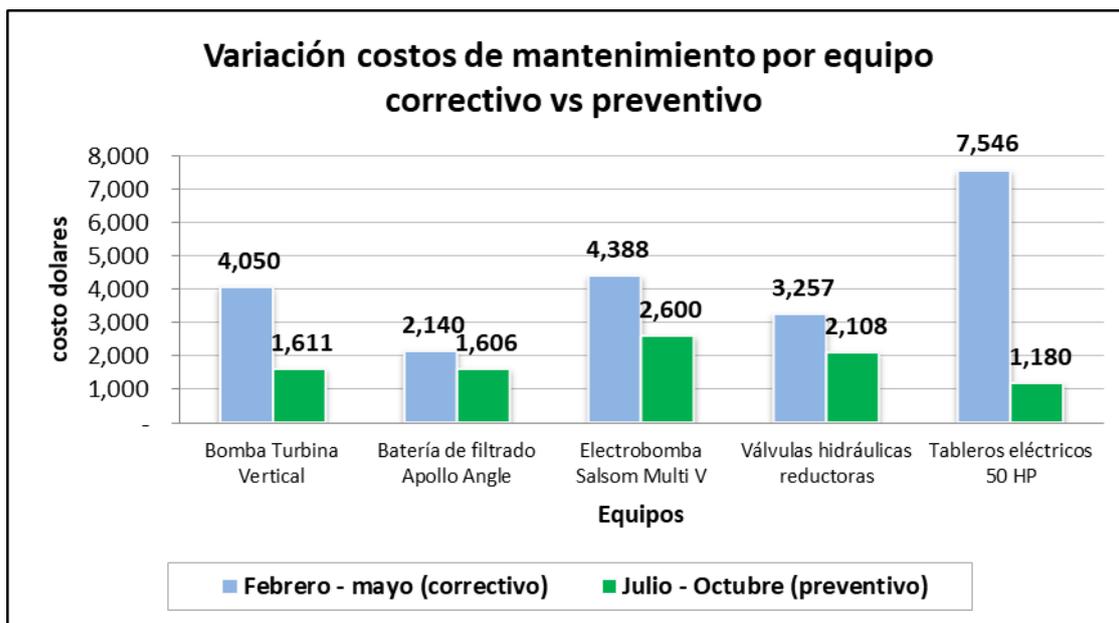


Figura 22: Variación costos de mantenimiento por equipo correctivo vs preventivo

Fuente: Elaboración propia

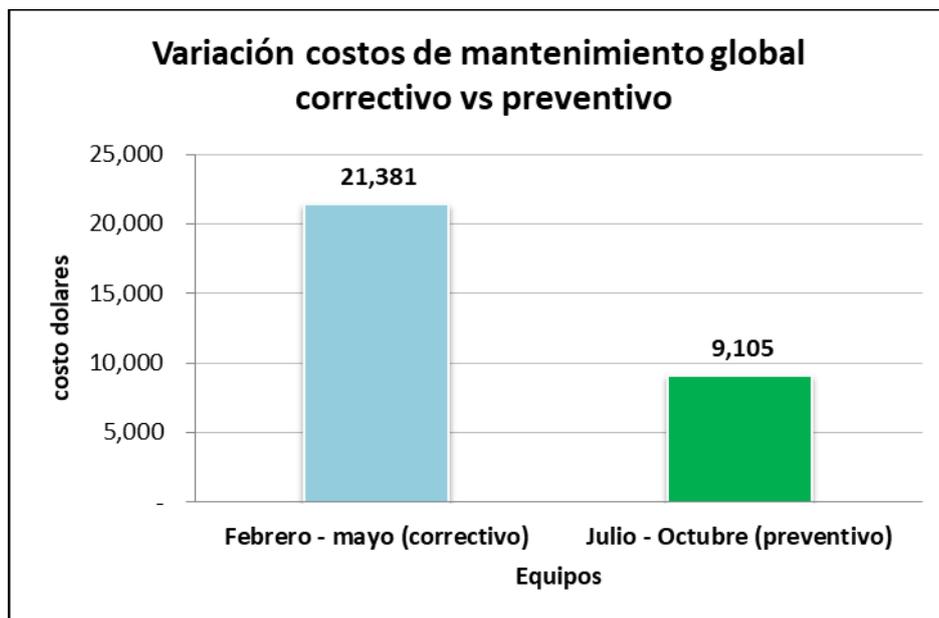


Figura 23: Variación costos de mantenimiento global correctivo vs preventivo

Fuente: Elaboración propia