



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
INDUSTRIAL**

**“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.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Quiliche Cano, Jhon Antonio

ASESOR

Dr. Ricardo Mendoza

Ing. Segundo Ulloa Bocanegra

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión empresarial y productiva

TRUJILLO – PERU

2018

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE

Dr. Andrés Alberto Ruiz Gómez

SECRETARIO

Dr. Ricardo Darío Mendoza Rivera

VOCAL

Mg Segundo Gerardo Ulloa Bocanegra

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación:

A ti Dios, que me regalaste la vida para afrontar retos y buscar un propósito en este mundo.

A mi esposa e hijo, que forman parte de cada momento vivido, tropiezos, logros, alegrías, tristezas, aquellos que siempre estuvieron a mi lado apoyándome y dándome palabras de aliento para continuar en este camino profesional.

A mi madre, quien me inculco enseñanzas desde pequeño, quien cultivo valores logrando formarme una persona de bien, por ese apoyo incondicional por ese amor de madre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por regalarme la vida y brindarme un familia maravillosa, a mi esposa e hijo por ser mi motivo de superación, a mi amada madre quien me inculcó valores desde pequeño en mis años de estudios, a mi asesor que con su experiencia y conocimiento aportó al fortalecimiento de mis competencias que han sido indispensables para conseguir uno de los tantos objetivos trazados en mi vida, a la Universidad Cesar Vallejo por brindarme todas las herramientas necesarias para cumplir mis objetivos en esta vida.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jhon Antonio Quiliche Cano con DNI N° 70401097, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes 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 acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido 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.

Trujillo, Julio del 2018

Jhon Antonio Quiliche Cano

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada

“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.” en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El Autor

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	10
1.1.	REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2.	TRABAJOS PREVIOS	12
1.3.	TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA	16
1.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.5.	JUSTIFICACIÓN	22
1.6.	HIPÓTESIS	23
1.7.	OBJETIVOS	23
II.	METODO	24
2.1.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.2.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	24
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	26
2.3.1.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDES Y CONFIABILIDAD	27
2.4.	METODO Y ANALISIS DE DATOS.....	28
2.5.	ASPECTOS ÉTICOS	28
III.	RESULTADOS.....	29
3.1.	DETERMINAR NIVEL ACTUAL DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS .	29
3.2.	EJECUCIÓN DEL AMEF	41
3.3.	MODELAR Y SIMULAR EN EL SOFTWARE PROMODEL PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS.	54
3.4.	INCIDENCIA DE LA DISPONIBILIDAD EN LOS EQUIPOS TRAS LA SIMULACIÓN EN PROMODEL.....	63
IV:	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	72
V.	CONCLUSIONES	75
VI.	RECOMENDACIONES	77
	REFERENCIAS.....	78
VII.	ANEXOS	81
	ANEXOS TABLAS.....	81
	ANEXOS FIGURAS	96

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación titulada “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.”, para ello se aplicó métodos deductivos, con una investigación de tipo pre experimental, a una población de 45 equipos del área de preparación y molienda de la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A, obteniendo como principales resultados, un promedio de disponibilidad actual de los equipos críticos equivalente a 86.13% para lo cual se estableció un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad logrando incrementar la disponibilidad de los equipos críticos a 96.68%, se elaboró la prueba de hipótesis estadística planteada T student adquiriendo los resultados menor a 0.05, lo que faculta la argumentación que el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad aumentara la disponibilidad de los equipos de la empresa agroindustrial Casa Grande S.A.A.

Palabras claves: Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, disponibilidad

ABSTRACT

In this research work entitled "Maintenance plan focused on the reliability to improve the availability of equipment in the area of preparation and grinding of the company casa grande SAA", for this purpose deductive methods were applied, with a pre-type investigation. experimental, to a population of 45 teams in the area of preparation and milling of Agroindustrial Casa Grande SAA, obtaining as main results, an average of current availability of critical equipment equivalent to 86.13% for which a maintenance plan was established in the reliability, increasing the availability of critical equipment to 96.68%, the statistical hypothesis test was developed, student T having acquired the results less than 0.05, which favors the argument that the maintenance plan focused on reliability will increase the availability of the equipment of the agribusiness company Casa Grande S.A.A.

Keywords: Maintenance plan focused on reliability, availability

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

A partir de las existencias de las grandes creaciones en las maquinarias industriales, la percepción de mantenimiento logró ser de gran utilidad, siendo herramientas necesarias para combatir las anomalías que presentaban en el ámbito industrial. Hoy por hoy el mantenimiento adquiere una posición muy significativa y relevante en las nuevas tendencias de procesos productivos englobadas en la confiabilidad de la compañía, uno de los aspectos primordiales es la participación en el avance de la confiabilidad de los equipos, minimizando los acontecimientos ocasionados por los distintos eventos fortuitos, reflejado en severos costos y así aumentar el rendimiento y dependencia de sus servicios en las operaciones.

En el año 2017, se tuvo una disminución de 25.99% en la molienda de caña propia respecto al año 2016; habiéndose logrado una cosecha de 1'461,373 TM de caña, de las cuales el 98.17% se procesó en nuestro ingenio. La superficie cosechada alcanzó las 10,391 ha, registrándose una disminución de 31.32% respecto al 2016 **(auditados, 2017)**

Hoy en día la disponibilidad cumple un rol importante en la organización ya que es una manera de cuantificar cuanto tiempo el equipo está funcionando de una manera satisfactoria. A mayor disponibilidad los resultados serán exitosos por ende obtendremos una mayor productividad y mayor será el rendimiento sobre los activos, la empresa azucarera se encuentra compitiendo en el mercado, este ingenio azucarero se encuentra operando las 24 horas del día, por lo que los equipos de las diferentes áreas se encuentran trabajando en un rendimiento máximo recomendado, existe interrupciones en los procesos que imposibilitan cumplir la meta de producción, estas paradas no programadas ocasionan un gran pérdida a la producción las áreas de trapiche, calderos, lavaderos, fabrica y destilería, las cuales se dan por distintos factores, estas fallas consecutivas

ocasionan tiempos perdidos reflejados en el resultado de la calidad y los procesos para la obtención del azúcar. Al momento de citar tiempos perdidos, se asocia a las fallas existentes que suceden en la planta ocasionando paradas fortuitas en la compañía, en la que existen 2 factores muy importantes, tiempo de paradas mecánicas y los tiempos de paradas operacionales.

La empresa azucarera, no cuenta con el plan de mantenimiento de confiabilidad, no cuenta con una data de estado de criticidad de fallas, no existe una programación en la que designe el tipo de mantenimiento a aplicar a los distintos equipos de planta dependiendo el estado de criticidad, solo se aplica en mantenimiento correctivo no programado el cual ocasiona un costo elevado a la empresa ya que se está realizando en una secuencia muy continua

En el año 2017, se registraron 1764 horas de paradas no programadas en el área de Preparación y Molienda perteneciente a la gerencia de fábrica, las cuales se identificaron las paradas con mayor incidencia.

- Atoro en las masas de los molinos.
- Atoro en chute de descarga de bagazo.
- Rotura de raspadores bagaceros.
- Materia extraña en conductores de alimentación.
- Rotura de arrastradores conductor intermedio.
- Descarrilamiento de cadena de conductores.
- Atoro de bagazo en la desfibradora.
- Atoro de caña en la picadora.
- Rotura de arrastradores en mesa cañera.
- Rotura de sistemas rotativos

La organización muestra una preocupación por la producción de toneladas de azúcar y la producción de alcohol, si estas paradas no programadas continúan efectuándose, la empresa está expuesta a una baja producción, elevados costos por mantenimiento, un deterioro de maquinaria, retraso en la entrega del producto, inapropiada calidad de producto, y por ende perder la fidelidad del cliente.

Se pretende mejorar el rendimiento operacional garantizando como mínimo un 92% la disponibilidad de los equipos, aumentando así de esta manera la confiabilidad de los mismos.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Según **(Hernández, s.f.)** de la **“UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA”** en el año 2006, en su investigación titulada, **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD CASO LÍNEA SEIS DE PEPSICO ALIMENTOS S.C.A”**, la cual tiene como objeto elaborar e integrar una plana de mantenimiento aplicable en extrusores pertenecientes a la línea seis de Extruidos Blandos de la empresa Pepsico Alimentos S.C.A, Planta Santa Cruz, La investigación desarrollada estuvo enmarcada dentro de la categoría del tipo Proyecto Factible, ya que se hizo una propuesta que permitirá solucionar un problema determinado, Para la elaboración del presente trabajo de grado se realizó una investigación de campo, donde se obtuvieron los datos necesarios, que permitieron determinar cuál era la configuración y funcionamiento real de los extrusores de la Línea Seis de Extruidos Blandos. Posteriormente al interpretarse la información recaudada se determinó dónde estaba la problemática, en el diagnóstico se determinó que la gestión de mantenimiento está enfocada en actividades correctivas, lo que genera retrasos en los tiempos de producción. Para determinar la problemática existente, se hizo una revisión de la data operacional y los históricos de fallas de los equipos pertenecientes al proceso productivo, lo que indicó que los extrusores son los equipos que presentaron más horas de paradas no programadas. Luego de determinar el equipo crítico del proceso productivo, se realizó un AMEF para determinar cuáles son las causas y las consecuencias que generan las fallas funcionales, ya que en un inicio se identificó un 83% de disponibilidad en horas totales de mantenimiento,, posteriormente se elaboró un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para lograr aumentar progresivamente la disponibilidad asociado de manera operacional de los extrusores, de esta manera se reducirán costos asociados al mantenimiento y a las fallas del equipo, también le proporcionará a los

trabajadores las herramientas necesarias para atacar una falla según sea su criticidad y frecuencia de ocurrencia, además les brindará un ambiente de trabajo más seguro, mediante una reducción de los riesgos asociados a las fallas en los extrusores, lo cual obtenemos por resultado un aumento progresivo de la disponibilidad en un 93%, En este mismo orden de ideas, es importante destacar el plan de MCC en los Extrusores de la Línea Seis de Extruidos Blandos, sirve como punto de partida, para una futura aplicación en las líneas de producción restantes y de esta manera mejorar progresivamente la confiabilidad operacional de todos los activos de la empresa.

Según **(Salas, 2003)**, de la **“UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA”**, en su investigación titulada, **“APLICACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN confiabilidad (MCC), para una planta de pastas alimenticias”** en el año 2003, la cual tiene como objetivo principal desarrollar la Implementación un plan de mantenimiento para su planta, situada en CARRGIL DE VENEZUELA C.A, esta investigación es de tipo básica y nivel descriptivo ya que describe de forma global los sucesos con la finalidad de encontrar las posibles causas que puedan ocasionar paradas en la producción y daños en el equipo, a su vez se busca reducir los tiempos utilizado para el mantenimiento la cual se encuentra en un 67% de disponibilidad. Para esto se empleara una metodología basada en la confiabilidad la cual se obtendrá un mantenimiento más tecnológico y rutas más eficientes para los equipos evitando así las paradas no programadas teniendo como resultado final un 91% de disponibilidad de horas de rendimiento.

Según **(Baltazar, 2016)** de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU – Huancayo** , en su investigación titulada **“MANTENIMIENTO Basado EN LA CONFIABILIDAD PARA EL MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LOS VOLQUETES FAW EN GYM S.A.”** en el año 2016, tiene como objetivo frecuente emplear el mantenimiento centrado en la confiabilidad, utilizando las técnicas del mantenimiento para optimar la funcionabilidad de los volquetes de la compañía. Esta investigación es de modelo básico y nivel descriptivo con el fin de realizar un análisis exhaustivo para hallar los sucesos que ocasionan las fallas, originando el deterioro de sus componentes dejándolos en estado de inoperatividad. Dado a las anomalías en los diversos sistemas

mecánicos e hidráulicos que se identifican dentro de la estructura de los volquetes, estos volquetes quedan inoperativos en su programación de trabajos en campo, gracias a la identificación de esas paradas fortuitas se logró obtener el resultado de una funcionabilidad mecánica de 90,14%, este porcentaje de administración no se encuentra autorizado en la compañía. En la concurrente propuesta de investigación en cual tiene por objeto optimar la funcionabilidad de las maquinarias existentes en compañía, Se aplicó la metodología RCM, con la cual se consiguió un incremento de la disponibilidad en un 92%.

Según **(YLIQUIN, 2014)** de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO – LIMA**, en su investigación titulada “PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS PESADOS DE LA EMPRESA OBRAINSA” en el año 2014 la que tiene como objetivo desarrollar e integrar un plan de mantenimiento para maximizar la funcionabilidad de todos sus maquinarias, minimizando así las paradas imprevistas que amenazan al conjunto de los equipos pesados y reducir el costo de reparación como el tiempo del mismo, la investigación corresponde al método descriptivo la cual busca diagnosticar las fallas e identificar sucesos relevantes de cualquier fenómeno que se asocie en el análisis de la investigación, como parte del desarrollo se analizó los equipos con mayor índice de criticidad, obteniendo como resultados un porcentaje del 88% de la disponibilidad de los equipos pesados, se lograron identificar que una de las fallas puntuales es el desgaste prematuro las cuales originan daños en los equipos. Para finalizar se realizó un análisis para hallar las causas ocasionan las fallas de los equipos pesados y en sustento a estas se propusieron una serie de actividades que asegure el cuidado de los equipos, posterior al análisis obtendremos un resultado de disponibilidad de 92.5 %.

Según **(Sifuentes Inostroza, 2016)**, de la “**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – TRUJILLO**” en el año 2016, en su investigación que lleva por título “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”. La que tiene como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento, para ello se realizó una evaluación de la situación inicial del mantenimiento a los equipos eléctricos, con el fin de minimizar los costos de mantenimiento, y los

costos de tiempo de reparaciones continuas y asegurar el cumplimiento de la confiabilidad de los equipos empezando por los más críticos. La investigación corresponde a un método descriptivo la cual busca resaltar eventos específicos relacionadas a la producción, la cual se pretende analizar la investigación para la obtención de su rentabilidad, se evidenció que el periodo 2015, el total de horas perdidas fue 8715 horas, los indicadores de forma completa de los equipos eléctricos se identificó disponibilidad 90.45%, confiabilidad 90.48% y la mantenibilidad 7.19%. Todos los equipos eléctricos, poseen iguales características de diseño, posterior a ello se determina los elementos en fallas, tales como sus componentes que lo conforman, estos fueron sometidos a un análisis de criticidad, se procedió a ejecutar los AMEF, posterior a ello concluir que el 69% de los defectos existentes son de tipo indeseable,. La implementación del RCM, logró maximizar los indicadores de mantenimiento a los siguientes indicadores, disponibilidad del 97.04%, confiabilidad 97.31% y mantenibilidad 7.19%, minimizando las paradas programadas y los tiempos empleado para reducir averías en el proceso.

Según **(Corrales Castro, 2014)**, de la “**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – TRUJILLO**” en el año 2014, lleva por título “IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LA FLOTA DE PALAS ELÉCTRICAS TZ-WK12C EN LA UNIDAD MINERA SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. CON LA FINALIDAD DE AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD” La cual tiene como objetivo principal ejecutar un plan de mantenimiento para aumentar la funcionabilidad en la flota de Palas Eléctricas y como efecto de ello maximizar el MTBF, reducir el MTTR y los costos globales mantenimiento, logístico, producción, entre otros, La investigación corresponde a un método descriptivo la cual busca resaltar eventos específicos relacionadas a la producción, la cual se pretende analizar la investigación para la obtención de su rentabilidad lo cual se dispuso a Implementar un nueva plantilla de los tiempos muertos, en el que se identifica los defectos en el equipo contando con una disponibilidad de 83%, posterior a ello se logro identificar los equipos mas criticos en el área, tras haber identificado los elementos o sistemas más críticos se procede a tomar medidas para reducir paradas no programadas. la cantidad de ingresos y horas paradas de los equipos obteniendo como resultados una disponibilidad de 92%.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA

Según la fuente citada (**Garrido, 2003**) **Historia del Mantenimiento**, a términos del siglo dieciocho e inicio del siglo diecinueve la era donde comenzaron los trabajos de reparación en las maquinas industriales y de similar modo la lucha por la competitividad, relación de costos. De esta manera iniciaron a dar importancia al tema del mantenimiento, ya que si no se efectuaba un mantenimiento adecuado a los equipos producía paradas en una máquina, es así como surgió la idea de controlar estos defectos y tener el dominio de una maquina eficaz. Por lo que concluimos que la historia del mantenimiento camina en conjunto al desarrollo tecnológico de una industria ya que la producción depende de la disponibilidad de las maquinas por ende lograr una un porcentaje de buena disponibilidad es el cual nace la necesidad de tener un plan de mantenimiento. Gran parte de las fallas que se presentaban en aquellos años era el sobre esfuerzo que presentaban los equipos. En aquellos años la técnica de mantenimiento se aplicaba como reparación. En algunos años el mantenimiento era efectuado por el mismo usuario. Después de todos los acontecimientos históricos del siglo XIX, las industrias se organizaron de una manera que establecieron programas de mantenimiento de las maquinas entrenando a si a sus **estrategias de Mantenimiento**, entre ellas tenemos las siguientes estrategias del mantenimiento. Según (**Bona, 1999**) **Mantenimiento Correctivo**, es la actividad técnica empleada para corregir los daños ocasionado por fallas de operación o mecánicas este mantenimiento suele a darse cuando el equipo se encuentra no disponible.

El autor (**Bona, 1999**) Cita que el **Mantenimiento Correctivo No programado**, es aquel que se ejecuta sin haber sido planificado, posterior a un suceso el cual causo la inoperatividad del equipo sin contar con el equipo destinado.

Según el autor (**Garrido, Ingeniería del mantenimiento, 2009**) El **Mantenimiento Correctivo Programado o Planificado**, es aquel que se realiza

cuando fue planificado y a su vez se cuenta con los mecánicos adecuados, el material apropiado, las herramientas e instrumentos y la información necesaria para ejecutar un buena reparación.

(Garrido, Organización y gestión integral del mantenimiento, 2003)

Mantenimiento Preventivo, es aquel que se realiza cuando fue planificado efectuándose para disminuir la degradación y minorar la verosimilitud de fallo en las máquinas, el cual tiene por finalidad asegurar el proceso continuo. Este conjunto de tareas debe efectuarse con una frecuencia específica. El autor **(Garrido, 2009)** cita que el **Mantenimiento Predictivo**, este mantenimiento está centrado fundamentalmente en localizar una falla antes que se presente para tener el tiempo de repararlo sin daños al servicio y atención en el proceso, estas inspecciones debe ejecutarse de forma regular o prolongada, la condición para que se efectuó una técnica predictiva es que el defecto genere síntomas en la maquina (vibración, altas temperaturas, ultrasonido, desgastes, etc.), esto nos alertara las probables fallas que padece la máquina para aseguraras la funcionabilidad del mismo.

Según el autor **(Garrido, 2009) Mantenimiento En Uso**, es aquel mantenimiento de ciclo básico de una máquina realizado por los mismos usuarios de una manera inicial. Consiste en el mantenimiento propiamente dicho autónomo el personal operario con sus conocimiento básicos realiza un mantenimiento primario a la maquinaria, un paso a la mitología del TPM.

Según fuente **(Carlos Alberto Parra Marquez, 2012)** cita que **Análisis de Criticidad**, es una metodología que faculta analizar el estado global en la que encuentra la materia, Al momento de realizar un análisis de criticidad se debe establecer una matriz con los criterios de evaluación basado en la condición, para priorizar la selección de los resultados, esta técnica está asociada al mantenimiento, seguridad, costos, medio ambiente, cuando hablamos de la **Confiabilidad** se refiere a la consistencia de los resultados por medio de ella se llega a determinar la verosimilitud de que una maquina no se malogre en un determinado ciclo, según el autor **(Fernandez, 2005)** conceptúa la **Confiabilidad Operacional** como el conjunto de procesos de mejora continua que incorpora capacidades y métodos (integrados por procesos, tecnología y gente), esta tiene

la capacidad tácita de una instalación para efectuar su determinación el cual espera de ella, dentro de sus restricciones de planteamiento y sometido en un entorno operacional, esto incluye persona y equipos, esto implica un cambio de cultura en la compañía, el **mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)** es un mantenimiento más tecnológico, requiere de ciertos recursos y metodologías, pero sin duda alguna los resultados que se obtienen con esta técnica son indiscutiblemente buenas en una gestión del mantenimiento, el RCM se basa en analizar las fallas potenciales, se categorizan en diferentes niveles para la aplicación de los distintos tipos de mantenimientos.

Según fuente **(Fernandez, 2005)** El RCM es una metodología la cual otorga las siguientes mejoras.

- Incrementa la funcionabilidad de todos los equipos.
- Minimiza el mantenimiento correctivo o de reparación
- Disminuye las paradas fortuitas.
- Cambios de los parámetros de frecuencias y programación de tareas.
- Incorpora tareas idóneas.
- Se tiene un panorama claro sobre las consecuencias de las incidencias.
- Analiza e identifica las fallas potenciales del plan estructural.
- Identifica todas las causas que ocasionan repetición de fallas.
- Perfecciona el registro de insumos y repuestos.
- Disminuye los tiempos utilizados para reparación.
- Entrenar al personal, utilizando todos los recursos.
- Mejora la gestión del mantenimiento y los métodos operativos.

Según el autor (**López, 2016**) **AMEF**: es una herramienta usada para detectar las fallas potenciales en las que puede incurrir un proceso, producto, servicio o sistema. Es una herramienta desde la perspectiva del cliente y su objetivo es proteger sus intereses y su en esencia en la calidad.

Según el autor (**López, 2016**). **Árbol Lógico de Decisiones**, es un procedimiento que nos posibilita interpretar de manera gráfica (diagrama, árbol), una vez realizado el diagrama se toma una decisión la cual puede quedar documentada.

Según fuente (**López, 2016**). **Procedimiento para realizar el AMEF de un proceso – AMEFP**, se recomienda realizarlo en dos pasos: la identificación y la valoración. En primer lugar debe considerarse que para desarrollar esta técnica se requiere de un trabajo en campo lo cual se encargara de recopilar la información; por lo consiguiente el proceso debe tener la documentación idónea de los distintos elementos que lo conforman. Para lograr cumplir el AMEF se describen los siguientes pasos:

- Enumerar los pasos del proceso que serán analizados
- Listar los modos potenciales de falla
- Identificar cuáles son las orígenes que podrían haber originado los modos de falla
- Evaluar severidad
- Evaluar ocurrencia
- Evaluar detención
- Calcular RPN
- Identificar los puntos a atacar y las acciones de mejora.

Según (Garrido, 2009) Índice de Prioridad de Riesgo (IPR).

Es nombrado como una metodología de evaluación de riesgos, para cada incidencia de fallas es por lo que este índice es aplicado en el AMEF.

Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{IPR} = \text{G} * \text{F} * \text{D}$$

LOS INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, estos nos permite valorar de una manera cuantitativa y objetiva la gestión de mantenimiento estos se valoran en diferentes aspectos, sin duda los cuatro aspectos claves que son la disponibilidad, la fiabilidad, la vida útil de la instalación y el coste de mantenimiento que son los cuatro grandes objetivos, todos estos indicadores se pueden calcular manualmente o través de software, los indicadores nos permiten tomar decisiones más acertadas para ello debemos conocer la situación, elaborar informes, elaborar auditorias cuantitativas Según el autor **(Carlos Alberto Parra Marquez, 2012)** cita que el **MTBF (Tiempo medio entre fallos)**, es aquel tiempo de un activo que realiza su misión sin impedimento debido a una falla operacional, es decir es el periodo mientras un sistema realiza las actividades estipuladas posteriormente de la instalación.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Número total de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

El autor **(Carlos Alberto Parra Marquez, 2012)** cita que el **MTTR (Tiempo medio hasta la reparación)** es aquel periodo medio que una maquina esta inoperativa tras ser arreglado, por lo que nos proporciona la información de las anomalías partiendo desde el tiempo medio hasta el tiempo que dure la reparación del equipo.

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

El autor **(Garrido, 2003)** cita que la **Disponibilidad total**, Es el resultado tras aplicar los indicadores anteriores, teniendo mayor contingencia de manipulación, sin duda alguna nos mostrara la realidad total del activo.

$$\text{Disponibilidad Total} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas paradas por Mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

La **Disponibilidad por averías**: Es aquella que no considera los sucesos no programados al momento de efectuar el cálculo de los activos ya que esta fue planificada.

$$\text{Disponibilidad por averías} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas paradas por avería}}{\text{Horas Totales}}$$

La **Confiabilidad**: se refiere a la consistencia de los resultados, por medio de ella se llega a determinar la verosimilitud de que un equipo no falle en un determinado periodo.

$$R(t) = e^{-t}$$

Según **(Fernandez, 2005)** la **Mantenibilidad**: es la probabilidad de reparar las maquinas en un determinado tiempo después ha ocurrido la falla la cual presenta características como analizabilidad, cambiabilidad, estabilidad, conformidad, facilidad de prueba.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Según la fuente **(OEE, 2018)** cita que la **Eficiencia General de Equipos**, es un indicador que evalúa la operatividad del proceso continuo de un proceso correspondiente al nivel de operación anhelado, la OEE identifica áreas de mejoramiento, evalúa oportunidades de ingreso, descubre la fábrica oculta y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Velocidad} * \text{Calidad}$$

Según fuente **(EDUARDO, 2006) Software Aplicado para un análisis predictivo- ProModel**: es un software que sirve para elaborar simulaciones de distintas etapas de creación de piezas, etapas de ensamblaje, etapas de obtención, este programa tiene herramientas que nos admite diseñar, graficar y examinar su posición en el proceso productivo en un tiempo real, es decir es una herramienta de tomas de decisiones para extender las etapas de producción presentes examinando los cuellos de botella, mejorar los tiempos perdidos por distintos motivos, entre otras funciones.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera incide un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la disponibilidad de equipos en empresa Casa Grande S.A.A?

1.5. JUSTIFICACIÓN

El presente análisis se alega **teóricamente** ya que busca optimar la funcionabilidad de equipos seguida de una reducción de costos por mantenimiento de reparación, es preciso garantizar la disponibilidad de los equipos según los requerimientos para asegurar las operaciones continuas, minimizando las labores de mantenimiento correctivos no programados para excluir las paradas fortuitas, proteger el crecimiento de la producción, optimar los niveles de indicadores, y efectuar los objetivos de la organización, se justifica **tecnológicamente** por lo que propone el desarrollo del plan de mantenimiento, ya que provee una nueva perspectiva al mantenimiento concientizando a sus colaboradores en la importancia del mantenimiento dejando en el pasado el paradigma de que el mantenimiento es sólo correctivo y preventivo, como se tenía entendido en inicios del mantenimiento, permitiendo incluir nuevas tecnologías para conseguir resultados más eficaces. Se justifica **Socialmente** por lo que conlleva a relacionarse más con los colaboradores creando motivación a los colaboradores y fomentando labores en equipo, la cultura de mantenimiento proporciona un dialecto técnico sencillo de comprender para cualquier trabajador que se encuentre congruente con la técnica del mantenimiento es así como el técnico de mantenimiento tiene una comunicación efectiva. Esto facilita incluir al trabajador a tener una comunicación fluida e eficiente, **se justifica económicamente** ya que al reducir la tasa fallas, incrementara los ratios de producción, de tal modo que no sea necesario una parada no programada para ejecutar reparaciones en los equipos ya que esto generara costos económicos, aumentando la disponibilidad de los equipos logrando así producir a mayor

escala, garantizando así la reducciones costos por reparaciones no programadas. **Se justifica metodológicamente** es apto el modo del cual se centra esta investigación esto servirá como plantilla o referencias a futuros investigadores interesados en materias de similitud al tema.

1.6. HIPÓTESIS

La implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos, reduciendo las paradas no programadas

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

Implementar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos.

1.7.2. Objetivos Específicos

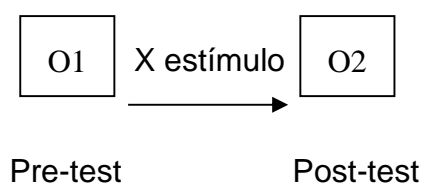
- Determinar el nivel actual de la disponibilidad de los equipos.
- Ejecutar un estudio modal de efecto y fallas (AMEF) a los equipos con índice altos de criticidad en planta y elaborar el plan de mantenimiento para los equipos críticos de área de preparación y molienda
- Modelar y simular en el software Promodel para determinar la disponibilidad de los equipos.
- Determinar la incidencia de la disponibilidad en los equipos tras la simulación en Promodel.

II. METODO

2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Pre Experimental. Se tiene una inspección menor de la variable independiente, se efectúa en un área (Preparación y molienda), esta administra un estímulo (mantenimiento centrado en la confiabilidad) mediante el cual se puede identificar el efecto de la variable dependiente (Disponibilidad de equipos), adhiriendo un ensayo antes y un ensayo posterior al haber efectuado estímulo.

Diseño de la investigación



G: grupo o muestra

O1, O2: observaciones del aumento en la disponibilidad

X: Estímulo: Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad

2.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.2.1. Descripción de Variables

Variables Independientes, cuantitativa: Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, implementación metodológica para aumentar la fiabilidad y disminuir las paradas no programadas.

Variables Dependientes, cuantitativa: mejorar la disponibilidad de los equipos, medida del tiempo trabajado de los equipos en el tiempo de producción.

2.2.2. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	MEDICION	INDICADORES	ESCALA
V.I Mantenimiento centrado en la confiabilidad	La implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción (Garrido, Ingeniería del mantenimiento, 2009)	Tiempo promedio entre el momento cuando ocurre la falla y el momento cuando está en reparada	MTTR (Horas)	$\frac{\text{Tiempo de Parada o Reparación}}{\text{N}^\circ \text{ Fallas}}$	Razón
		Tiempo promedio entre fallas en un periodo determinado	MTBF(Horas)	$\frac{\text{Horas de Operación}}{\text{N}^\circ \text{ Fallas}}$	
		Es un ratio veces/H	Tasa de reparación	$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}}$	
		Es un ratio fallas/H	Tasa de Fallas	$\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}}$	
		Semejanza para alternar la eficiencia productiva de las máquinas y líneas a través de un porcentaje.	Eficiencia General de los Equipos	$\text{OEE} = D t * R t * M(t)$	

Tabla 2. Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	MEDICION	INDICADORES	ESCALA
V.D Disponibilidad de los Equipos	La disponibilidad propiamente dicha es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada. Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado. (Garrido, Ingeniería del mantenimiento, 2009)	Es el % del tiempo que operó un equipo en un tiempo determinado	Disponibilidad (%)	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$	Razón
		Es el % del tiempo de un equipo para realizar una función requerida en un tiempo dado.	Confiabilidad (%)	$R(t) = e^{\frac{-\lambda * t}{100}} * 100$	
		Es el % del tiempo en ser mantenido o restablecido un equipo en un tiempo dado	Mantenibilidad (%)	$M(t) = 1 - e^{\frac{-\lambda * t}{100}} * 100$	

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Debido a que el resultado de la operación muestral de 45 equipos es un valor próximo a la población, se ejecutará a todos los equipos del área de preparación de caña y molienda.

2.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDES Y CONFIABILIDAD

- Para determinar el nivel actual en la disponibilidad de los equipos se ejecutara como técnica revisión documental y como instrumento formato de los Registro de tiempos perdidos (Ver anexo tabla N°39)
- Para ejecutar el AMEF a los equipos con índice de porcentaje alto de fallas en la planta se empleará como técnica la observación y como instrumento la matriz de análisis el formato AMEF (ver anexo tabla N°40)
- Para realizar la modulación y la simulación utilizaremos el software Promodel la cual determinara la disponibilidad de los equipos, y para la elaboración del plan de mantenimiento se utilizara una programación, para esto se empleara la técnica Programación - Simulación y como instrumento el Software simulador (ver anexo imagen N° 21 y tabla N° 48)
- Para determinar la incidencia de la disponibilidad de equipos posterior a la implementación del plan de mantenimiento se empleara como técnica la observación y como instrumento Tabla de cálculos comparativas (Ver anexo tabla N° 41)

2.4. METODO Y ANALISIS DE DATOS

2.4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVOS

Se organizara y analizara datos raíz de a su escala, se calcularan los indicadores de sus variables, estadísticas descriptivas entre ellos gráficos y tablas de frecuencias

2.4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL

Para evidenciar la hipótesis se acude a los ensayos de escala razón a la equiparación de muestras a equipos ejecutando un examen estadístico de Shapiro – Wilk para verificar la naturalidad de las referencias por incumbir a datos cuantitativos, donde se determinará sí los datos tienen un comportamiento normal, de ser así se aplicará la prueba t-student y si no la prueba estadística de Wilcoxon con un 95% de nivel de confianza, para probar la hipótesis.

2.5. ASPECTOS ÉTICOS

Posterior a las indagaciones adopta de manera responsable respetar los términos y resultados de los distintos autores y a su vez mantener bajo discreción los datos obtenidos por la empresa sin mencionar a los colaboradores que son partícipes del estudio de tal manera que solo se tomara datos autorizados por la misma.

III. RESULTADOS

3.1. DETERMINAR NIVEL ACTUAL DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS

3.1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa agroindustrial casa grande S.A.A, se encuentra ubicada en la provincia de Ascope, Departamento de la Libertad, actualmente cuenta con 48 años de registro de operación, empresa líder en el país, comercializadora de productos como el azúcar rubia, azúcar refinada, alcohol, bagazo.

3.1.2. EQUIPOS DEL ÁREA DE PREPARACIÓN Y MOLIENDA

El área de preparación y molienda de la empresa azucarera, se encarga de extraer la mayor cantidad de sacarosa posible y el la humedad mínima del bagazo para la alimentación de sus calderas, dicha área está compuesta de 45 equipos industriales tal y como se presenta los datos en la tabla N° 3 y 4

Tabla 3. Equipos del área de preparación.

CODIGO	UBICACIÓN	DESCRIPCION DEL SISTEMA /EQUIPO
CG-AZ-01-200-01	PREPARACION DE CAÑA	GRUA HILO
		MESA ALIMENTADORA
		NIVELADOR DE CAÑA
		CARDA
		CONDUCTOR N°1
		CONDUCTOR N° 2
		CONDUCTOR N° 3
		SISTEMA DE PEINES
		SISTEMA EXTRACTOR DE TIERRA
		SISTEMA DE LAVADO DE CAÑA
		MACHETERO
		CONDUCTOR N° 4

		BUSTER
		CONDUCTOR N° 5
		FIBERIZER
		CONDUCTOR N° 6
		FAJA COLECTORA
		CONDUCTOR FAJA N° 1-2-3

Fuente. Área Preparación de caña

Tabla 4. Equipos del área de molienda

CODIGO	UBICACIÓN	DESCRIPCION DEL SISTEMA /EQUIPO
CG-AZ-O1-200-02	MOLIENDA	CONDUCTOR DISTRIBUIDOR N° 1
		FAJA ALIMENTADORA
		TRANSPORTADOR HELECOIDAL
		LUBRICACION CENTRALIZADA FARVAL
		BOMBA DE IMBIBICIÓN
		BOMBA DE JUGO COLADO
		MOLINO BMA 2
		CONDUCTOR N° 13
		SISTEMA DE TRANSMISION BMA 2
		CONDUCTOR N° 11
		MOLINO CHANCADOR
		MOLINO N° 1
		CONDUCTOR DONELLY N° 1
		SISTEMA DE TRANSMISION MOLINO N° 1
		MOLINO N° 2
		CONDUCTOR DONELLY N° 2
		SISTEMA DE TRANSMISION MOLINO N° 2
		MOLINO N° 3
		CONDUCTOR DONELLY N° 3
		SISTEMA DE TRANSMISION MOLINO N° 3
		MOLINO N° 4
		CONDUCTOR DONELLY N° 4
		SISTEMA DE TRANSMISIÓN MOLINO N° 4
MOLINO N° 5		
CONDUCTOR DONELLY N° 5		
SISTEMA DE TRANSMISION MOLINO N° 5		
FILTRO ROTATIVO TROMEL		


Fuente. Área Molienda

3.1.3. ANALISIS DE FALLA PARA EQUIPOS

Se realizar un análisis para lograr identificar los defectos con mayor incidencia que causan los eventos no deseados por falta de un plan de mantenimiento, se analizará informes de los tiempos muertos en la frecuencia trimestral de Enero – Marzo 2018.


Los datos recopilados emanan de los colaboradores del área de preparación y molienda, tal y como se presenta en la tabla N° 5.

Tabla 5. Registro de los tiempos perdidos

 REGISTRO DE TIEMPOS PERDIDOS EN LA PRODUCCIÓN								
DESCRIPCION DEL SUCESO	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS (HORAS)					TIEMPO DE MTTO	EQUIPO	AREA
	INSTRUMENTACION	OPERACION	MECANICAS	ELECTRICAS	OTROS	TOTAL DE HORAS POR PARADAS NO PROGRAMADAS		
ROTURA DE BOCINAS			80.04			394.95	MOLINO BMA 2	PREPARACIÓN
			78.57				MOLINO BMA 1	MOLIENDA
			89.22				BUSTER	MOLIENDA
			70.29				MOLINO N° 3	PREPARACIÓN
FALLA EN CHUMACERA			68.15			452.19	MOLINO BMA 1	PREPARACIÓN
			60				MOLINO BMA 2	PREPARACIÓN
			89.19				BUSTER	MOLIENDA
			46.13				MESA RECIBIDORA	MOLIENDA
			36.54				MOLINO N° 4	MOLIENDA
			40.02				CONDUCTOR DE CAÑA N° 2	MOLIENDA
			22.98				MOLINO N° 3	MOLIENDA
			32.88				FILTRO ROTATIVO	MOLIENDA


EMBAGZAMIENTO DE MAZAS		78.28			340.25	FIBERIZER	PREPARACIÓN
		78.32				MOLINO BMA 2	MOLIENDA
		91.02				MOLINO BMA 1	MOLIENDA
		62.29				MOLINO N° 3	PREPARACIÓN

Fuente. Área de Preparación y Molienda

 REGISTRO DE TIEMPOS PERDIDOS EN LA PRODUCCIÓN								
DESCRIPCION DEL SUCESO	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS (HORAS)					TIEMPO DE MTTO	EQUIPO	AREA
	INSTRUMENTACION	OPERACION	MECANICAS	ELECTRICAS	OTROS	TOTAL DE HORAS POR PARADAS NO PROGRAMADAS		
DESCARRILAMIENTO DE CADENAS			74.19			523.56	CONDUCTOR DE CAÑA 3	PREPARACIÓN
			76.26				CONDUCTOR DE CAÑA 1	PREPARACIÓN
			35.32				FILTRO ROTATIVO	PREPARACIÓN
			44.38				CONDUCTOR DONELLY N° 2	PREPARACIÓN
			89.56				CONDUCTOR DE CAÑA 5	MOLIENDA
			33.45				MACHETERO	MOLIENDA
			42.54				FIBERIZER	MOLIENDA
			59.59				MESA RECIBIDORA	MOLIENDA
			68.27				CONDUCTOR DE CAÑA 2	PREPARACIÓN
CAIDA DE TENSIÓN				18.25		135.72	MOLINO BMA 1	PREPARACIÓN
				18.32			MOLINO BMA 2	PREPARACIÓN
				26.93			BUSTER	PREPARACIÓN

				3.27			MACHETERO	MOLIENDA
				13.45			FIBERIZER	MOLIENDA
				14.54			MOLINO N° 4	MOLIENDA
				14.32			MESA RECIBIDORA	MOLIENDA
				12.09			CONDUCTOR DE CAÑA N° 2	PREPARACIÓN
				14.55			MOLINO N° 3	MOLIENDA

Fuente. Área de Preparación y Molienda

 REGISTRO DE TIEMPOS PERDIDOS EN LA PRODUCCIÓN								
DESCRIPCION DEL SUCESO	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS (HORAS)					TIEMPO DE MTTO	EQUIPO	AREA
	INSTRUMENTACION	OPERACION	MECANICAS	ELECTRICAS	OTROS	TOTAL DE HORAS POR PARADAS NO PROGRAMADAS		
ROTURA DE PERNOS			58.35			283..05	MOLINO BMA 2	PREPARACIÓN
			74.92				MOLINO BMA 1	MOLIENDA
			88.92				MOLINO N° 4	MOLIENDA
			21.29				FILTRO ROTATIVO	PREPARACIÓN
ROTURA DE EJES			49.35			268.57	MOLINO BMA 2	PREPARACIÓN
			58.32				MOLINO BMA 1	MOLIENDA
			88.12				BUSTER	MOLIENDA
			20				CONDUCTOR DE CAÑA N° 1	PREPARACIÓN
ROTURA DE CHUCHILLAS		46.05				516.26	MOLINO BMA 2	PREPARACIÓN
			25.25				CONDUCTOR DE CAÑA 3	PREPARACIÓN
		94.98					BUSTER	PREPARACIÓN

		96.27			MACHETERO	MOLIENDA
		33.45			FIBERIZER	MOLIENDA
		94.54			MOLINO N° 3	MOLIENDA
		44.32			MESA RECIBIDORA	MOLIENDA
		27.09			CONDUCTOR DE CAÑA 2	MOLIENDA
		54.31			MOLINO N° 4	MOLIENDA

Fuente. Área de Preparación y Molienda

En la siguiente tabla N° 5 se explica las causas de los defectos en los equipos durante la frecuencia Trimestral Enero – Marzo 2018, estos datos ayudaran a realizar un análisis determinando los equipos con índice de mayor gravedad en el área de Preparación y molienda.

El tiempo de análisis comprende desde la fecha 01/01/2018 – 31/03/2018, tres meses que equivalentes a un tiempo neto programado (NTP) de 2160 horas. Cabe aclarar que los equipos trabajan las 24 horas del día.

Se debe tener en cuenta que para el área de preparación y molienda se para el proceso 16 horas semanales que equivale a 64 horas al mes que en tres meses es un equivalente de 192 horas (mantenimiento programado)

El tiempo empleado en la reparación (TTR) es el número de horas empleadas a corregir la falla, donde el tiempo de operación (TBF) es la cantidad total de horas de trabajo sin interrupción, esto es igual a:

$$\mathbf{TBF = TNP - (MP+TTR)}$$

Para calcular los índices del mantenimiento centrado en la confiabilidad recurrimos a las fórmulas planteadas en teorías relacionadas con el tema.

3.1.4. DISPONIBILIDAD ACTUAL DE LOS EQUIPOS REGISTRADOS CON TIEMPOS PERDIDOS

El registro de la tabla N° 5, nos puntualiza las interrupciones de las etapas por ello procedemos a evaluar la disponibilidad trimestral en cada uno de ellos, por lo consiguiente obtenemos los siguientes resultados mostrados en la tabla N° 6

Tabla 6. Disponibilidad actual equipos con tiempos perdidos

No.	Equipos	Horas de trabajo	Tiempo de paradas (Hrs)	N° de fallas	Mantenimiento preventivo programado	Disponibilidad	MTTR (Hrs / Falla)	MP + TTR (Mant. Prog + Tiempo de paradas)	MTBF (Hrs Fallas)	tasa de fallas	tasa de reparación	Confiabilidad	Mantenibilidad	OEE
1	MOLINO BMA 2	2160	390.43	10	192	80.16%	39.04	582.43	157.76	0.00634	0.0256	87.21%	42.49%	82.66%
2	MOLINO BMA 1	2160	389.23	10	192	80.22%	38.92	581.23	157.88	0.00633	0.0257	87.21%	42.59%	82.11%
3	BUSTER	2160	378.44	8	192	80.77%	47.31	570.44	198.70	0.00503	0.0211	89.70%	36.65%	81.57%
4	MACHETERO	2160	288.32	8	192	85.35%	36.04	480.32	209.96	0.00476	0.0277	90.22%	45.08%	75.46%
5	MOLINO N° 3	2160	264.65	7	192	86.55%	37.81	456.65	243.34	0.00411	0.0265	91.51%	43.52%	74.23%
6	FIBERIZER	2160	208.3	6	192	89.42%	34.72	400.30	293.28	0.00341	0.0288	92.90%	46.32%	70.94%
7	MOLONO N° 4	2160	175.65	6	192	91.07%	29.28	367.65	298.73	0.00335	0.0342	93.03%	52.18%	61.03%
8	MESA RECIBIDORA	2160	164.36	6	192	91.65%	27.39	356.36	300.61	0.00333	0.0365	93.07%	54.54%	78.66%
9	CONDUCTOR DE CAÑA 2	2160	135.38	6	192	93.12%	22.56	327.38	305.44	0.00327	0.0443	93.17%	61.60%	78.08%
10	CONDUCTOR DE CAÑA 3	2160	99.44	5	192	94.95%	19.89	291.44	373.71	0.00268	0.0503	94.38%	66.24%	76.02%
11	CONDUCTOR DE CAÑA 1	2160	96.26	5	192	95.11%	19.25	288.26	374.35	0.00267	0.0519	94.39%	67.43%	69.58%
12	FILTRO ROTATIVO	2160	89.49	5	192	95.45%	17.90	281.49	375.70	0.00266	0.0559	94.41%	70.08%	60.72%
13	CONDUCTOR DONELLY N° 2	2160	88.61	5	192	95.50%	17.72	280.61	375.88	0.00266	0.0564	94.42%	70.44%	59.76%
14	CONDUCTOR DE CAÑA 5	2160	89.56	5	192	95.45%	17.91	281.56	375.69	0.00266	0.0558	94.41%	70.05%	59.78%
TOTAL						90%						92.15	55%	72%

Fuente. Taba N° 5

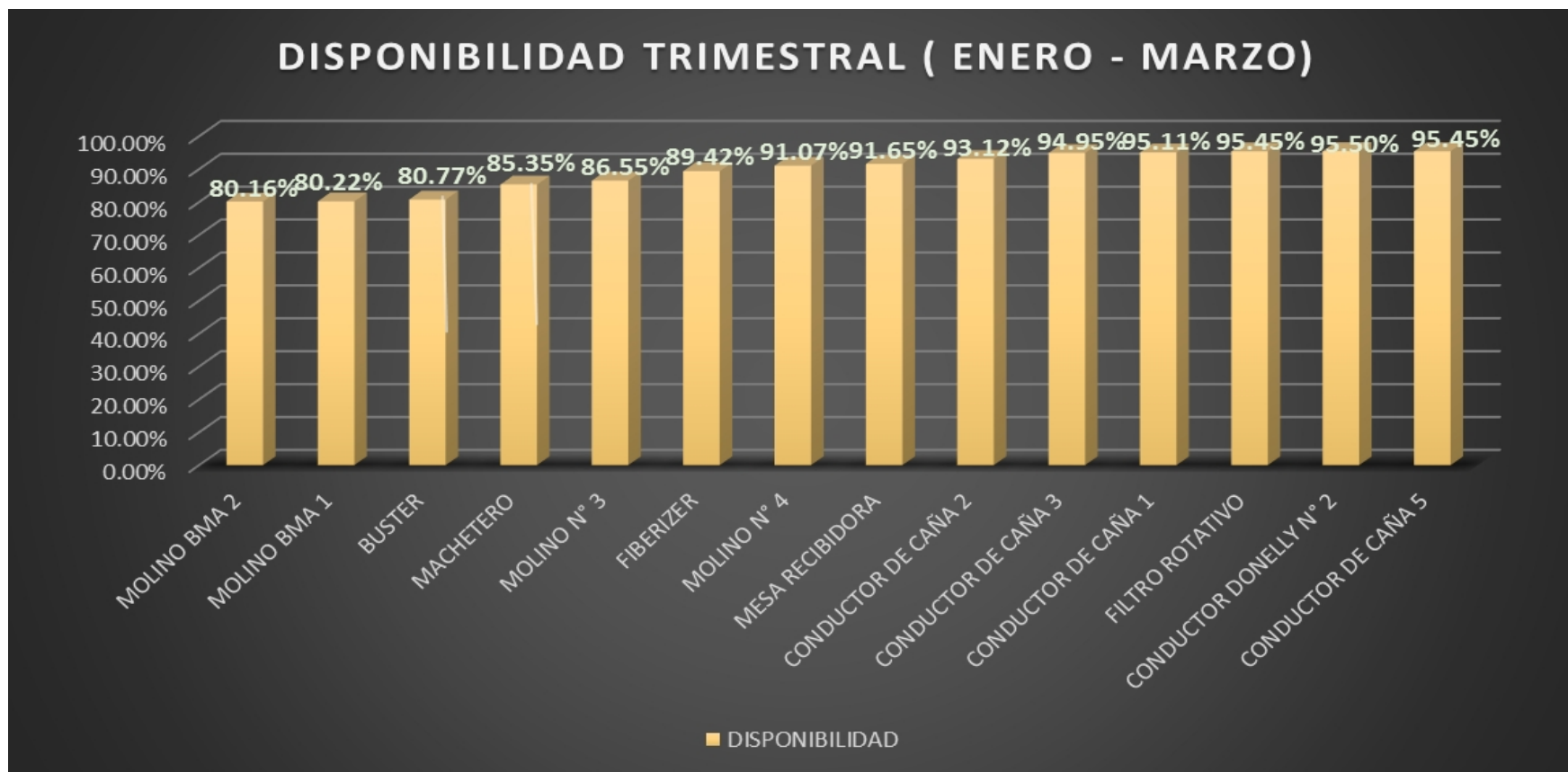


Figura 1. Disponibilidad Trimestral Enero - Marzo

Fuente. Taba N° 6

Las cifras adquiridas pertenecen a la disponibilidad trimestral de los equipos de la empresa Casa Grande S.A.A, en el periodo Enero – Marzo 2018, según tabla N° 6

3.1.5. DIAGRAMA DE PARETO – EQUIPOS CRITICOS

Se elabora la siguiente tabla N° 7, para determinar los equipos más críticos en el área de preparación y molienda.

Tabla 7. Determinación de equipos críticos del área de preparación y molienda.

No.	EQUIPOS	Frecuencias	% Relativo	% Acumulado
1	MOLINO BMA 2	390.43	13.66%	13.66%
2	MOLINO BMA 1	389.23	13.62%	27.28%
3	BUSTER	378.44	13.24%	40.52%
4	MACHETERO	288.32	10.09%	50.61%
5	MOLINO N° 3	264.65	9.26%	59.87%
6	FIBERIZER	208.3	7.29%	67.15%
7	MOLONO N° 4	175.65	6.15%	73.30%
8	MESA RECIBIDORA	164.36	5.75%	79.05%
9	CONDUCTOR DE CAÑA 2	135.38	4.74%	83.79%
10	CONDUCTOR DE CAÑA 3	99.44	3.48%	87.27%
11	CONDUCTOR DE CAÑA 1	96.26	3.37%	90.64%
12	FILTRO ROTATIVO	89.49	3.13%	93.77%
13	CONDUCTOR DONELLY N° 2	88.61	3.10%	96.87%
14	CONDUCTOR DE CAÑA 5	89.56	3.13%	100.00%
TOTAL		2858.12	100.00%	

Fuente. Pareto

Teniendo los datos de frecuencias estructuradas, las proporciones relativas y acumuladas se procede a realizar el diagrama de Pareto.

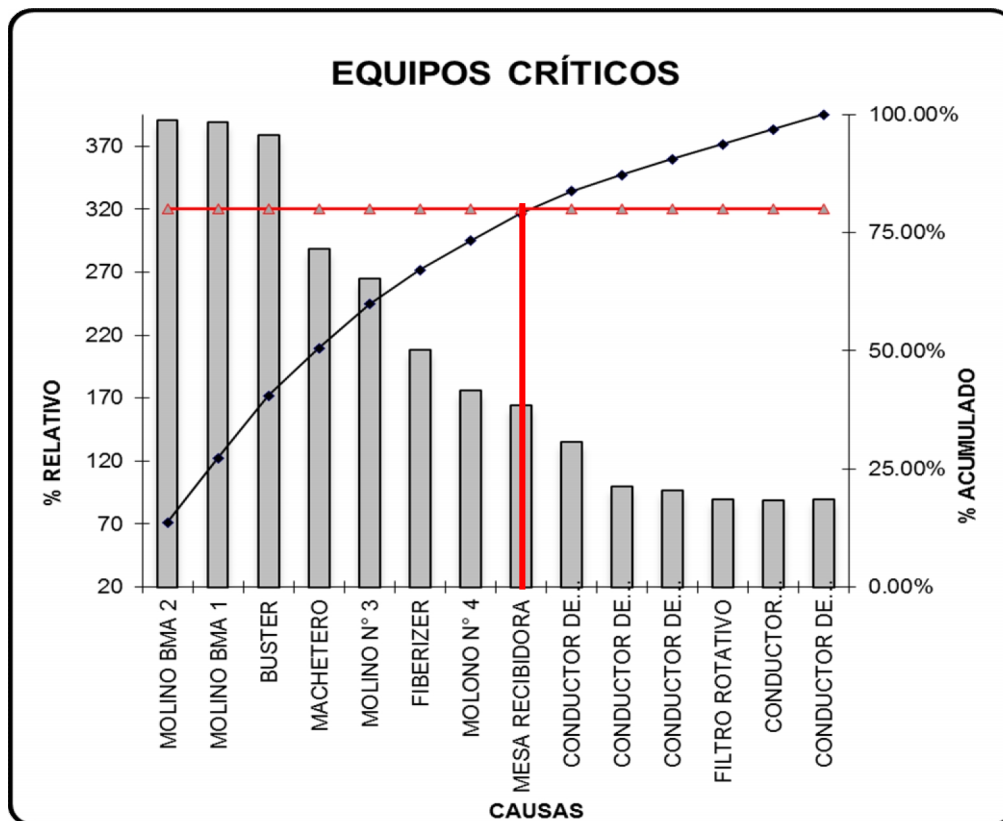


Figura 2. Pareto - Equipos Críticos

Fuente Tabla N° 7

Se puede observar que los equipos más críticos con un porcentaje de 80% de tiempos muertos son: molino BMA 2, molino BMA 1, buster, machetero, molino N° 3, fiberizer, molino N° 4, mesa recibidora.

3.1.6. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS ANALIZADOS POR PARETO

Después haber realizado el análisis de Pareto procedemos a calcular la disponibilidad actual de los equipos críticos como se presenta en la tabla N° 8.

Tabla 8. Disponibilidad equipos críticos actual basada en Pareto.

No.	Equipos	Horas de trabajo	Tiempo de paradas (Hrs)	N° de fallas	Mantenimiento preventivo programado	MTTR (Hrs / Falla)	MP + TTR (Mant. Prog + Tiempo de paradas)	MTBF (Hrs Fallas)	Tasa de fallas	Tasa de reparación	Disponibilidad	Confiabilidad	Mantenibilidad	OOE
1	MOLINO BMA 2	2160	390.43	10	192	39.04	582.43	157.76	0.00634	0.0256	80.16%	87.21%	42.49%	29.70%
2	MOLINO BMA 1	2160	389.23	10	192	38.92	581.23	157.88	0.00633	0.0257	80.22%	87.21%	42.59%	29.80%
3	BUSTER	2160	378.44	8	192	47.31	570.44	198.70	0.00503	0.0211	80.77%	89.70%	36.65%	26.56%
4	MACHETERO	2160	288.32	8	192	36.04	480.32	209.96	0.00476	0.0277	85.35%	90.22%	45.08%	34.71%
5	MOLINO N° 3	2160	264.65	7	192	37.81	456.65	243.34	0.00411	0.0265	86.55%	91.51%	43.52%	34.47%
6	FIBERIZER	2160	208.3	6	192	34.72	400.30	293.28	0.00341	0.0288	89.42%	92.90%	46.32%	38.48%
7	MOLONO N° 4	2160	175.65	6	192	29.28	367.65	298.73	0.00335	0.0342	91.07%	93.03%	52.18%	44.21%
8	MESA RECIBIDORA	2160	164.36	6	192	27.39	356.36	300.61	0.00333	0.0365	91.65%	93.07%	54.54%	46.52%
TOTAL				61		290.50		1860.24			85.65%	90.61 %	45%	36%

Fuente. Figura N° 2

Al realizar los cálculos correspondientes obtenemos como resultado una disponibilidad trimestral de 85.65% de los equipos más críticos según Pareto (Figura N°2) en el área de preparación y molienda.

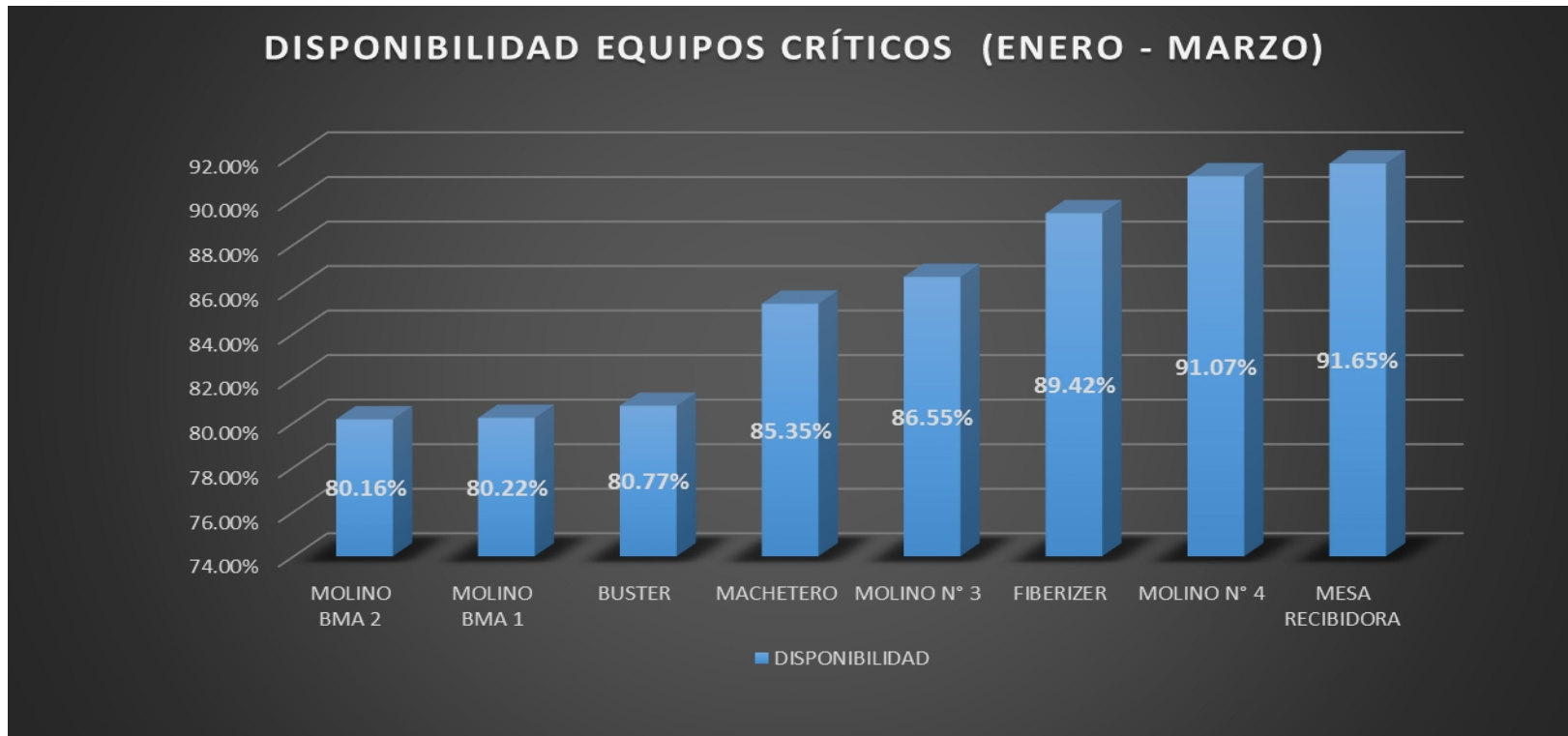


Figura 3. Disponibilidad Trimestral equipos críticos

Fuente. Taba N° 8

Las cifras adquiridas pertenecen a la disponibilidad trimestral de los equipos críticos según Pareto (tabla N°8), en el periodo Enero – Marzo 2018.

3.2. EJECUCIÓN DEL AMEF

3.2.1. CONSTITUCIÓN DEL EQUIPO AMEF

El equipo AMEF, es conformado por el personal de planta

- Jefe de área de Preparación y molienda
- Planner de mantenimiento de Fabrica
- Supervisores de turnos
- Operadores del área de preparación y molienda

3.2.2. IDENTIFICAR EL TIPO DE AMEF

Este proyecto tiene las características necesarias para dos tipos de AMEF:

PRODUCTO Y PROCESO, ya que se ejerce como herramienta predictiva para identificar probables fallas en el diseño, maximizando las posibilidades de proyectarse a los efectos que pueden presentarse ante el usuario o en el proceso de producción.

Para realizar el AMEF, se debe tener en cuenta las tablas del IPR, así mismo la valoración de los resultados de los índices para determinar las acciones a realizar. Se realizara el AMEF a los equipos más críticos identificados según Pareto (tabla N°8) que se detallan a continuación:


- Molino BMA 2.
- Molino BMA 1.
- Buster.
- Machetero.
- Molino N° 3.
- Fiberizer.
- Molino N° 4.
- Mesa recibidora.

Tabla 9. Cuadro A.M.E.F – MOLINO BMA 2

	ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)									
	DISEÑO / PROCESO MEDIOS					Planta de Producción de Azúcar				
AREA:	MOLIENDA					Preparado por:				
DEPARTAMENTO:	TRAPICHE					Revisado por:				
EQUIPO:	MOLINO BMA N° 2					Aprobado O.T.:				
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	
Extracción del pre jugo de sacarosa a una velocidad continua	No extrae la cantidad de jugo de sacarosa pronosticada	Rotura bocinas	Elevadas temperaturas, puede parar la producción.	Mecánicas	Atoro y desgaste	8	3	7	168	Establecer una frecuencia de inspección y lubricación.
		Falla en chumacera	Eleva la vibración, lo cual ocasiona daños en sus componentes y puede ocasionar un corrimiento en el eje lo que imposibilita su operación y con esto afecta el proceso de producción	Mecánicas	Soltura mecánica, atoro y desgaste	8	3	6	144	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
		Rotura de ejes	Al fragmentar el eje impide la operación y se debe parar el molino, esto afecta el proceso de Producción.	Mecánicas	Fisura, fatiga	7	5	7	245	Análisis Ultrasonido
		Rotura de pernos	Deja de unir los acoplamientos	Mecánicas	Pernos sueltos o mal ajustados	7	3	5	105	Revisar ajuste de los pernos al termino del alineamiento
	Disparo de protección de motor eléctrico	Caída de tensión	El motor eléctrico se bloquea y deja de trabajar logrando paralizar la alimentación de las masas	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de rodamientos	6	3	5	90	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.
	Excesiva carga (bagazo)	Embagazamiento de dientes de maza	Rotura de dientes de las masas	Operativas	atoro de bagazo	6	4	5	120	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción.
		Rotura de cuchillas	Paraliza bombeo de jugo de caña	Operativas	Canales de masas obstruidos	6	5	4	120	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción

Fuente. Anexo - Tabla N° 42, 43, 44

Tabla 10. Cuadro A.M.E.F – MOLINO BMA 1

 ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F) DISEÑO / PROCESO MEDIOS						Planta de Producción de Azúcar				
						Fecha:				
AREA:	MOLIENDA					Preparado por:				
DEPARTAMENTO:	TRAPICHE					Revisado por:				
EQUIPO:	MOLINO BMA 1					Aprobado O.T.:				
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	
Extracción del pre jugo de sacarosa a una velocidad continua	No extrae la cantidad de jugo de sacarosa pronosticada	Falla en chumacera	Eleva la vibración, lo cual ocasiona daños en sus componentes y puede ocasionar un corrimiento en el eje lo que imposibilita su operación y con esto afecta el proceso de producción	Mecánicas	Soltura mecánica, atoro y desgaste	8	4	7	224	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
		Rotura de ejes	Al fragmentar el eje impide la operación y se debe parar el molino, esto afecta el proceso de Producción.	Mecánicas	Fisura, fatiga	7	4	7	196	Análisis Ultrasonido
		Rotura de pernos	Deja de unir los acoplamientos	Mecánicas	Pernos sueltos o mal ajustados	7	3	7	147	Revisar ajuste de los pernos
		Rotura bocinas	Elevadas temperaturas, puede parar la producción.	Mecánicas	Atoro y desgaste	8	4	7	224	Establecer una frecuencia de inspección y lubricación.
	Disparo de protección de motor eléctrico	Caída de tensión	El motor eléctrico se bloquea y deja de trabajar logrando paralizar la alimentación de las masas	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de rodamientos	6	5	6	180	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.
	Excesiva carga (bagazo)	Embagazamiento de dientes de maza	Rotura de dientes de las masas	Operativas	atoro de bagazo	7	5	5	175	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción.



Fuente. Anexo - Tabla N° 42, 43, 44

Tabla 11. Cuadro A.M.E.F – BUSTER

Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	
Desfibrar la caña picada a una velocidad continua	No hay una desfibrada de caña efectiva	Rotura bocinas	Elevadas temperaturas, puede parar la producción.	Mecánicas	Atoro y desgaste	7	4	7	196	Establecer una frecuencia de inspección y lubricación.
		Falla en chumacera	Eleva la vibración, lo cual ocasiona daños en sus componentes y puede ocasionar un corrimiento en el eje lo que imposibilita su operación y con esto afecta el proceso de producción	Mecánicas	Soltura mecánica, atoro y desgaste	6	5	5	150	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
		Rotura de ejes	Al fragmentar el eje impide la operación y se debe parar el molino, esto afecta el proceso de Producción.	Mecánicas	Fisura, fatiga	7	4	7	196	Análisis Ultrasonido
	Excesiva carga de caña picada	Rotura de cuchillas	Paraliza la desfibración de la caña	Operativa	Atoro de bagazo	6	5	6	180	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción
	Disparo de protección de motor eléctrico	Caída de tensión	El motor eléctrico se bloquea y deja de trabajar logrando paralizar la alimentación de las masas	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de rodamientos	5	5	6	150	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.

Fuente. Anexo - Tabla N° 42, 43, 44

Tabla 12. Cuadro A.M.E.F – MACHETERO

	ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)									
	DISEÑO	PROCESO	MEDIOS			Planta de Producción de Azúcar				
AREA:	PREPARACION DE CAÑA					Preparado por:				
DEPARTAMENTO:	LAVADEROS					Revisado por:				
EQUIPO:	MACHETERO					Aprobado O.T.:				
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	
Picar la caña entera a una velocidad continua	No realiza un buen corte de caña	Rotura de ejes	Al fragmentar el eje impide la operación y se debe parar el molino, esto afecta el proceso de Producción.	Mecánicas	Fisura, fatiga	6	5	7	210	Análisis Ultrasonido
		Falla en chumacera	Eleva la vibración, lo cual ocasiona daños en sus componentes y puede ocasionar un corrimiento en el eje lo que imposibilita su operación y con esto afecta el proceso de producción	Mecánicas	Soltura mecánica, atoro y desgaste	4	5	5	100	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
		Rotura bocinas	Elevadas temperaturas, puede parar la producción.	Mecánicas	Atoro y desgaste	6	5	7	210	Establecer una frecuencia de inspección y lubricación.
		Descarrilamiento de cadenas	Al salir de su carril provoca una tensión en el sprockets, parando al equipo	Mecánicas	Atoro de caña	5	5	4	100	Alineamiento de Sprockets
	Exceso de carga de caña entera	Rotura de cuchillas	Paraliza la desfibración de la caña	Operativa	Atoro de bagazo	5	4	7	140	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción
	Disparo de protección de motor eléctrico	Caida de tensión	El motor eléctrico se bloquea y deja de trabajar logrando paralizar la alimentación de las masas	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de rodamientos	5	5	6	150	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.

Fuente. Anexo -Tabla N° 42, 43, 44

Tabla 13. Cuadro A.M.E.F – MOLINO N° 3

Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	
Extracción de sacarosa mediante la flotación masas	No extrae la cantidad de sacarosa suficiente	Falla en chumacera	Eleva la vibración, lo cual ocasiona daños en sus componentes y puede ocasionar un corrimiento en el eje lo que imposibilita su operación y con esto afecta el proceso de producción	Mecánicas	Soltura mecánica, atoro y desgaste	5	5	7	175	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
		Rotura bocinas	Elevadas temperaturas, puede parar la producción.	Mecánicas	Atoro y desgaste	4	6	7	168	Establecer una frecuencia de inspección y lubricación.
	Disparo de protección de motor eléctrico	Caída de tensión	El motor eléctrico se bloquea y deja de trabajar logrando paralizar la alimentación de las masas	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de rodamientos	5	4	6	120	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.
	Excesiva carga (bagazo)	Rotura de cuchillas	Paraliza bombeo de jugo de caña	Operativas	Canales de masas obstruidos	4	5	4	80	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción
		Embagazamiento de dientes de maza	Rotura de dientes de las masas	Operativas	atoro de bagazo	3	4	5	60	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción.



Fuente. Anexo - Tabla N° 42, 43, 44

Tabla 14. . Cuadro A.M.E.F – FIBERIZER

Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	
Desfibrar la caña picada a una velocidad continua	No hay una desfibrada de caña efectiva	Rotura bocinas	Elevadas temperaturas, puede parar la producción.	Mecánicas	Atoro y desgaste	5	4	6	120	Establecer una frecuencia de inspección y lubricación.
		Descarrilamiento de cadenas	Al salir de su carril provoca una tensión en el sprockets, parando al equipo	Mecánicas	Atoro de caña	6	6	5	180	Alineamiento de Sprockets
		Rotura de ejes	Al fragmentar el eje impide la operación y se debe parar el molino, esto afecta el proceso de Producción.	Mecánicas	Fisura, fatiga	3	4	5	60	Análisis Ultrasonido
	Disparo de protección de motor eléctrico	Caida de tensión	El motor eléctrico se bloquea y deja de trabajar logrando paralizar la alimentación de las masas.	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de rodamientos	5	4	4	80	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.
	Excesiva carga (bagazo)	Embagazamiento de dientes de maza	Rotura de dientes de las masas	Operativas	atoro de bagazo	4	3	5	60	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción.
		Rotura de cuchillas	Paraliza bombeo de jugo de caña	Operativas	Canales de masas obstruidos	3	5	5	75	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción



Fuente. Anexo - Tabla N° 42, 43, 44

Tabla 15. Cuadro A.M.E.F – MOLINO N° 4

 ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F) DISEÑO / PROCESO MEDIOS										
		Planta de Producción de Azúcar								
		Fecha:								
AREA:	MOLIENDA					Preparado por:				
DEPARTAMENTO:	TRAPICHE					Revisado por:				
EQUIPO:	MOLINO N° 4					Aprobado O.T.:				
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	
Realizar el pre secado del bagazo para alimentación de la caldera	Existe humedad alta en el bagazo	Falla en chumacera	Eleva la vibración, lo cual ocasiona daños en sus componentes y puede ocasionar un corrimiento en el eje lo que imposibilita su operación y con esto afecta el proceso de producción.	Mecánicas	Soltura mecánica, atoro y desgaste	6	4	6	144	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
		Rotura de pernos	Deja de unir los acoplamientos	Mecánicas	Pernos sueltos o mal ajustados	3	5	5	75	Revisar ajuste de los pernos
	Disparo de protección de motor eléctrico	Caída de tensión	El motor eléctrico se bloquea y deja de trabajar logrando paralizar la alimentación de las masas.	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de rodamientos	2	6	6	72	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.
	Excesiva carga (bagazo)	Rotura de cuchillas	Paraliza bombeo de jugo de caña	Operativas	Canales de masas obstruidos	4	5	5	100	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción
		Embagazamiento de dientes de maza	Rotura de dientes de las masas	Operativas	atoro de bagazo	4	4	5	80	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción.

Fuente. Anexo Tabla N° 42, 43, 44

Tabla 16. Cuadro A.M.E.F – MESA RECIBIDORA

	ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)									
	DISEÑO	PROCESO	MEDIOS			Planta de Producción de Azúcar				
AREA:	PREPARACION DE CAÑA					Preparado por:				
DEPARTAMENTO:	LAVADEROS					Revisado por:				
EQUIPO:	MESA RECIBIDORA					Aprobado O.T.:				
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	
Picar la caña entera a una velocidad continua	No realiza un buen corte de caña	Falla en chumacera	Eleva la vibración, lo cual ocasiona daños en sus componentes y puede ocasionar un corrimiento en el eje lo que imposibilita su operación y con esto afecta el proceso de producción.	Mecánicas	Soltura mecánica, atoro y desgaste	6	4	5	120	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
		Descarrilamiento de cadenas	Al salir de su carril provoca una tensión en el sprockets, parando al equipo	Mecánicas	Atoro de caña	6	4	5	120	Alineamiento de Sprockets
	Exceso de carga de caña entera	Rotura de cuchillas	Paraliza la desfibración de la caña	Operativa	Atoro de bagazo	4	2	4	32	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción
	Disparo de protección de motor eléctrico	Caída de tensión	El motor eléctrico se bloquea y deja de trabajar logrando paralizar la alimentación de las masas	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de rodamientos	6	3	5	90	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.

Fuente. Anexo - Tabla N° 42, 43, 44

3.2.3. RESULTADOS IPR

Tras realizar el AMEF a los equipos críticos del área de preparación y molienda calculamos los resultados de los índices de prioridad de riesgo para determinar el grado en el que se encuentra según la tabla de valores IPR (Anexo – tabla N° 45), el resultado es el siguiente, la cual presentamos en la tabla N° 17.

Tabla 17. Resultado del IPR de equipos críticos.

EQUIPOS	IPR	
Molino BMA 2	992	ALTO RIESGO DE FALLA
Molino BMA 1	958	ALTO RIESGO DE FALLA
Buster	947	ALTO RIESGO DE FALLA
Machetero	910	ALTO RIESGO DE FALLA
Molino N° 3	603	ALTO RIESGO DE FALLA
Fiberizer	575	ALTO RIESGO DE FALLA
Molino N° 4	471	RIESGO DE FALLA MEDIA
Mesa recibidora	362	RIESGO DE FALLA MEDIA

Fuente. Cuadro AMEF.

Tras analizar los promedios de indicadores de riesgo es que obtenemos las acciones a tomar ante los distintos tipos de falla:

Tabla 18. Plan de Mantenimiento

MODO DE FALLAS	PLAN MANETENIMIENTO
Rotura bocinas	Establecer una frecuencia de inspección y lubricación.
Falla en chumacera	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
Rotura de ejes	Establecer Análisis Ultrasonido a los equipos
Rotura de pernos	Revisar ajuste de los pernos al termino del alineamiento
Caída de tensión	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.
Embagazamiento de dientes de maza	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción.
Rotura de cuchillas	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción

Fuente. Cuadro AMEF.

3.2.4 PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Se elabora la propuesta del plan de mantenimiento luego de haber realizado el AMEF para los equipos críticos, el cual se realizará el presente año, para lo que se establecen distintas frecuencias en el tiempo los cuales serán propuestos y aplicados durante los siguientes meses del año 2018, empezando desde el mes de abril tal y como se observa en la tabla N° 19

Tabla 19. Plan de mantenimiento

Actividades	1-Abr	2-Abr	3-Abr	4-Abr	5-Abr	6-Abr	7-Abr	8-Abr	9-Abr	10-Abr	11-Abr	12-Abr	13-Abr	14-Abr	15-Abr	16-Abr	17-Abr	18-Abr	19-Abr	20-Abr	21-Abr	22-Abr	23-Abr	24-Abr	25-Abr	26-Abr	27-Abr	28-Abr	29-Abr	30-Abr
Análisis Vibracional Machetero							■															■								
lubricación semanal molinos BMA							■							■								■						■		
Lubricación diaria de molino 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis Ultrasonido Molino N° 2		■																												
Análisis termografía tableros eléctricos molinos									■															■						
Lubricación diaria de molino 1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis Vibracional Buster							■															■								
Ultrasonido molino 1					■																									
Lubricación diaria de molino 4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis Vibracional Mesa recibidora	■														■															■
Análisis Vibracional Fiberizer							■															■								
Lubricación diaria de molino 3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis termografía Mesa recibidora			■														■													
Análisis Vibracional Molino 4							■															■								
Capacitar al personal de operación										■																				

Fuente. Elaboración Propia

Según la tabla N°19, muestra el plan de mantenimiento efectuar a los equipos críticos por lo que se establecen frecuencias en el tiempo, a continuación detalláramos las frecuencias a realizar

a) Frecuencia de Lubricación: la lubricación es una de las técnicas predictivas el lubricante tiene la finalidad de reducir el rozamiento de dos cuerpos, la frecuencia de lubricación se da por condición de los equipos, para ellos se tiene que sustraer aceite y examinarlos en un laboratorio para determinar la condición del mismo, en esta empresa ya cuentan con una frecuencia de muestreo tal y como se observa en el anexo (figura N° 12), la frecuencia de lubricación se realiza de forma diaria y semanal como se observa en el anexo (tabla N° 33 y 34)

b) Frecuencia de Vibraciones: El análisis de vibraciones permite diagnosticar el estado de las máquinas y sus componentes mientras está en operación tal y como se muestra en el anexo (figura N° 13), la frecuencia de vibraciones será quincena tal y como se muestra en el anexo (tabla N°35), esta técnica permitirá detectar por medio de vibraciones:

Desbalanceo

Desalineamiento

Defecto de rodamientos

Ejes torcidos

Desajuste mecánico

Defectos de engranajes

Defectos de transmisiones por correa

c) Frecuencia de Análisis Ultra sonido: El análisis ultrasonido es capaz de proporcionar resultados certeros, las cuales podemos identificar una gran cantidad de modo de fallas tal y como se muestra en el anexo (Figura N° 15), la frecuencia del análisis ultrasonido se realizara mensual tal y como se muestra en el anexo (tabla N°36)

- d) Alineamiento y ajustes de pernos:** El ajuste de pernos se puede realizar con el equipo operando, no obstante al encontrarse flojos los pernos ya sufrió un Desalineamiento, el cual tendrá que atenderse de una manera directa, esto quiere decir que no existe una frecuencia establecida para realizar un alineamiento, esta actividad permitirá el ahorro de energía en el equipo y evitara futuras fallas por lo cual contamos con un alineador laser para realizar la operación tal como se muestra en el anexo (figura N°17)
- e) Frecuencia de mediciones de temperatura por termografía:** Esta técnica se realiza a través de una cámara termográfica, la termografía por infrarrojos se realizará a los tableros eléctricos tal y como se observa en el anexo (figura N°19), la frecuencia de medición de temperaturas por termografía se realizara será quincenal tal y como se muestra en el anexo (tabla N° 37)
- f) Capacitar al personal sobre los parámetros de producción:** Se brindara la información necesaria sobre el impacto operativo, en los resultados de la producción en la calibración de patrones y cumplimiento de parámetros lo cual se realizara con una frecuencia mensual tal y como se muestra en la (Tabla N° 38) para que exista una retroalimentación continua operadores – jefatura

3.3. MODELAR Y SIMULAR EN EL SOFTWARE PROMODEL PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS.

3.3.1. Simulación de la situación actual de los equipos críticos en el programa Promodel 2016

Tras haber efectuado el plan de mantenimiento, utilizaremos el programa Promodel 2016, el cual será de gran ayuda ya que este programa nos permite ingresar las fallas y obtendremos la simulación de la situación actual tal como se presenta en la figura N° 4.

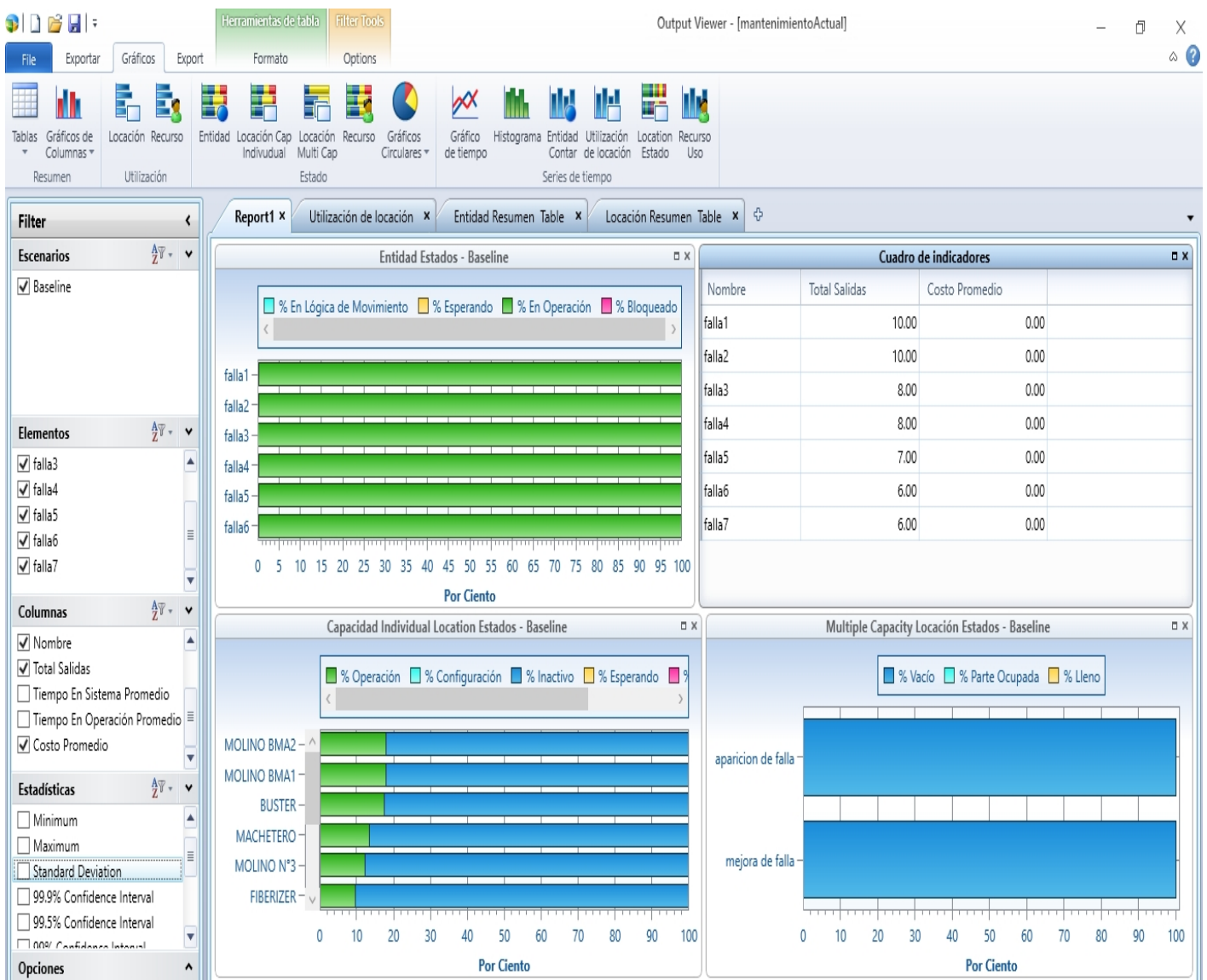


Figura 4. Cantidad de fallas generadas por simulación - Actual

Fuente. Elaboración propia en Promodel

Una vez ingresada las fallas, procedemos a ingresar los datos en los arribos donde los datos que se tomaran en cuenta son los de disponibilidad de equipos críticos según el cálculo que muestra la tabla N° 8.

Por lo consiguiente observaremos el porcentaje de error con valor absoluto tal y como se indica en la Figura N° 5.

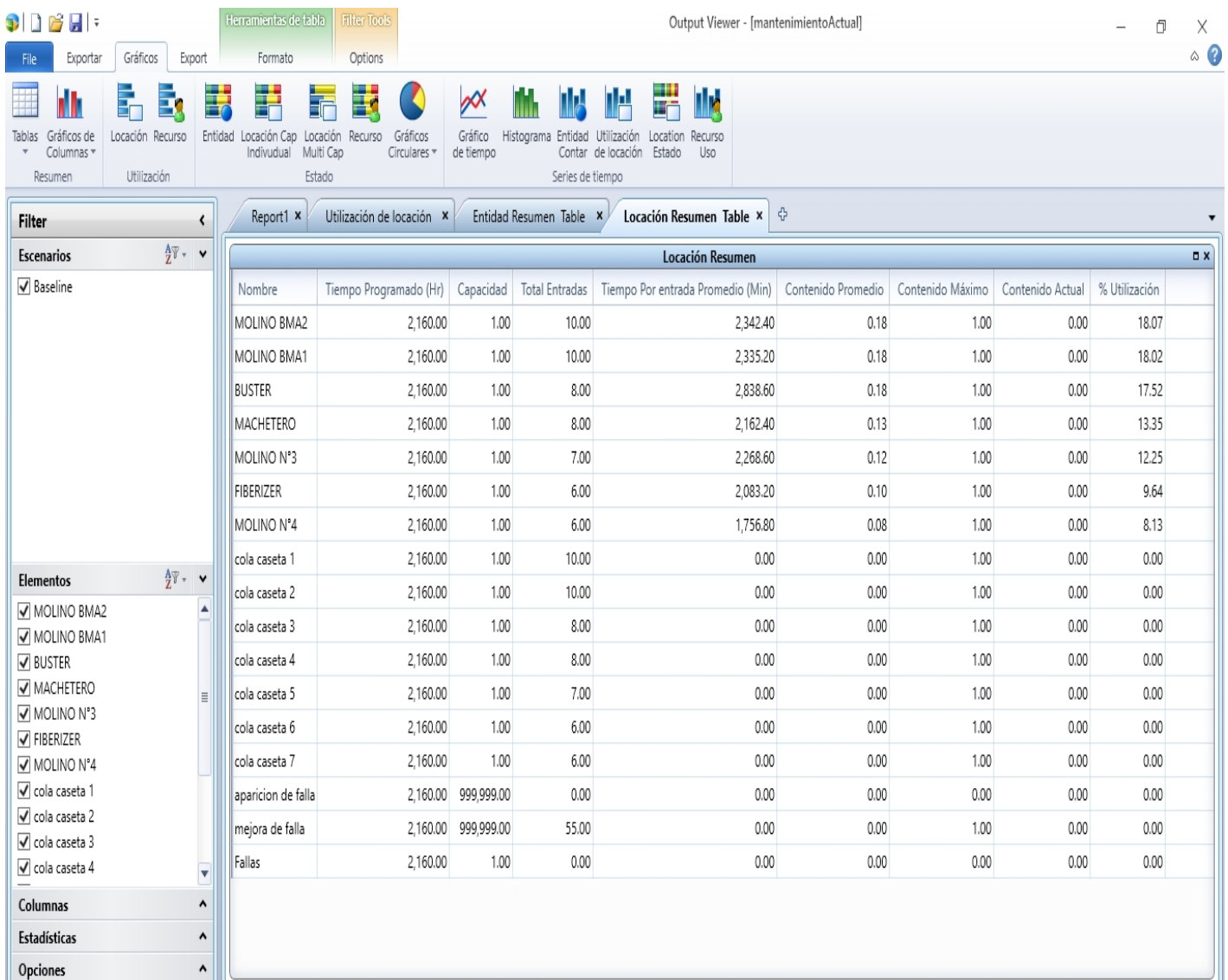


Figura 5. Porcentaje de uso de tiempo de falla por máquina - Actual

Fuente. Elaboración propia en Promodel

Según la figura N° 5, se realiza la simulación del porcentaje de fallas lo cual procedemos a interpretar el reporte de simulación como se indica en la Tabla N° 20.

Tabla 20. Reporte simulación actual

EQUIPOS	MAXIMA DISPONIBILIDAD	UTILIZACION	DISPONIBILIDAD ACTUAL
Uso de Molino BMA 2	100%	18.07%	81.93%
Uso de Molino BMA 1	100%	18.02%	81.98%
BUSTER	100%	17.52%	82.48%
MACHETERO	100%	13.55%	86.65%
MOLINO N° 3	100%	12.25%	87.65%
FIBERIZER	100%	9.64%	90.36%
MOLINO N° 4	100%	8.13%	91.87%

Fuente. Elaboración propia en Promodel

Los equipos críticos del área de preparación y molienda se simularon con un porcentaje de error (con valor absoluto), la cual se obtiene al emplear la operación siguiente cálculo real Excel – calculo con simulación, como se indica en la tabla N° 21.

Tabla 21. Porcentaje de error con valor absoluto - Actual

EQUIPOS	CALCULO REAL EN EXCEL	CALCULO PROMODEL	PORCENTAJE DE ERROR (CON VALOR ABSOLUTO)
Uso de Molino BMA 2	80.16%	81.93%	1.77%
Uso de Molino BMA 1	80.22%	81.98%	1.76%
BUSTER	80.77%	82.48%	1.71%
MACHETERO	85.35%	86.65%	1.30%
MOLINO N° 3	86.55%	87.65%	1.10%
FIBERIZER	89.42%	90.36%	0.94%
MOLINO N° 4	91.07%	91.87%	0.80 %

Fuente. Elaboración propia en Promodel

La simulación nos detalla de una manera ordenada la los datos, obteniendo el valor máximo de índice de error con valor absoluto es equivalente a 1.77% tal como lo describe la tabla N° 21

3.3.2. Propuesta de Simulación de mejora tras emplear el plan de mantenimiento RCM a los equipos críticos en el programa Promodel 2016

Tras emplear el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, el porcentaje de fallas disminuye considerablemente y por ende las paradas no programadas tienen un índice menor de tiempos perdidos, en el registro de tiempos perdidos en las distintas etapas tal y como se describe en la tabla N°22.

Tabla 22. Registro tiempo perdidos Abril – Junio

 REGISTRO DE TIEMPOS PERDIDOS EN LA PRODUCCIÓN								
DESCRIPCION DEL SUCESO	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS (HORAS)					TIEMPO DE MTTO	EQUIPO	AREA
	INSTRUMENTACION	OPERACION	MECANICAS	ELECTRICAS	OTROS	TOTAL DE HORAS POR PARADAS NO PROGRAMADAS		
Rotura de Ejes			24.11				MOLINO BMA 2	PREPARACIÓN
			24.67				MOLINO BMA 1	MOLIENDA
			31.06				MOLINO N° 4	MOLIENDA
			31.30				FIBERIZER	
			26.23				MACHETERO	PREPARACIÓN
Falla en chumaceras			24.11				MOLINO BMA 2	PREPARACIÓN
			24.67				MOLINO BMA 1	MOLIENDA
			25.21				BUSTER	MOLIENDA
			31.06				MOLINO N°4	PREPARACIÓN
Rotura de pernos			32.11				MESA RECIBIDORA	PREPARACIÓN
			25.21				BUSTER	PREPARACIÓN
			26.25				MACHETERO	MOLIENDA
			27.27				MOLINO N° 3	MOLIENDA
Rotura de bocinas			32.11				MESA RECIBIDORA	MOLIENDA
			27.28				MOLINO N°3	
			31.3				FIBERIZER	

Fuente. Área preparación y Molienda

Seleccionamos los equipos según el promedio del tiempo perdido para lograr calcular la disponibilidad mejorada a través de la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad es por el cual calculamos las horas totales de tiempo perdido para cada equipo como se indica la tabla N° 23

Tabla 23. Tiempo total de paradas luego de haber implementado el RCM.

EQUIPO	Tiempo Total de paradas (Hrs)
MOLINO BMA 2	48.22
MOLINO BMA 1	49.34
BUSTER	50.42
MACHETERO	52.47
MOLINO N° 3	54.55
FIBERIZER	60.26
MOLINO N° 4	62.12
MESA RECIBIDORA	64.22

Fuente. Tabla 21

Este cálculo es empleado en segundo trimestre del año que comprende los meses de Abril a Junio del 2018, Por lo que se efectuó el cálculo de disponibilidad de los meses citados, tal y como se muestra la tabla N° 23.

3.3.2.1. Disponibilidad tras efectuar el Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad

El cálculo es realizado teniendo como base la frecuencia trimestral Abril – Junio, alcanzando una cantidad de horas 2184 horas trimestrales, lo cual tiene programado paradas de 16 horas semanales que equivale a 64 horas al mes que en tres meses es un equivalente de 192 horas (mantenimiento programado), calcularemos la disponibilidad tras haber elaborado el RCM, como se aprecia en la tabla N° 24

Tabla 24. Disponibilidad mejorada tras efectuar el RCM

No.	Tipo de Defecto	Horas de trabajo	Tiempo de paradas (Hrs)	N° de fallas	Mantenimiento preventivo programado	Disponibilidad	MTTR (Hrs / Falla)	MP+TT R	MTBF (Hrs Fallas)	TASA DE FALLAS	Tasa de Reparación	Confiabilidad	Mantenibilidad	OEE
1	MOLINO BMA 2	2184	48.22	5	192	97.58%	9.64	240.22	388.76	0.00257	0.1037	94.54%	89.61%	82.66%
2	MOLINO BMA 1	2184	49.34	5	192	97.52%	9.87	241.34	388.53	0.00257	0.1013	94.53%	89.06%	82.11%
3	BUSTER	2184	50.42	5	192	97.47%	10.08	242.42	388.32	0.00258	0.0992	94.53%	88.53%	81.57%
4	MACHETERO	2184	52.47	4	192	97.37%	13.12	244.47	484.88	0.00206	0.0762	95.60%	81.08%	75.46%
5	MOLINO N° 3	2184	54.55	4	192	97.26%	13.64	246.55	484.36	0.00206	0.0733	95.59%	79.84%	74.23%
6	FIBERIZER	2184	60.26	4	192	96.97%	15.07	252.26	482.94	0.00207	0.0664	95.58%	76.53%	70.94%
7	MOLINO N° 4	2184	62.12	3	192	96.88%	20.71	254.12	643.29	0.00155	0.0483	96.66%	65.17%	61.03%
8	MESA RECIBIDORA	2184	64.22	6	192	96.78%	10.70	256.22	321.30	0.00311	0.0934	93.43%	87.00%	78.66%
TOTAL				36		97.23 %	102.83					95.06 %	82.10%	76%

Fuente. Tabla N° 22.

Al realizar los cálculos correspondientes obtenemos como resultado una disponibilidad trimestral de 97.23%, según tabla N° 24

3.3.2.2. Simulación Promodel

Obteniendo los datos de la tabla N°24, procedemos a ingresar los datos al programa ProModel para simular la disponibilidad de los equipos, Con la confianza en que el error es máximo del 1.77%, por lo que se propone modificaciones al sistema.

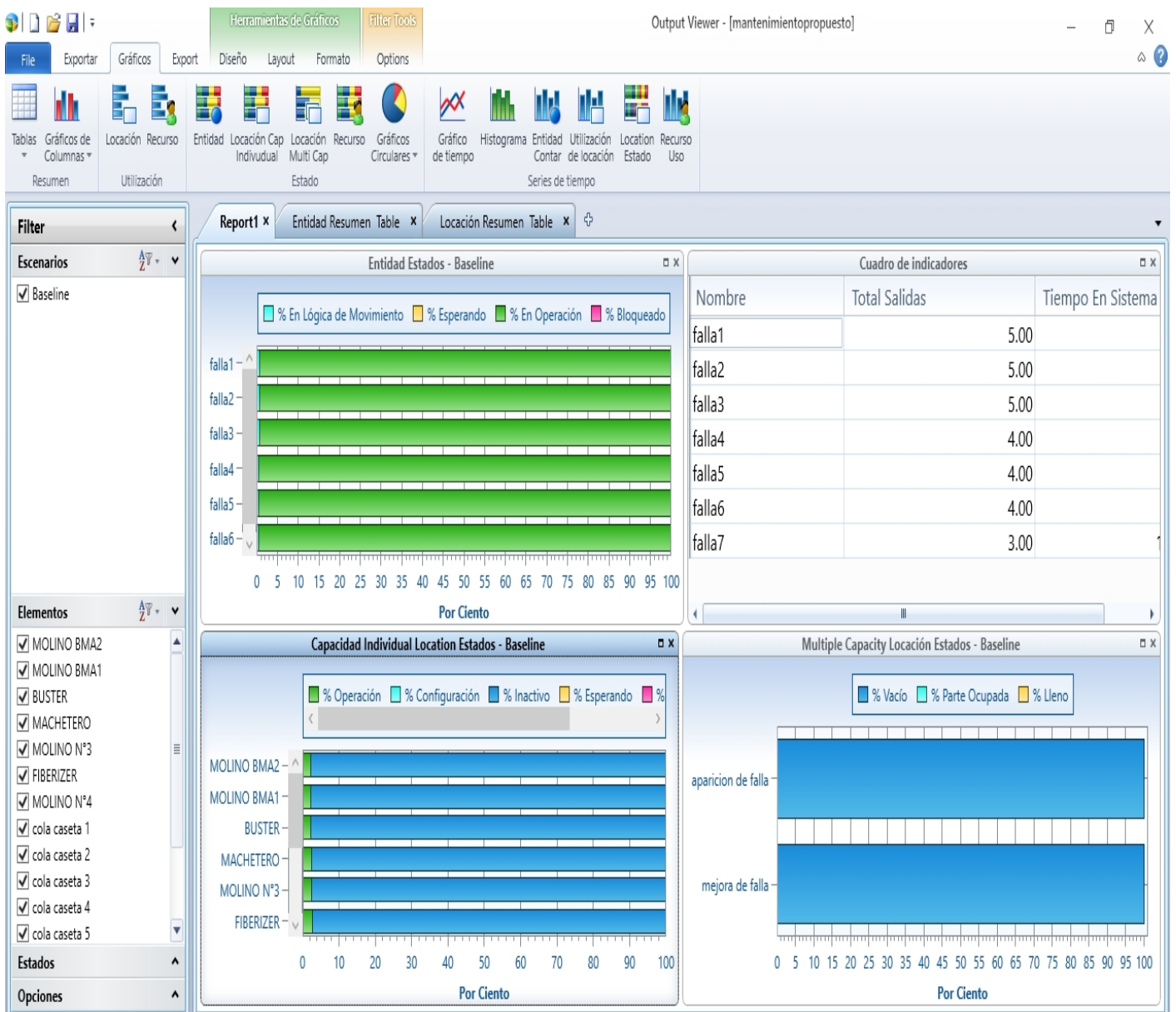


Figura 6. Cantidad de fallas generadas por simulación de máquinas - Mejorada

Fuente. Elaboración propia en Promodel

Una vez ingresada las fallas, procedemos a ingresar los datos en los arribos donde los datos que se tomaran en cuenta la disponibilidad de equipos críticos según el cálculo que muestra la tabla N° 24.

Por lo consiguiente observaremos el porcentaje de error con valor absoluto tal y como se muestra en la Figura N° 7.

Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MOLINO BMA2	2,184.00	1.00	6.00	506.57	0.02	1.00	1.00	2.32
MOLINO BMA1	2,184.00	1.00	5.00	592.20	0.02	1.00	0.00	2.26
BUSTER	2,184.00	1.00	5.00	604.80	0.02	1.00	0.00	2.31
MACHETERO	2,184.00	1.00	4.00	787.20	0.02	1.00	0.00	2.40
MOLINO N°3	2,184.00	1.00	4.00	818.40	0.02	1.00	0.00	2.50
FIBERIZER	2,184.00	1.00	4.00	904.20	0.03	1.00	0.00	2.76
MOLINO N°4	2,184.00	1.00	3.00	1,242.60	0.03	1.00	0.00	2.84
cola caseta 1	2,184.00	1.00	6.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
cola caseta 2	2,184.00	1.00	5.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
cola caseta 3	2,184.00	1.00	5.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
cola caseta 4	2,184.00	1.00	4.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
cola caseta 5	2,184.00	1.00	4.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
cola caseta 6	2,184.00	1.00	4.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
cola caseta 7	2,184.00	1.00	3.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
aparicion de falla	2,184.00	999,999.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
mejora de falla	2,184.00	999,999.0	30.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Fallas	2,184.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 7. Porcentaje de uso de tiempo de falla por máquina - Mejorado

Fuente. Elaboración propia en Promodel

Según la figura N° 7, se realiza la simulación del porcentaje de fallas lo cual procedemos a interpretar el reporte de simulación como indica los datos en la Tabla N° 25.

Tabla 25. Reporte simulación – Mejorada

EQUIPOS	MAXIMA DISPONIBILIDAD	UTILIZACION	DISPONIBILIDAD ACTUAL
Uso de Molino BMA 2	100%	2.32 %	97.68 %
Uso de Molino BMA 1	100%	2.26 %	97.74 %
BUSTER	100%	2.31 %	97.69 %
MACHETERO	100%	2.40 %	97.60 %
MOLINO N° 3	100%	2.50 %	97.50 %
FIBERIZER	100%	2.76 %	97.24 %
MOLINO N° 4	100%	2.84 %	97.16 %

Fuente. Elaboración propia en Promodel

Los equipos críticos del área de preparación y molienda se simularon con un porcentaje de error (con valor absoluto), la cual se obtiene al emplear la operación siguiente cálculo real Excel – calculo con simulación, como indica los datos en la tabla N° 26.

Tabla 26. Porcentaje de error con valor absoluto – Mejorado

EQUIPOS	CALCULO REAL EN EXCEL	CALCULO PROMODEL	PORCENTAJE DE ERROR (CON VALOR ABSOLUTO)
Uso de Molino BMA 2	97.58%	97.68%	0.10%
Uso de Molino BMA 1	97.52%	97.69%	0.17%
BUSTER	97.47%	97.60%	0.13%
MACHETERO	97.37%	97.50%	0.23%
MOLINO N° 3	97.26%	97.24%	0.02%
FIBERIZER	96.88%	97.16%	0.28%
MOLINO N° 4	91.07%	91.87%	0.80 %

Fuente. Elaboración propia en Promodel

Como se puede apreciar el error máximo es de 0.80%, lo que genera confianza del 99.20% de los datos simulado se verán reflejados en la realidad

3.4. INCIDENCIA DE LA DISPONIBILIDAD EN LOS EQUIPOS TRAS LA SIMULACIÓN EN PROMODEL.

Luego de haber realizado la simulación en el programada Promodel podemos visualizar y examinar a detalle que la implementación del plan, dará resultados beneficiosos para la empresa para lo cual analizaremos a detalle en la frecuencia Enero a Marzo y Abril a Julio, tal como presenta la figura N° 8 Y 9.

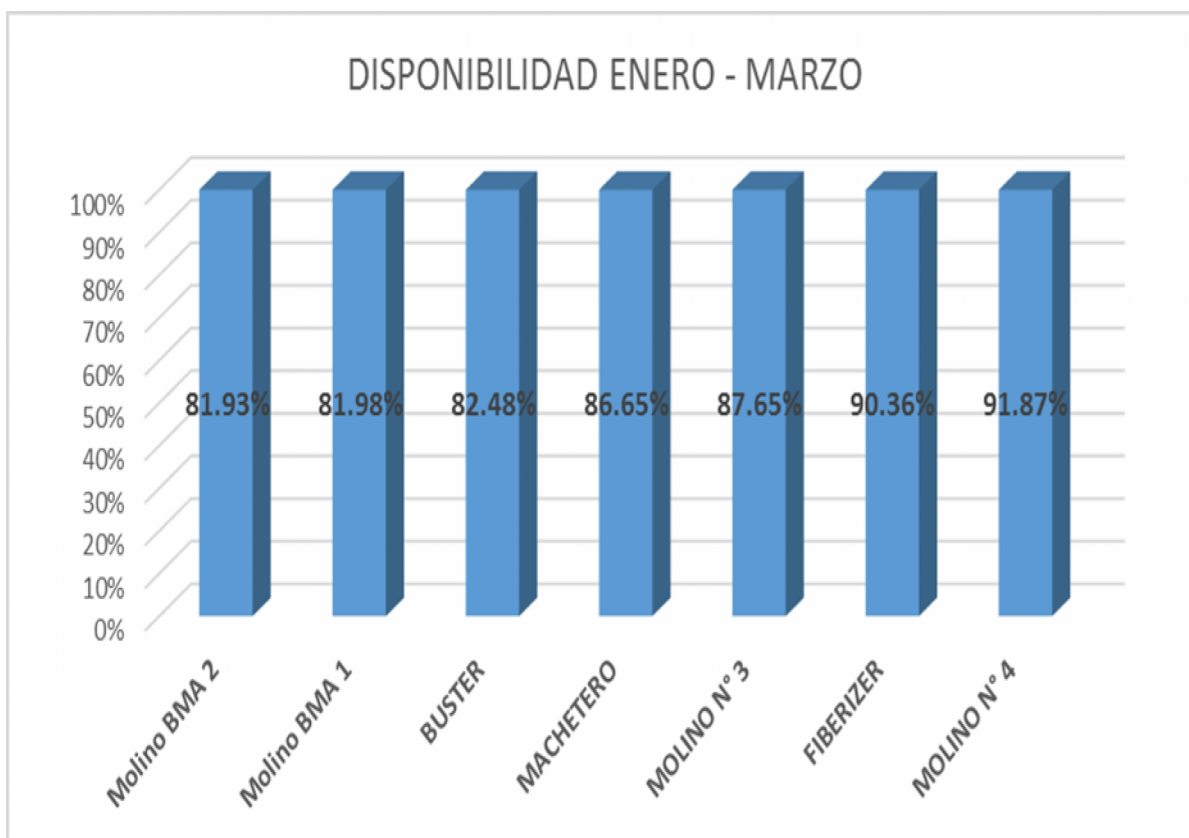


Figura 8. Disponibilidad actual según Promodel

Fuente. Tabla N° 20

Estos datos son obtenidos en la simulación del programa Promodel, lo cual nos muestra que el promedio de disponibilidad de los equipos del área de preparación y molienda en la frecuencia Enero – Marzo, equivale 86.13%

Luego de la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad, procedemos a simular el periodo Abril – Junio, para constatar en que magnitud influye el plan de mantenimiento en la disponibilidad de los equipos.

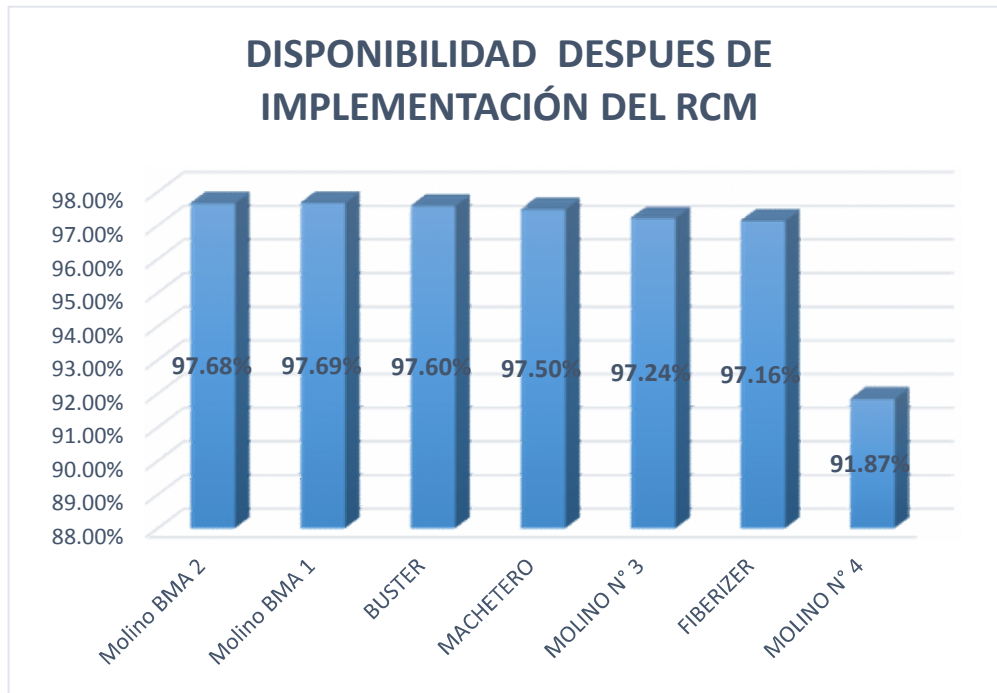


Figura 9. Disponibilidad Mejorada - según Promodel

Fuente. Tabla N° 25

Estos datos son obtenidos en la simulación del programa Promodel, lo cual nos muestra que el promedio de disponibilidad de los equipos del área de preparación y molienda en la frecuencia Abril – Junio, equivale 96.68%.

Dado los resultados de ambas simulaciones se analiza el impacto que ocasiona el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, el cual tiene se evidencia la diferencia de 10.55% de disponibilidad, el cual es un porcentaje beneficioso para la empresa, la comparación se indica en la figura N° 10

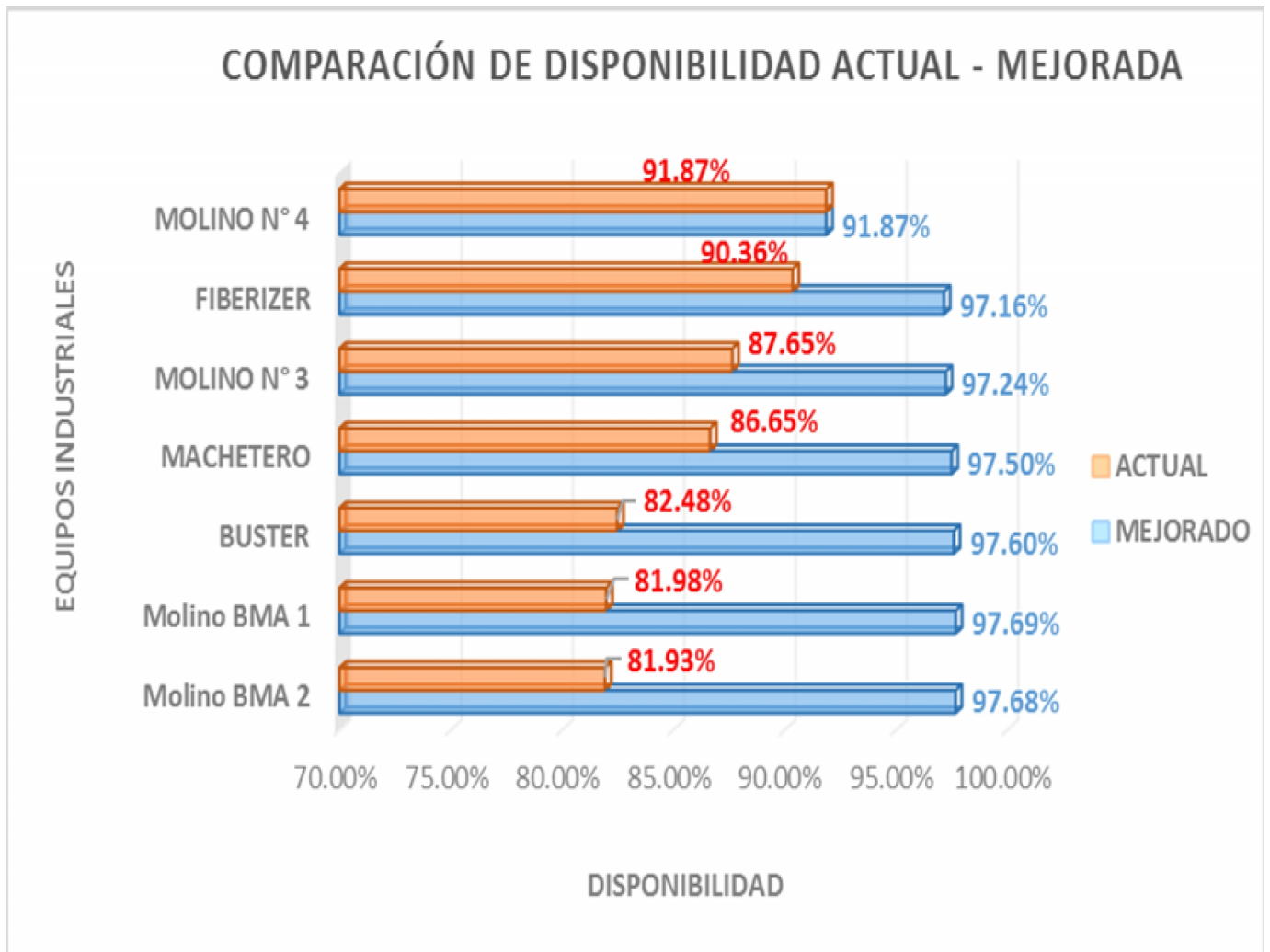


Figura 10. Comparación de disponibilidad actual - Mejorada

3.4.1. FACTIBILIDAD ECONÓMICA.

3.4.1.1. COSTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Esta tabla de costos fue elaborado con apoyo de los mecánicos, operadores, Líderes de mantenimiento del área de preparación y molienda. A continuación detallamos los costos en la tabla N° 27.

Tabla 27. Presupuesto de Mantenimiento

DESCRIPCIÓN	COSTOS POR MANTENIMIENTO (SOLES/TRIMESTRAL)
Total por materiales	S/. 1,056.55
Total por servicios	S/. 1,999.42
TOTAL	S/ 3,055.97

Fuente. Anexo Tabla N° 46

En anexo de tablas, se encuentra la tabla N° 43 la cual detalla los gastos por materiales y servicios de mantenimiento mensual.

3.4.1.2. INVERSIONES PARA LA PROPUESTA DE MEJORA

Reanudando con los costos presentamos la tabla N° 28, las inversiones que se requieren para el área de preparación y molienda.

Tabla 28. Inversión para la propuesta de mejora

ACTIVOS FIJOS	VALOR TOTAL SOLES
Inversión para asegurar la calidad de materia prima (Accesorios, repuestos e insumos de producción)	S/.5,530.50
Inversión para Disminuir las Paradas de Planta. (Planes de mantenimiento)	S/.3,055.97
Inversión por cambio de equipos.	S/.5,480.03
Costo Total	S/.14,066.50

Fuente. Anexo Tabla N° 47

3.4.1.3. COSTOS DE PRODUCCION

Por cada minuto que se invierte en reparar una falla es una perdida para la producción, siempre y cuando no sea programado, el tiempo de horas del retraso de la producción son los tiempos para reparar (MTTR), para lo cual extraemos los dato de la frecuencia trimestral de Enero a Marzo con los siguientes datos:

MTTR Actual: 290.5 horas de retraso según fuente (tabla N°8)

Actualmente el costo de producción por hora de la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A es de S/.5,000.00 por hora por lo tanto tenemos que el costo trimestral de Enero a Marzo es equivalente a:

Tabla 29. Costos de Pérdidas Enero – Marzo

CANT. DE HORAS TRIMESTRAL	COSTO DE PRODUCCIÓN POR HORA	PERDIDA TRIMESTRAL
290.5 Horas	S/.5,000.00/hora	S/.1,452,500.00

Fuente. Agroindustrial Casa Grande S.AA

Tras la implementación del plan de mantenimiento, el tiempo de retraso es igual a 102.83 Horas según fuente tabla N° 24, por lo tanto el costo de la producción en pérdida tiene un resultado de mejoría.

Tabla 30. Costos de Pérdidas Abril – Junio

CANT. DE HORAS TRIMESTRAL	COSTO DE PRODUCCIÓN POR HORA	PERDIDA TRIMESTRAL
102.83 Horas	S/.5,000.00/hora	S/.514,150.00

Fuente. Agroindustrial Casa Grande S.AA

Por lo tanto según tabla N° 29 y 30, constatamos que en el primer trimestre la pérdida fue de S/.1,452,500.00 y en el segundo trimestre es de S/.514,150.00 lo cual veremos reflejado en la siguiente figura N° 11

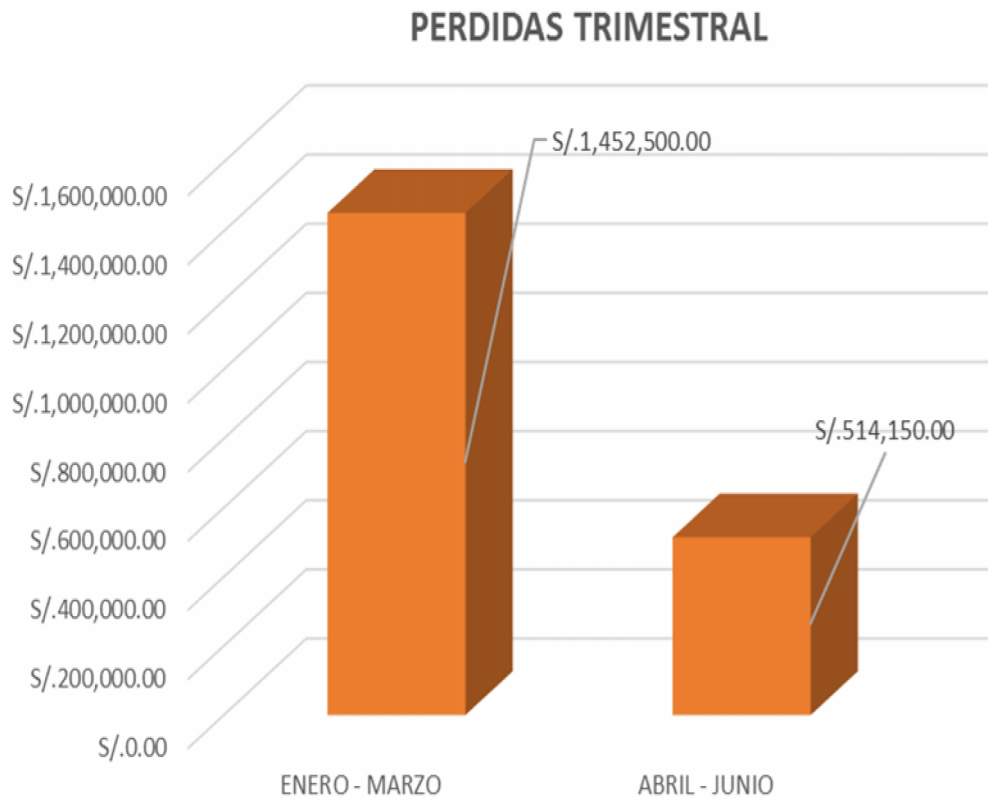


Figura 11. Costo de pérdidas trimestral
(Fuente: Elaboración propia)

Según la figura N° 11, refleja los costos ocasionados por las fallas en la frecuencia trimestral, dado que en el segundo trimestre Abril – Junio se logró disminuir estas pérdidas debido a la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, obteniendo una disminución en el costo de horas paradas en un total de S/.938,350.00

3.4.1.4. BENEFICIO

El costo beneficio con la elaboración del plan, sería de la siguiente manera, datos extraídos de la tabla N° 28, 29 y 30.

Beneficio = C pérdidas	- C pérdidas	- Costo de
Producción actual	Producción de mejora	mantenimiento
Beneficio = 1, 452,500.00	- 514,150.00	- 3,055.97
Soles / Trimestral	Soles / Trimestral	Soles / Trimestral

Beneficio = 935,294.03 Soles / Trimestral

3.4.1.4. RETORNO OPERACIONAL DE INVERSION (R.O.I)

El tiempo recuperar la inversión sería.

$$\text{R.O.I} = \frac{\text{INVERSION}}{\text{BENEFICO}}$$

$$\text{R.O.I} = \frac{14,066.50 \text{ Soles}}{935,294.03 \text{ Soles / Trimestral}}$$

$$\text{R.O.I} = 0.01504 \text{ años} = 0.18 \text{ meses}$$

El tiempo equivalente a recuperar la inversión sería a 0.18 meses tal y como se muestra en las imágenes.

3.4.2. Comparación de la Disponibilidad a nivel inferencial.

3.4.2.1. Prueba De Normalidad:

Disponibilidad de equipos.

H1: Los datos de la disponibilidad presentan un comportamiento normal

H0: Los datos de la disponibilidad no presentan un comportamiento normal

Supuestos:

$P \leq 0.05$ se aprueba H_0

$p > 0.05$ se aprueba H_1

Para realizar la prueba de normalidad se hizo con la herramienta estadística SPSS tomando los datos de la diferencia de la disponibilidad del antes y después de la implementación del plan de mantenimiento.

Tabla 31. Prueba de normalidad de Disponibilidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA	,215	8	,200 [*]	,878	8	,179
* . Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente. : Software SPSS VS 22

Interpretación: Como son 7 datos se usa la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, el cual se usan para datos menores a 50, dando un valor $p = 0.179$ por lo cual se aprueba H_1 , por lo tanto, se debe utilizar una prueba paramétrica, T student

Disponibilidad de Equipos:

H_2 : La implementación del plan de mantenimiento incrementa la disponibilidad de los equipos de la empresa Casa Grande S.A.A, en el año 2018

H_0 : La implementación del plan de mantenimiento no incrementa la disponibilidad de los equipos de la empresa Casa Grande S.A.A, en el año 2018

Supuestos

$P < 0.05$ se aprueba H_2

$p \geq 0.05$ se aprueba H_0

Tabla 32. 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 - DESPUES	-1,158,000	514,261	181,819	-1,587,933	-728,067	-6,369	7	,000

Fuente. : Software SPSS VS 22

Interpretación: Como el valor p de la prueba de T student da 0.000 se aprueba la hipótesis H2, que dice que la implementación plan de mantenimiento incrementa la disponibilidad en la empresa Casa Grande S.A.A, en el año 2018

IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Al determinar la situación actual de los equipos del área de preparación y molienda, se identificaron 8 equipos críticos los cuales registran tiempos de paradas no programadas, con el total de la información recolectada se identificó la disponibilidad actual de los equipos críticos que es de 86.13%. El cálculo de la disponibilidad se determinó utilizando ecuaciones que relacionan los indicadores de tiempo, tal como lo realizó **(Sifuentes Inostroza, 2016)** en su evaluación de este proyecto, logró obtener una disponibilidad de los motores asíncronos trifásicos en un 90.45 %. La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un elemento. Es una medida extremadamente importante y útil en casos en los que el usuario tiene que tomar decisiones con respecto a la adquisición de un elemento entre varias posibilidades alternativas **(Knezevic, 1996)**
- 4.2. Al realizar el análisis AMFE a los equipos críticos que conforman el área de preparación y molienda lo cual se evidenciaron que existen 8 modos de fallas funcionales, obteniendo el promedio del IPR el cual será el patrón para elaborar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Esta herramienta de análisis también es usada en el estudio de tesis de **(Sifuentes Inostroza, 2016)**, realizando el Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMEF) en donde se analiza cada una de los modos de falla que tenían los motores asíncronos trifásicos para el mencionado periodo en hojas de información, en esta proyecto de investigación los motores críticos presentaron 13 modos de falla. Esta metodología de análisis busca evaluar aquellos modos de fallas que sean necesarios causantes de cada falla funcional, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento **(Moubray, 2004)**

- 4.3.** Al ejecutar la simulación en el software ProModel 2016, se obtendrá la disponibilidad actual en el primer trimestre correspondiente al mes de enero a marzo, La simulación obtiene como respuesta un valor máximo de índice de error con valor absoluto es equivalente a 2.86% a su vez la simulación se realiza para el segundo trimestre, la simulación proporciona información cuantificada que el valor máximo de índice de error con valor absoluto es equivalente a 0.40%, lo que genera confianza del 99.60%, Este programa es usado por **(Olivares, 2013)** obteniendo resultados de la aplicación de simulación para evaluar la planeación estratégica de producción, se demuestra al evaluar las 6 alternativas en la combinación de secuencia de los modelos, donde la diferencia de horas de producción entre las secuencias es un 2.5%. Se demuestra que es confiable utilizar la simulación para evaluar la planeación estratégica, además de que permite emplear diferentes mezclas de productos, la cantidad de productos, la secuencia de los modelos y las máquinas, tomando en cuenta la experiencia del planeado. ProModel es un software sirve para elaborar simulaciones de distintas etapas de creación de piezas, etapas de ensamblaje, etapas de obtención, este programa tiene herramientas que nos admite diseñar, graficar y examinar su posición en el proceso productivo en un tiempo **(EDUARDO, 2006)**
- 4.4.** Al realizar la comparación los resultados de ambas simulaciones en el Software ProModel se analizan la magnitud del impacto que ocasiona el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, el cual tiene un aumento del 10.55% entre las frecuencias trimestrales obteniendo una disponibilidad de 96.68%, confiabilidad de 95.03%, mantenibilidad de 82.10% y disminución de costo por reparación en el segundo trimestre en un total de S/.938,350.00 tras la implementación del plan de mantenimiento **(Corrales Castro, 2014)** identifica los defectos en el equipo contando con una disponibilidad de 83%, posterior a ello se logra identificar los equipos más críticos en el área, tras haber identificado los elementos o sistemas más críticos se procede a tomar medidas para reducir paradas no programadas. la cantidad de ingresos y horas paradas de los equipos

obteniendo como resultados una disponibilidad de 92%. El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (Reliability-Centered Maintenance, RCM). El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una táctica procedimental que basa su esquema en el permanente cuestionamiento de las actividades de mantenimiento, y que sigue un proceso lógico, coherente y normativo **(Knezevic, 1996)**

V. CONCLUSIONES

Después de la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos en la empresa Casa Grande S.A.A, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 5.1.** Se determinó los equipos críticos del área de preparación y molienda fueron identificados que ocho equipos industriales presentan mayor criticidad los cuales son: Molino BMA 2, Molino BMA 1, Buster, Machetero, Molino N° 3, Fiberizer, Molino N° 4, Mesa. La totalidad de los datos fue carácter importante para indagar minuciosamente su operación y tener el adecuado criterio a la hora de establecer los principales modos de fallas de estos equipos
Se hallaron las cantidades de fallas que sucedieron durante el primer trimestre enero a marzo, las cuales son equivalentes a un total 61. Se calculó que tiempo entre fallas fue de 1860.24 horas, el tiempo de reparaciones fue de 290.5 horas, por ello se determinó que porcentaje de disponibilidad de los equipos industriales en el periodo del primer trimestre enero a marzo fue de 86.13%.
- 5.2.** Se realizaron 8 hojas de AMEF, para ello se detalló las principales funciones que realizan los equipos industriales, se identificaron sus fallas funcionales y un total de 8 modos de fallas con sus respectivos efectos operacionales que podrían causar un grave problema.
Dentro del análisis AMEF, se evidenciaron los niveles de criticidad total de riesgo (CTR) para los 8 modos de falla, de dónde 06 modos de falla fueron críticos (80%), 2 modos de falla fueron semi críticos (20%) y 0 modos de falla fueron no críticos (0%), tras los resultados se elaboró el plan de mantenimiento estableciendo frecuencias para mejorar la funcionabilidad de los equipos industriales.

5.3. Se utilizó el software ProModel 2016 para realizar la simulación de la disponibilidad de los equipos críticos para los 8 equipos (Molino BMA 2, Molino BMA 1, Buster, Machetero, Molino N° 3, Fiberizer, Molino N° 4, Mesa.) el cual se obtuvo una disponibilidad de 86.13%, el resultado de la simulación nos brinda datos de una manera ordenada constatando que el valor máximo de índice de error con valor absoluto es equivalente a 1.77% lo cual es un valor cercano a la realidad.

5.4. Se comparó los parámetros de simulación del primer trimestre enero a marzo y segundo trimestre de abril a junio del 2018, lo cual se evidencio un aumento de disponibilidad de 10.55%, con la implementación del nuevo Plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) se determinó que la disponibilidad operacional de los equipos industriales es de 96.68%, confiabilidad de 95.03%, mantenibilidad de 82.10% y una disminución de costo por reparación en el segundo trimestre en un total de S/.938,350.00.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Realizar todas las actividades que contiene el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad a todos los modos de fallas de los quipos de preparación y molienda, cumpliendo estrictamente lo planteado en las hojas de acciones del AMEF.
- 6.2. Es de carácter indispensable la interacción del personal con los encargados del área coordinando los trabajos de rutina con frecuencias diarias, semanales, quincenales y mensuales a todos los equipos industriales, estas inspecciones consistirán en examinar la falla, por ello surgirá un seguimiento más detallado y ordenado del funcionamiento de los equipos industriales.
- 6.3. Capacitar frecuentemente a todo el personal involucrado en la manipulación de los equipos industriales en técnicas de mantenimiento acordes a la tecnología, extendiendo lo importante de las acciones preventivas y predictivas, logrando un incremento de responsabilidad y compromiso para la mejora continua en el personal sobre la trascendencia del mantenimiento.
- 6.4. La metodología RCM, es un proceso, en él se requiere destinar tiempo, esfuerzo y compromiso en el cuidado de los equipo. Si es aplicado adecuadamente se obtiene resultados de mejoras en la gestión, asegurando la continuidad del proceso, a los futuros investigadores evaluar cada paso del RCM, para proponer un mantenimiento productivo Total.

REFERENCIAS

Auditados, Estados financieros. 2017. Memoria del directorio del año 2017 y 2016. [En línea] febrero de 2017. <http://www.bvl.com.pe/hhii/B08361/20180223222901/CASA32GRANDE32MEMORIA32201732.PDF>.

Baltazar, JeanPierre Fitzgerald Soto. 2016. Tesis mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes FAW en GYM S.A. [En línea] 2016. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3654/Soto%20Baltazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Bona, Jose María de. 1999. Gestion del mantenimiento. s.l. : FC Editorial, 1999. págs. 25 - 440.

Carlos Alberto Parra Marquez, Adolfo Crespo Marquez. 2012. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en gestion de activos. Sevilla : INGEMAN, 2012. págs. 60 - 166. ISBN:978-84-95499-67-7.

Corrales Castro, Manuel Fabhiam. 2014. repositorio UCV. Implementación del Plan de Mantenimiento a la flota de palas eléctricas TZ-WK12C en la Unidad Minera Shougang Hlerro Perú S.A.A. con la finalidad de aumentar la disponibilidad. [En línea] 2014. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/5766>.

EDUARDO, GARCIA DUNNA. 2006. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. [ed.] Pablo Miguel Guerrero Rosas. Primera. Colonia Industrial Atato : Pearson Educación de Mexico S.A de C.V, 2006. págs. 2 - 280.

Fernandez, Javier Gonzales. 2005. Mantenimiento Industrial Avanzado. 2 Edición. Madrid : FC Editorial, 2005. págs. 85 - 575. ISBN:84-96169-49-9.

Garrido, Santiago Garcia. 2009. Ingeniería del mantenimiento. Madrid : Santiago García Garrido 2009-2012, 2009. págs. 25 - 38.

Garrido, Santiago Garcia. 2003. Organización y gestión integral del mantenimiento. Madrid : Ediciones Díaz de Santos, S. A., 2003. pág. 321. ISBN : 84-7978-548-9.

Hernandez, Fabian Eduardo Bravo. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD CASO LINEA SEIS DE PEPSICO ALIMNETOS S.C.A. [En línea] <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/16893/1/Trabajo%20Final%20de%20Grado%20Fabi%C3%A1n%20Bravo.pdf>.

Knezevic, Jezdimir. 1996. MANTENIBILIDAD. [trad.] Joaquin Teigeiro Tarancón. Primera. Madrid : Isdefe, 1996. págs. 27 - 210. ISBN: 84-89338-08-6.

Lopez, Brayan Salazar. 2016. Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). [En línea] 2016. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>.

Moubray, John Mitchell. 2004. Mantenimiento centrado en la confiabilidad. [trad.] Suerio y asociados Ellmann. Segunda. Madrid : Aladon Ldt, 2004. págs. 56 - 450. ISBN: 09539603-2-3.

OEE. 2018. Eficiencia General de los equipos. 2018. <http://edinn.com/es/oe.html>.

Olivares, Joel Everardo Valtierra. 2013. Aplicación de simulación para evaluar la planeación estratégica de. Celaya : Congreso Internacional de Investigación, 2013. Vol. V.

Salas, Manuel Alvares y Juan. 2003. APLICACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) PARA UNA PLANTA DE PASTAS ALIMENTICIAS. [En línea] Diciembre de 2003. <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6769/1/Tesis%20Alvares-Salas.pdf>.

Sifuentes Inostroza, Martín Teófilo. 2016. Repositorio UCV. 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. [En línea] 2016. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/9617?show=full>.

YLIQUIN, JEHYSSON MIGUEL TUESTA. 2014. repositorio UNAC. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA. [En línea] Abril de 2014. http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/257/JehyssonMiguel_Tesis_titulo profesional_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

VII. ANEXOS

ANEXOS TABLAS

Tabla 34. Frecuencia Semanal de los Molinos BMA

PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PLANTA CASA GRANDRE



RUTA 3 : LUBRICACION MOLINOS BMA

FRECUENCIA SEMANAL

AREA : PREPARACION

1ER TURNO

2DO TURNO

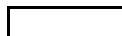
3ER TURNO

Sábado 7 de Abril de 2018

RUTA	EQUIPO / COMPONENTE	PTOS	Bom/L	LUBRICANTE	TAREA	1ER TURNO				2DO TURNO				3ER TURNO				OBSERVACIONES
						Cant.	Apag.	Mtto	Otros	Cant.	Apag.	Mtto	Otros	Cant.	Apag.	Mtto	Otros	
	MOLINO BMA 01																	
	Reductor Rank zanini	1	-	Mobil Gear 600 XP 460	Revisar Nivel													
	Engranajes abiertos	1		VERKOL OC-40	Lubricar													
	Tanque de la bomba de presión(sist Hidráulico)	1	-	SHELL Tellus S2 M 68	Revisar Nivel													
	Cadenas de transmisión de 4ta maza	2	-	VERKOL OC-40	Lubricar													
	Chumaceras hechizas de la cuarta maza	2	-	VERKOL OC-40	Lubricar													
	MOLINO BMA 02																	
	Reductor Rank zanini	1	-	Mobil Gear 600 XP 460	Revisar Nivel													
	Engranajes abiertos	1		VERKOL OC-40	Lubricar													
	Sistema de lubricación centralizado automático	1	-	VERKOL OC-40	Rellenar													
	Cadenas de transmisión de 4ta maza	2	-	VERKOL OC-40	Lubricar													
	Chumaceras hechizas de la cuarta maza	2	-	VERKOL OC-40	Lubricar													

RESPONSABLE DEL TRABAJO	HORAS DE TRA.	FIRMA	NOMBRE DEL ENCARGADO DEL AREA USUARIA	FIRMA
1° Turno				
2° Turno				
3° Turno				

AL CULMINAR LA ACTIVIDAD DEJAR EL AREA LIMPIA Y ORDENADA



BM = Bomba Manual

BR = Bomba Rodante

L = Litros

Fuente. Área de Molienda

Tabla 35. Frecuencia Quincenal de vibraciones

PROGRAMA DE VIBACIONES PLANTA CASA GRANDRE
 RUTA 8: ANALISIS VIBRACIONAL
 FRECUENCIA QUINCENAL



AREA: PREPARACION Y MOLIENDA



ITEM	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	FRECUENCIA	INSPECTOR	07/04/18	22/04/18	04/05/18	18/05/18	OBSERVACIONES
16	MACHETERO	QUINCENAL	J-LEYVA					
19	BUSTER	QUINCENAL	J-LEYVA					
22	FIBERIZER	QUINCENAL	J-LEYVA					
42	MOLINO N° 4	QUINCENAL	J-LEYVA					
45	MOLINO N° 3	QUINCENAL	J-LEYVA					
47	MOLINO N° 2	QUINCENAL	J-LEYVA					

SUPERVISOR DE TURNO

INSPECTOR DE VIBRACIONES

Fuente. Área de Preparación y Molienda

Tabla 36.Frecuencia Mensual de análisis de Ultrasonido

PROGRAMA DE ULTRASONIDO PLANTA CASA GRANDRE

RUTA 8: ANALISIS ULTRASONIDO

FRECUENCIA MENSUAL



AREA: PREPARACION Y MOLIENDA



ID	EQUIPO	CRITICIDAD	FRECUENCIA	FECHA DE INSPECCION	INSPECTOR	AVANCE %
1	EJE 1 DE MOLINO -TAMBOR INFERIOR	MODERATE	MENSUAL	05/06/2018	N-ESQUECHE	
2	EJE 1 DE MOLINO -TAMBOR SUPERIOR	MODERATE	MENSUAL	08/06/2018	N-ESQUECHE	
3	EJE DE ALTA DE MOLINO N° 4	MODERATE	MENSUAL	05/06/2018	N-ESQUECHE	
4	EJE DE MEDIA DE MOLINO BMA 2	MODERATE	MENSUAL	08/06/2018	N-ESQUECHE	
6	EJE ENTRADA DE MOLINO 2	MODERATE	MENSUAL	10/06/2018	N-ESQUECHE	
7	EJE DE MEDIA DE MOLINO 2	MODERATE	MENSUAL	12/06/2018	N-ESQUECHE	
9	EJE DE ALTA DE MOLINO 3	MODERATE	MENSUAL	10/06/2018	N-ESQUECHE	
10	EJE DE MEDIA DE MOLINO 3	MODERATE	MENSUAL	12/06/2018	N-ESQUECHE	
12	EJE DE ENTRADA DE TRANSMICION DE ALTA DE MOLINO 4	MODERATE	MENSUAL	02/06/2018	N-ESQUECHE	
13	EJE DE SALIDA DE TRANSMICION DE ALTA DE MOLINO 4	MODERATE	MENSUAL	04/06/2018	N-ESQUECHE	
14	EJE DE ENTRADA DE TRANSMICION DE MEDIA DE MOLINO 4	MODERATE	MENSUAL	02/06/2018	N-ESQUECHE	
15	EJE DE SALIDA DE TRANSMICION DE MEDIA DE MOLINO 4	MODERATE	MENSUAL	04/06/2018	N-ESQUECHE	
17	EJE DE ALTA DE MOLINO BMA 1	MODERATE	MENSUAL	01/06/2018	N-ESQUECHE	
18	EJE DE SALIDA DE TRANSMICION DE MEDIA DE MOLINO 5	MODERATE	MENSUAL	01/06/2018	N-ESQUECHE	

Fuente. Área de Preparación y Molienda

Tabla 37. Frecuencia Quincenal de Termografía

PROGRAMA DE MEDICION POR TERMOGRAFIA CASA GRANDE

RUTA 8: MEDICION POR TERMOGRAFIA

FRECUENCIA QUINCENAL



AREA: PREPARACION Y MOLIENDA




AREA	COMPONENTE	SUB ESTACIONES	CRITICIDAD	07/04/18	21/04/18	04/05/18	18/05/18
MOLIENDA	C. F. y A. Transformador EPLI:6300/460 V	SUB ESTACION PLANTA FUERZA 13.4MVA	HIGHT				
PREPARACION	C. F. y A. Líneas de tensión Fase S	SUB ESTACION PLANTA FUERZA CCM CELDAS DE MT_6.3KV	HIGHT				
PREPARACION	C. F. y A. Líneas de tensión Fase Z	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
MOLIENDA	C. F. y A. Sistema eléctrico	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
MOLIENDA	C. F. y A. Sistema de Vibraciones	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
MOLIENDA	C. F. y A. Sistema eléctrico	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
PREPARACION	C. F. y A. Excitación digital	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
MOLIENDA	C. F. y A. Circuito de protecciones	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
PREPARACION	C. F. y A. Sistema eléctrico	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
MOLIENDA	C. F. y A. Tablero	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
PREPARACION	C. F. y A. Relay	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				
MOLIENDA	C. F. y A. Tablero Espaldar	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT				

SUPERVISOR DE TURNO

INSPECTOR

Fuente. Área de Preparación y Molienda

Tabla 38. Capacitación parámetros de operación.

		Registro de capacitación y entrenamiento					Fecha: 10/04/2018
							Código:00012-CG
EMPRESA		SKF					
LOCACIÓN		CASA GRANDE					
TEMA		PARAMETROS DE OPERACIÓN					
N.	Nombre del participante	DNI	Cargo	Dirección	Teléfono	Correo electrónico	Firma del participante
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							

Fuente. Área preparación y Molienda

Tabla 42. Índice de Gravedad

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy baja (Repercusiones imperceptibles)	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente no se daría cuenta del fallo	1
Baja (Repercusiones irrelevantes)	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente esté observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia de fácil subsanación	2 - 3
Moderada (Defectos de relativa importancia)	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente, El empresario observa deterioro en el rendimiento del sistema	4 - 6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado	7 - 8
Muy alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso e involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias	9 - 10

Fuente. PARAMETROS AMEF

Tabla 43. Índice de Frecuencia

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible. Una ocurrencia en más de cinco años, o en 1 de 10000 eventos.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda. Una ocurrencia entre 3 y 5 años.	2 - 3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente, una ocurrencia por año, un cada seis meses, un cada tres meses.	4 - 6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado. Una ocurrencia por mes, una ocurrencia por semana.	7 - 8
Muy alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente una, ocurrencia cada tres o cuatro días/más de una ocurrencia por día.	9 - 10

Fuente. PARAMETROS AMEF

Tabla 44. Índice de Detención

DETENCION	CRITERIO	VALOR
Muy alta	El defecto es evidente. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es evidente y sencillo detectar, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad.	2 - 3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de producción.	4 - 6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7 - 8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9 - 10

Fuente. PARAMETROS AMEF

Tabla 45. Promedio IPR.

IPR	ACCIONES
500 – 1000	Alto riesgo de falla.
125 – 499	Riesgo de falla medio o normal.
1 – 124	Bajo riesgo de falla.

Fuente. PARAMETROS AMEF

Tabla 46. Gastos de materiales y servicios del mantenimiento

GASTO DE MATERIALES Y SERVICIOS DEL MANTENIMIENTO				
	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	TOTAL
MATERIALES	TINTES PENETRANTES NDT	6	S/. 25.48	S/. 152.88
	LAINAS	10	S/. 15.00	S/. 150.00
	SENSORES VIBRACION	1	S/. 125.64	S/. 125.64
	PILAS ALCALINAS	12	S/. 1.22	S/. 14.64
	FITTINGS GRASERAS	12	S/. 12.46	S/. 149.52
	RODAMIENTO DE BOLAS	4	S/. 56.78	S/. 227.12
	VISORES	3	S/. 30.39	S/. 91.17
	CLINER SPRY	6	S/. 22.49	S/. 134.94
	PAPEL BOND 80°	1	S/. 10.64	S/. 10.64
	TOTAL			
SERVICIO	ALINEAMIENTO	2	S/. 427.85	S/. 429.85
	TERMOGRAFIA	1	S/. 528.39	S/. 529.39
	ULTRASONIDO	1	S/. 345.24	S/. 346.24
	VIBRACIONES	2	S/. 362.00	S/. 364.00
	CAPACITACION	3	S/. 326.94	S/. 329.94
TOTAL				S/. 1,999.42
				S/. 3,055.97

Fuente. Elaboracion Propia

Tabla 47. Activos fijos del área de preparación y molienda

ACCESORIOS PARA ASEGURAR LA CALIDAD MATERIA PRIMA	CANT.	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
ELECTROIMAN	1	2525.5	S/. 2,525.50
Válvulas NTP	4	751.25	S/. 3,005.00
TOTAL			S/. 5,530.50
PLAN DE MANTENIMIENTO	CANT.	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
MATERIALES	1	S/. 1,056.55	S/. 1,056.55
SERVICIO	1	S/. 1,999.42	S/. 1,999.42
TOTAL			S/. 3,055.97
CAMBIO DE EQUIPOS	CANT.	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
MOTOR ELECTRICOS	3	854.09	S/. 2,562.27
REDUCTORES	2	620.32	S/. 1,240.64
ACOPLAMIENTOS TIPO GRILLA	4	105.82	S/. 423.28
BOMBAS CENTRIFUGAS	2	626.92	S/. 1,253.84
TOTAL			S/. 5,480.03
COSTO TOAL			S/. 14,066.50

Fuente. Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A

ANEXOS FIGURAS



ANÁLISIS DE ACEITES USADOS
Servicio de Diagnóstico de Equipos

Laboratorio operado por **SGS**



CLIENTE/USUARIO	CASA GRANDE S.A.A	LUBRICANTE	TELLUS S2 M 100
DIRECCION	ENVIO 60	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	TRCHUNH2	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	CABEZOTES HIDRAULICOS / UNIDAD HIDRAULICA
REFERENCIA		MARCA	NO DEFINIDA
		MODELO / NUMERO DE SERIE	NN / NN
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	110

LUBRICANTE	TELLUS S2 M 100	TELLUS S2 M 100	TELLUS S2 M 100	TELLUS S2 M 100	TELLUS S2 M 100	TELLUS S2 M 100
LABORATORIO	NEXO CALLAO	NEXO CALLAO	NEXO CALLAO	NEXO CALLAO	NEXO CALLAO	NEXO CALLAO
REPORTE DE LABORATORIO	2740037	2726654	2719336	2713069	2705284	2698874
FECHA DE MUESTREO	07-06-2016	26-02-2016	07-01-2016	24-11-2015	23-09-2015	05-08-2015
FECHA DE RECIBO	10-06-2016	03-03-2016	12-01-2016	26-11-2015	26-09-2015	10-08-2015
FECHA DE REPORTE	14-06-2016	07-03-2016	14-01-2016	30-11-2015	01-10-2015	12-08-2015
HORAS O KMS DEL EQUIPO						
HORAS O KMS DEL ACEITE				1464	456	
ACEITE AGREGADO(RELLENOS)						
ENSAYOS FISICO-QUIMICO						
VISC.40°C (cSt)	98	98.35	96.64	97.35	98.85	101.2
VISC.100°C (cSt)						
T.A.N. (mgKOH/g)	0.43	0.47	0.53	0.44	0.43	0.47
INDICE DE PARTICULAS FERRROSAS (PQ)	13	36	6	12		
SPOT TEST (CONTAMINACION)						
AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	TRAZAS
AGUA, %V.						
DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)						
ANÁLISIS ESPECTROFOTOMETRICO						
HIERRO (Fe) P.P.M.	3	1	0	1	3	1
CROMO (Cr) P.P.M.	0	0	0	0	0	0
NIQUEL (Ni) P.P.M.	0	0	0	0	0	0
ALUMINIO (Al) P.P.M.	0	0	0	0	0	0
COBRE (Cu) P.P.M.	1	2	1	1	1	4
PLOMO (Pb) P.P.M.	0	0	0	0	0	1
ESTAÑO (Sn) P.P.M.	0	0	0	0	1	1
PLATA (Ag) P.P.M.	0	0	0	0	0	1
TITANIO (Ti) P.P.M.	0	0	0	0	0	0
MANGANESO (Mn) P.P.M.	0	0	0	0	0	0
CADMIO (Cd) P.P.M.	0	0	0	0	0	1
VANADIO (V) P.P.M.	0	0	0	0	0	0
SILICIO (Si) P.P.M.	1	0	1	1	0	1
SODIO (Na) P.P.M.	0	0	0	0	0	0
POTASIO (K) P.P.M.	0	0	0	0	0	1
BARIO (Ba) P.P.M.	0	0	0	0	0	0
BORO (B) P.P.M.	0	0	0	2	0	4
MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	0	0	0	0	0	0

El contenido de este reporte es confidencial, no podrá ser distribuido a terceros sin la autorización previa y por escrito de NEXO Lubricantes S.A. La precisión, el diagnóstico y las recomendaciones dependen de la representatividad de la muestra e información recolectada y suministrada exclusivamente (o bajo su supervisión) por el cliente. NEXO Lubricantes S. A. no se hace responsable y así lo acepta expresamente el cliente al solicitar el Servicio de Análisis de Aceites Usados, por las acciones u omisiones que sean responsabilidad directa del mismo.
 Nexo Lubricantes S.A.
 Av. Contralmirante Mora 687 - Callao
 e-mail: sde@nexolubricantes.com.pe

Figura 12. Frecuencia de Lubricación.

Fuente. Área de Molienda

REPORTE DE ANÁLISIS VIBRACIONAL - SKF N°			
PARA			
DE			
REVISADO POR			
FECHA DE MONITOREO			
FECHA DE ENTREGA DE REPORTE			
Reporte de Servicio	N° SERIE	DESCRIPCIÓN	ÁREA
CONDICIONES	ESTADO	VALOR MÁXIMO DE VIBRACIÓN	ESQUEMAS Y FIGURAS
DIAGNÓSTICO			
VALORES GLOBALES POR PUNTO DE MEDIDA		Figura 1: IMAGEN DEL EQUIPO	
<p style="text-align: center; font-size: 2em; opacity: 0.5;">Página 1</p>		Figura 3: Onda en el tiempo Chumacera 1 - 3VH	
		Figura 2: Espectro Chumacera - 3VH	
RECOMENDACIONES		Figura 4: Espectro Envoltente Chumacera 2 - 4EH.F3	
		Figura 5: Gráfico de Tendencia	

Figura 13. Formato de Análisis Vibracional

Fuente. SKF

REPORTE DE ANÁLISIS VIBRACIONAL - SKF N° 7258

PARA	Ings. Hernando Ponce/ Gilberto Ordóñez/ Nestor Mantilla / Pedro Ruiz
DE	Jhon Quiliche
REVISADO POR	Homero Alayo
FECHA DE MONITOREO	07 de Abril del 2018
FECHA DE ENTREGA DE REPORTE	07 de Abril del 2018

Reporte de Servicio		N° SERIE	DESCRIPCIÓN	ÁREA
SKF N°	7126		FIBERIZER B	RECEPCIÓN Y PREPARACIÓN DE CAÑA PREPARACION DE CAÑA B

CONDICIONES	ESTADO	VALOR MÁXIMO DE VIBRACIÓN
CONDICIÓN ANTERIOR	ALARMA	14.02 mm/s
CONDICIÓN ACTUAL	EMERGENCIA	19.60 mm/s

DIAGNÓSTICO SOLTURA MECÁNICA

MOTOR

- Su condición operativa es **ALERTA** debido a los defectos en el rotor.

CHUMACERAS

- Se aprecia incremento de amplitud al **1X** (Fig. 2), debido a desbalance inducido por desgaste de los martillos del rotor. Esto repercute en la soltura de rodamientos presentada en el equipo, lo que se evidencia en el aumento de amplitud de los armónicos de la frecuencia de giro (principalmente el **3X**). La forma de onda (Fig. 3) muestra los impactos a la frecuencia de giro del equipo debido a la soltura, los cuales llegan a niveles de **10 g's**. Los espectros envolvente (Fig. 4) muestran presencia de armónicos debido a la soltura mencionada, además de frecuencias de falla de rodamiento (**BPFO**). Esta condición ha ido evolucionando en el tiempo tal y como muestra el gráfico de tendencia (Fig. 5).
- Su condición operativa es **EMERGENCIA**.



Figura 1: IMAGEN DEL EQUIPO

VALORES GLOBALES POR PUNTO DE MEDIDA

MOTOR ELECTRICO		
Medida	Punto 1	Punto 2
Horizontal (mm/s)	7.38	6.93
Envolvente - F3 (gE)	0.22	1.00
Vertical (mm/s)	2.29	4.87
Axial (mm/s)	1.85	1.82

CHUMACERAS		
Medida	Punto 3	Punto 4
Horizontal (mm/s)	19.60	13.69
Envolvente - F3 (gE)	2.174	1.826
Vertical (mm/s)	7.46	4.70
Axial (mm/s)	12.59	8.18

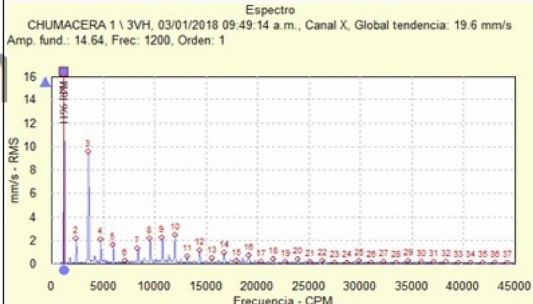
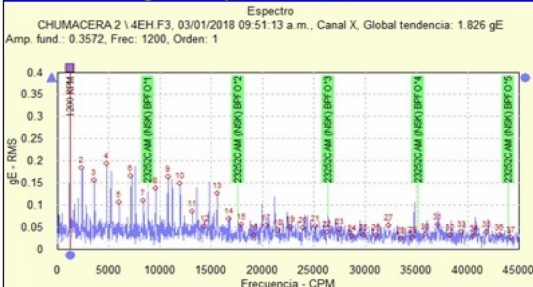


Figura 2: Espectro Chumacera - 3VH



Figura 3: Onda en el tiempo Chumacera 1 - 3VH



REPORTE DE TERMOGRAFIA - SKF N°

PARA	
DE	
REVISADO POR	
FECHA DE REALIZACION	
FECHA DE REPORTE	

UBICACIÓN	TABLERO	DESCRIPCIÓN	COMPONENTE

IMAGEN FISICA	IMAGEN TERMICA
---------------	----------------

Página 1

PARÁMETROS	DIAGNOSTICOS Y RECOMENDACIONES
------------	--------------------------------

Parámetro del objeto	Valor
Emisividad	
Distancia del objeto	
Tº Máxima (TMax)	
Tº Ambiente (TAMB)	
Tº Punto caliente (TPC)	
Tº Referencia (TREF)	

	Valor
DIF AMB. °C	
DIF SIM. °C	

CLASIFICACION	
ACCION	

Descripción de la falla:

Recomendación:

Figura 15. Formato de Análisis Ultrasonido

Fuente. SKF

SKF Reliability Systems		REGISTRO DE INSPECCIÓN - NDT		CasaGrande					
REGISTRO DE INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO									
DATOS GENERALES				N° DE REPORTE	7315				
PARA:	Ings. Hernando Ponce / Gilberto Ordóñez / Alejandro Castro / Juan Navarro								
REALIZADO:	Jhon Quiliche Cano								
REVISADO:	Homero Alayo								
FECHA DE REALIZACIÓN:	Lunes, 15 de Enero de 2018								
FECHA DE REPORTE:	Martes, 16 de Enero de 2018								
DATOS DEL EQUIPO O ELEMENTO EVALUADO									
UBICACIÓN DE LA INSPECCIÓN:	TALLER DE MAESTRANZA								
ELEMENTO INSPECCIONADO:	EJE TRITURADORA DE CARBON 1 Y 2 CALDERO #1 (PIEZA 2)								
ÁREA:	GENERACIÓN DE VAPOR								
SUB ÁREA:	CALDEROS								
ZONA INSPECCIONADA:	100%								
MATERIAL:	SAE - 1045								
ESPESOR:	-----								
LONGITUD:	1919 mm Aprox.								
CONDICIÓN:	ACEPTABLE								
EJE PARA TRITURADORA DE CARBON 1 Y 2 CALDERO # 1 (FALTA TERMINADO FINAL)									
CARA A					CARA B				
EQUIPOS Y MATERIAL EMPLEADOS									
EQUIPO DE EMPLEADO:	EPOCH		FRECUENCIA DE PALPADOR:	1 MHz					
MARCA / MODELO:	OLYMPUS / 1000i		DIAMETRO:	1"					
TIPO DE HAZ:	NORMAL		PATRON DE CALIBRACIÓN:	IIW TIPO 1					
TECNICA USADA / TIPO DE SCAN:	PULSO - ECO / A SCAN		GANANCIA:	40 a 60 dB					
ANGULO DE PALPADOR:	0°		ACOPLANTE:	SONOTECH					
RESULTADOS DE LA INSPECCION									
ITEMS	ELEMENTO	CODIGO	INDICACIÓN HALLADAS (mm)				RESULTADO	OBSERVACIÓN	
			DESIGNACIÓN	INICIO X	LONGITUD X	INICIO Y			LONGITUD Y
1	Eje Trituradora de carbon	Cara A					ACEPTABLE	Eje nuevo	
2	Eje Trituradora de carbon	Cara B					ACEPTABLE		
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
IL: INDICACIÓN LINEAL IR: INDICACIÓN REDONDEADA FI: FUSIÓN INCOMPLETA S: RAYADURAS			P: POROSIDAD CP: POROSIDAD AGRUPADA EU: SOCAVACIÓN EXTERNA F: FISURA			I: CORDON IRREGULAR LM: FALTA DE MATERIAL SD: DISCONTINUIDADES SUPERFICIALES ID: DISCONTINUIDADES SUB -SUPERFICIALES			A: ACEPTABLE R: RECHAZADO O: OBSERVADO
- El personal de SKF realizo la preparación de superficie. - Se inspecciono la pieza (eje) como se encontro in situ, pero todavia le resta el terminado final (maquinado). - Durante la inspección realizada al componente o pieza, no se detectaron discontinuidades internas; por lo tanto el componente se encuentra en buen estado.									
REPORTE DE FOTOGRÁFICO									
ESQUEMA DEL ELEMENTO 			ESPECTRO ULTRASONICO 						
LONGITUD INSPECCIONADA: CARA A = 1918.81			En el espectro obtenido mediante ultrasonido haz normal se aprecia el pico de fondo correspondiente a la longitud total del eje, sin interferencias relevantes.						
LONGITUD INSPECCIONADA: CARA B = 1919.05			En el espectro obtenido mediante ultrasonido haz normal se aprecia el pico de fondo correspondiente a la longitud total del eje, sin interferencias relevantes.						
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES									
• Durante la inspección por ultrasonido convencional, no se detectaron discontinuidades relevantes en el interior y secciones del eje inspeccionado. Siendo su condición: ACEPTABLE . • Al termino del maquinado final de la pieza (eje) se recomienda una re inspección mediante alguna Técnica NO DESTRUCTIVA (NDT). • Programar una próxima inspección cuando el elemento inspeccionado se encuentre en servicio a fin de determinar sus condiciones de operatividad e integridad del mismo.									

Figura 16. Análisis Ultrasonido.

Fuente. SKF

REPORTE DE ALINEAMIENTO LASER ENTRE EJES - SKF N°

PARA		
DE		
REVISADO POR		
FECHA DE REALIZACIÓN		
FECHA DE REPORTE		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ÁREA
DESALINEAMIENTO RESIDUAL		ESQUEMAS Y FIGURAS
TERMINOS PARA EL ALINEAMIENTO		
PARAMETROS DE ALINEAMIENTO		
DATOS DEL ACOPLAMIENTO		
Marca / Modelo		
Tipo de Acople		
Diámetro del Acople		
Velocidad de Rotación		
TOLERANCIAS DE ALINEAMIENTO		
Medida		
Angular		
Paralelo		
RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO		
PLANO VERTICAL		
Angular		
Paralelo		
PLANO HORIZONTAL		
Angular		
Paralelo		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
		Figura 1: Equipo referencial
		Figura 2: Inspección inicial
		Figura 3: Valores de alineamiento

Figura 17. Formato de Alineamiento

Fuente SKF

REPORTE DE ALINEAMIENTO LASER ENTRE EJES - SKF N° 7269

PARA	Ings. Hernando Ponce / Gilberto Ordóñez / Alejandro Castro / Pedro Ruíz			
DE	Jhon Quiliche	Jenns Leyva	Romy Lacunza	Inspectores Predictivo SKF
REVISADO POR	Homero Alayo			
FECHA DE REALIZACIÓN	15 de Abril del 2018			
FECHA DE REPORTE	16 de Abril del 2018			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ÁREA		
	FIBERIZER A	RECEPCIÓN Y PREPARACIÓN DE CAÑA		
		PREPARACION DE CAÑA A		

DESALINEAMIENTO RESIDUAL		
Paralelo Vertical	0.08	EXCELENTE

- TERMINOS PARA EL ALINEAMIENTO**
- Condición de toda la pernería de base, cimientos estén en buen estado
 - Los pernos de toda la máquina deberán estar bien ajustados (base, acoples, tuberías, apoyos, etc.)
 - Asegurar que toda suciedad, grasa y oxidación sean removidos de las patas, base de la máquina y laines.

- PARAMETROS DE ALINEAMIENTO**
- Se realiza el alineamiento entre ejes Motor - Rotor, de acuerdo a los parámetros establecidos tales como:
Velocidad del motor
Tamaño del motor
Tipo de acople
 - Se procedió al alineamiento de precisión con el equipo TKSA-80

DATOS DEL ACOPLAMIENTO

Marca / Modelo	
Tipo de Acople	Flexible
Diámetro del Acople	
Velocidad de Rotación	< 2000

TOLERANCIAS DE ALINEAMIENTO

Medida	Excelente(mm)	Aceptable
Angular	0.08	0.16
Paralelo	0.10	0.20

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO

PLANO VERTICAL

Angular	-0.02	EXCELENTE
Paralelo	0.08	EXCELENTE

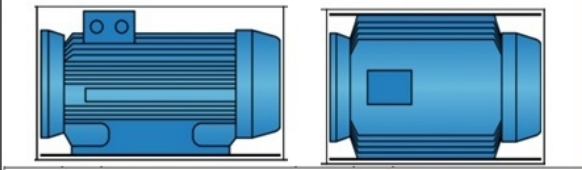
Angular	-0.01	EXCELENTE
Paralelo	0.05	EXCELENTE



- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- El equipo queda alineado en condición **EXCELENTE**.



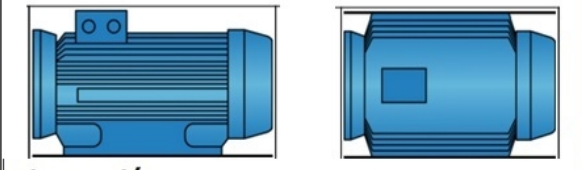
Figura 1: Equipo referencial



Inspección inicial

		-0,32/100			0,00/100
		-0,01mm			0,22mm

Figura 2: Inspección inicial



reinspección

		-0,02/100			-0,01/100
		0,08mm			0,05mm

Figura 3: Valores de alineamiento

Figura 18. Alineamiento y ajuste de pernos.

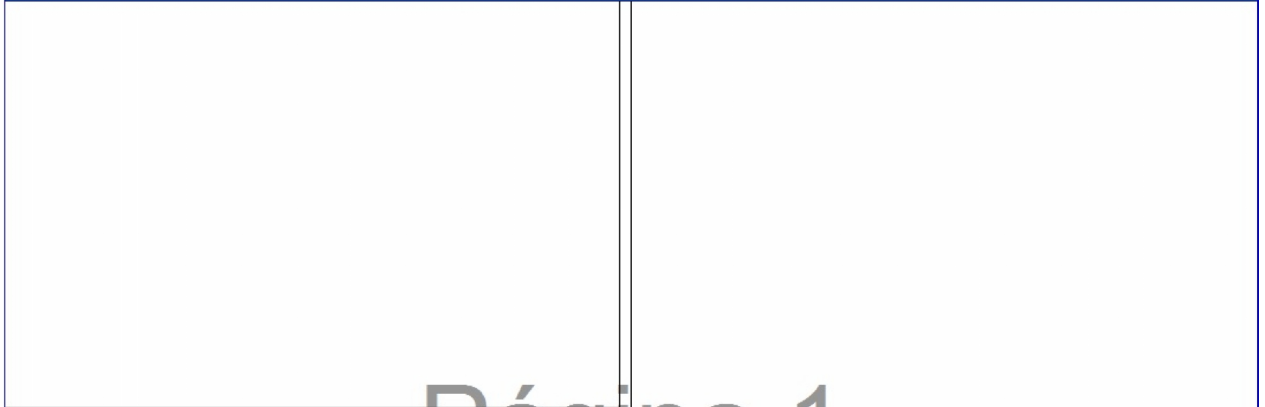
Fuente. SKF

REPORTE DE TERMOGRAFIA - SKF N°

PARA	
DE	
REVISADO POR	
FECHA DE REALIZACION	
FECHA DE REPORTE	

UBICACIÓN	TABLERO	DESCRIPCIÓN	COMPONENTE

IMAGEN FISICA	IMAGEN TERMICA
---------------	----------------



Página 1

PARÁMETROS

Parámetro del objeto	Valor	
Emisividad		
Distancia del objeto		
Tº Máxima (TMax)		
Tº Ambiente (TAMB)		
Tº Punto caliente (TPC)		
Tº Referencia (TREF)		
	Valor	
DIF AMB. °C		
DIF SIM. °C		
CLASIFICACION		
ACCION		

DIAGNOSTICOS Y RECOMENDACIONES

Descripción de la falla:

Recomendación:

--

Figura 19. Formato de Termografía

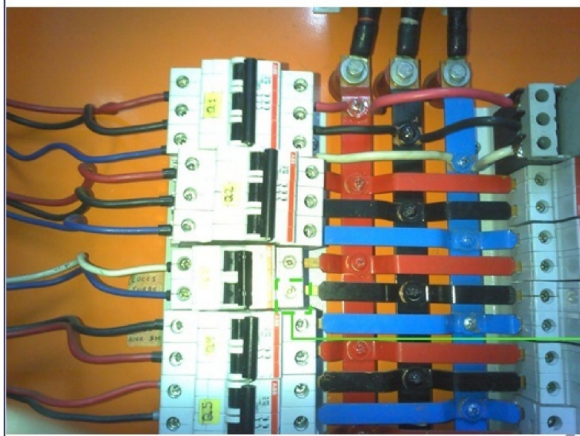
Fuente. SKF

REPORTE DE TERMOGRAFIA - SKF N° 7520

PARA	Ings.Hernando Ponce / Gilberto Ordóñez / Nestor Mantilla / Germán Chacón / Cesar Retamozo		
DE	Denis Valverde	-	-
REVISADO POR	Homero Alayo	-	-
FECHA DE REALIZACION	09 de Abril del 2018		
FECHA DE REPORTE	10 de Abril del 2018		

UBICACIÓN	TABLERO	DESCRIPCIÓN	COMPONENTE
PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	TABLERO DE DIST. TOMACORRIENTES Y ALUMBRADO 220V -60HZ	LLAVE TERMICA Q3	Bornera de Llave

IMAGEN FISICA IMAGEN TERMICA



PARÁMETROS

Parámetro del objeto	Valor	
Emisividad	0.95	ε
Distancia del objeto	1	m
Tº Máxima (TMax)	48.3	°C
Tº Ambiente (TAMB)	24	°C
Tº Punto caliente (TPC)	48.3	°C
Tº Referencia (TREF)	34	°C
Valor		
DIF AMB. °C	24.3	°C
DIF SIM. °C	14.3	°C

DIAGNOSTICOS Y RECOMENDACIONES

Descripción de la falla:

Los puntos SP1 y SP2 presentan un Delta T de 14.3 °C, según la tabla de criticidad presenta una condición de "PROBABLE DEFICIENCIA" y su acción es de "Reparar en la próxima parada disponible", el gradiente térmico se sitúa en la bornera de la llave térmica por componente fatigado.

Recomendación:

- Cambiar llave térmica.
- Limpieza y ajuste adecuado.
- Coordinar con el personal de SKF para su monitoreo post correcciones.

CLASIFICACION	PROBABLE DEFICIENCIA
ACCION	Reparar en la Proxima Parada Disponible

Nivel	Diferencia Temperaturas Puntos Similares DIF _{SIM} = T _{PC} - T _{REF}	Diferencia Temperatura Ambiente DIF _{AMB} = T _{PC} - T _{AMB}	Clasificación	Acción
1	1°C ≤ DIF _{SIM} < 4°C	1°C ≤ DIF _{AMB} < 11°C	Posible Deficiencia	Se requiere más información.
2	4°C ≤ DIF _{SIM} < 15°C	11°C ≤ DIF _{AMB} < 21°C	Probable Deficiencia	Reparar en la próxima parada disponible.
3	15°C ≤ DIF _{SIM}	21°C ≤ DIF _{AMB} < 40°C	Deficiencia	Reparar tan pronto como sea posible.
4	15°C ≤ DIF _{SIM}	40°C ≤ DIF _{AMB}	Deficiencia Mayor	REPARAR INMEDIATAMENTE

Figura 20. Análisis termográficos.
Fuente. Área de Preparación y Molienda

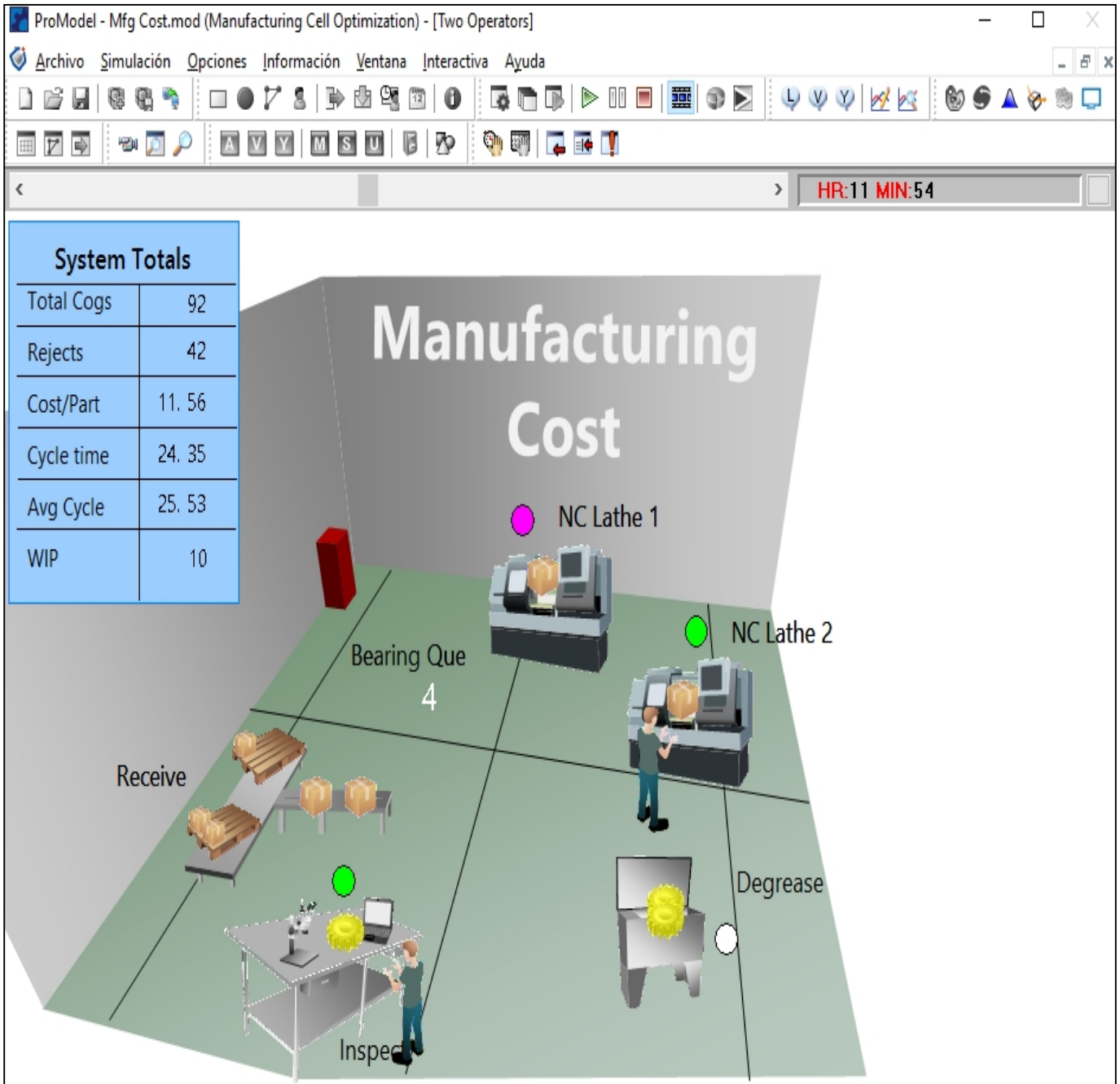


Figura 21. Simulador Promodel.

Fuente Promodel

CasaGrande		Registro de capacitación y entrenamiento						Fecha: 10/04/2018
EMPRESA		SKF						Código:00012-CG
LOCACIÓN		CASA GRANDE						
TEMA		PARAMETROS DE OPERACIÓN						
N.	Nombre del participante	DNI	Cargo	Dirección	Teléfono	Correo electrónico	Firma del participante	
1	Jorge Contreras Rodríguez	43701085	Lubricador	Av. Roma 256 C.G.	979740010	J.contreras@gmail.com		
2	Roberto Calderon Garcia	44821064	Inspector	Calle Torres 31	931084453	—		
3	Jenss Leyva Alcazaba	70301097	Inspector	Av. Flores 322	959510085	jleyva@gmail.com		
4	Lucio Rodriguez Córdova	43681028	Lubricador	Florida 341 Porte baja	985106234	—		
5	Santos Bilingas Vázquez	70104082	Lubricador	Tombes#31	979739010	Bsantoe@hotmail.com		
6	Solorzano Rumes Roberto	43624218	Mecánico	Albarada 467	921040652	Rumes-16-88@hotmail.com		
7	Jorge Contreras León	72684214	Op. de Tropicbe	Av. Peru#352	943208009	—		
8	Miguel Vergara Gamba	70402510	Op. de Preparación	Av. Eron Via# 476	964700682	—		
9	Carlos Arronategui Correa	43822086	Op. de tropiche	Calle Mortires # 627	953202006	—		
10	Pedro Garcia Garcia	72604010	Op. de Preparación	Calle San Ignacio # 32	917585549	—		
11								
12								
13								
14								

Figura 22 . Registro de Capacitación

Fuente. Elaboración Propia

PROGRAMA DE MEDICION POR TERMOGRAFIA CASA GRANDRE
 RUTA 8: MEDICION POR TERMOGRAFIA
 FRECUENCIA QUINCENAL



AREA: PREPARACION Y MOLIENDA



AREA	COMPONENTE	SUB ESTACIONES	CRITICIDAD	07/04/18	21/04/18	04/05/18	18/05/18
MOLIENDA	C. F. y A. Transformador EPLI:6300/460 V	SUB ESTACION PLANTA FUERZA 13.4MVA	HIGHT	✓	✓	✓	✓
PREPARACION	C. F. y A. Líneas de tensión Fase S	SUB ESTACION PLANTA FUERZA CCM CELDA DE MT_6.3KV	HIGHT	✓	✓	✓	✓
PREPARACION	C. F. y A. Líneas de tensión Fase Z	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	✓
MOLIENDA	C. F. y A. Sistema eléctrico	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	✓
MOLIENDA	C. F. y A. Sistema de Vibraciones	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	✓
MOLIENDA	C. F. y A. Sistema eléctrico	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	✓
PREPARACION	C. F. y A. Excitación digital	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	✓
MOLIENDA	C. F. y A. Circuito de protecciones	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	×	✓
PREPARACION	C. F. y A. Sistema eléctrico	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	✓
MOLIENDA	C. F. y A. Tablero	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	✓
PREPARACION	C. F. y A. Relay	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	✓
MOLIENDA	C. F. y A. Tablero Espaldar	PLANTA ELECTRICA TGM - CCM	HIGHT	✓	✓	✓	×

P. Ceceles

SUPERVISOR DE TURNO

[Signature]

INSPECTOR

Figura 23. Programa de medición de termografía
 Fuente. Elaboración Propia

PROGRAMA DE VIBACIONES PLANTA CASA GRANDRE

RUTA 8: ANALISIS VIBRACIONAL



FRECUENCIA QUINCENAL

AREA: PREPARACION Y MOLIENDA

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	FRECUENCIA	INSPECTOR	07/04/18	22/04/18	04/05/18	18/05/18	OBSERVACIONES
16	MACHETERO	QUINCENAL	J-LEYVA	ALARMA	ALARMA	ALARMA	EMERGENCIA	Rodamiento fisurado
19	BUSTER	QUINCENAL	J-LEYVA	ALARMA	ALARMA	ALARMA	ALARMA	Envuelto elevado
22	FIBERIZER	QUINCENAL	J-LEYVA	NORMAL	ALARMA	ALARMA	ALARMA	Holgura acoplamiento
42	MOLINO N° 4	QUINCENAL	J-LEYVA	EMERGENCIA	EMERGENCIA	EMERGENCIA	EMERGENCIA	Soltura de base
45	MOLINO N° 3	QUINCENAL	J-LEYVA	NORMAL	NORMAL	ALARMA	ALARMA	Moza fisurada
47	MOLINO N° 2	QUINCENAL	J-LEYVA	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	—

SUPERVISOR DE TURNO

INSPECTOR DE VIBACIONES

Figura 24. Programa de Vibraciones

Fuente. Elaboración Propia



RUTA 3 : LUBRICACION MOLINOS BMA

FRECUENCIA SEMANAL

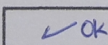
AREA : PREPARACION

Sábado 7 de Abril de 2018

RUTA	EQUIPO / COMPONENTE	PTOS	Bom/L	LUBRICANTE	TAREA	1ER TURNO				2DO TURNO				3ER TURNO				OBSERVACIONES	
						Cant.	Apag.	Mtto	Otros	Cant.	Apag.	Mtto	Otros	Cant.	Apag.	Mtto	Otros		
	MOLINO BMA 01																		
	Reductor Rank zanini	1	-	Mobil Gear 600 XP 460	Revisar Nivel	✓				✓				✓	,				Cambiar visor en mal estado
	Engranajes abiertos	1		VERKOL OC-40	Lubricar	2				1					✓				—
	Tanque de la bomba de presión(sist Hidráulico)	1	-	SHELL Tellus S2 M 68	Revisar Nivel	✓				✓					✓				Coloca filtro Respirad
	Cadenas de transmisión de 4ta maza	2	-	VERKOL OC-40	Lubricar	2				1				1					—
	Chumaceras hechizas de la cuarta maza	2	-	VERKOL OC-40	Lubricar	2				1				1					—
	MOLINO BMA 02																		
	Reductor Rank zanini	1	-	Mobil Gear 600 XP 460	Revisar Nivel	✓				✓					✓				—
	Engranajes abiertos	1		VERKOL OC-40	Lubricar	1				1				2					—
	Sistema de lubricación centralizado automático	1	-	VERKOL OC-40	Rellenar	2				1				2					—
	Cadenas de transmisión de 4ta maza	2	-	VERKOL OC-40	Lubricar	2				1					✓				Colocar Eranda
	Chumaceras hechizas de la cuarta maza	2	-	VERKOL OC-40	Lubricar	2				1					✓				—

RESPONSABLE DEL TRABAJO	HORAS DE TRA.	FIRMA	NOMBRE DEL ENCARGADO DEL AREA USUARIA	FIRMA
1° Turno Jorge Contreras Rodriguez	8	JCR	Juan Caballero	JCR
2° Turno Licio Rodriguez Cordova	8	LRC	Melvin Chavar	Melvin Chavar
3° Turno Santos Binguas Vasquez	8	SBV	Roberto Cordova	Roberto Cordova

AL CULMINAR LA ACTIVIDAD DEJAR EL AREA LIMPIA Y ORDENADA



BM = Bomba Manual

BR = Bomba Rodante

L = Litros

Figura 25. Programa de lubricación semanal

Fuente. Elaboración Propia

RUTA 18 : LUBRICACION REDUCTORES DE MOLINOS



FRECUENCIA DIARIA

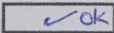
AREA : TRAPICHES

RUTA	EQUIPO / COMPONENTE	PTOS	Bom/L	LUBRICANTE	TAREA	Cant.	9/04/2018			10/04/2018			11/04/2018			12/04/2018			13/04/2018			14/04/2018			15/04/2018			
							1T	2T	3T	1T	2T	3T	1T	2T	3T	1T	2T	3T	1T	2T	3T	1T	2T	3T	1T	2T	3T	
							LUBRICACION SEMANAL OPERADOR TRAPICHES ORDEN N°:																					
	MOLINO Nº 01																											
	acoples de simple engrane	2	16 BR	MOBIL Grease XHP222	Lubricar	32	✓				✓			✓			✓					✓					✓	
	MOLINO Nº 02																											
	Reductor de alta velocidad	1	-	Mobil Gear 600 XP 460	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Reductor de media	1	-	Gadus S2 OG Clear Oil 20000	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Reductor de baja	1	-	Gadus S2 OG Clear Oil 20000	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Chumaceras 05 y 06 de eje de alta	2	4 BM	MOBIL Grease XHP222	Lubricar	8	✓				✓			✓			✓									✓		✓
	MOLINO Nº 03																											
	Reductor de alta velocidad	1	-	Mobil Gear 600 XP 460	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Reductor de media velocidad	1	-	Gadus S2 OG Clear Oil 20000	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Reductor de baja velocidad	1	-	Gadus S2 OG Clear Oil 20000	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Chumaceras 05 y 06 de eje de alta	2	4 BM	MOBIL Grease XHP222	Lubricar	8	✓				✓			✓			✓									✓		✓
	MOLINO Nº 04																											
	Reductor de alta velocidad	1	-	Mobil Gear 600 XP 460	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Reductor de media velocidad	1	-	Gadus S2 OG Clear Oil 20000	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Reductor de baja velocidad	1	-	Gadus S2 OG Clear Oil 20000	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Chumaceras 05 y 06 de eje de alta	2	4 BM	MOBIL Grease XHP222	Lubricar	8	✓				✓			✓			✓									✓		✓
	MOLINO Nº 05																											
	Reductor de alta velocidad	1	-	Mobil Gear 600 XP 460	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Reductor de media velocidad	1	-	Gadus S2 OG Clear Oil 20000	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Reductor de baja velocidad	1	-	Gadus S2 OG Clear Oil 20000	Lubricar		✓				✓			✓			✓									✓		✓
	Chumaceras 05 y 06 de eje de alta	2	4 BM	MOBIL Grease XHP222	Lubricar	8	✓				✓			✓			✓									✓		✓

RESPONSABLE DEL TRABAJO	HORAS DE TRAB.	FIRMA	NOMBRE DEL ENCARGADO DEL AREA USUARIO	FIRMA
1° Turno Jorge Contreras Rodriguez	8	<i>Jorge</i>	Juan Coballero	<i>Juan</i>
2° Turno Lucio Rodriguez Cordova	8	<i>Lucio</i>	Melvin Chavez	<i>Melvin</i>
3° Turno Santos Binger Vozquez	8	<i>Santos</i>	Roberto Cordova	<i>Roberto</i>

[Signature]
SUPERVISOR AREA EJECUTA TRABAJO

AL CULMINAR LA ACTIVIDAD DEJAR EL AREA LIMPIA Y ORDENADA



BM = Bomba Manual
BR = Bomba Rodante
L = Litros

Figura 26. Programa de lubricación diaria
Fuente. Elaboración Propia

EQUIPOS CRÍTICOS DEL ÁREA DE PREPARACIÓN Y MOLIENDA



Figura 27. Buster

Fuente. Preparación y molienda C.G

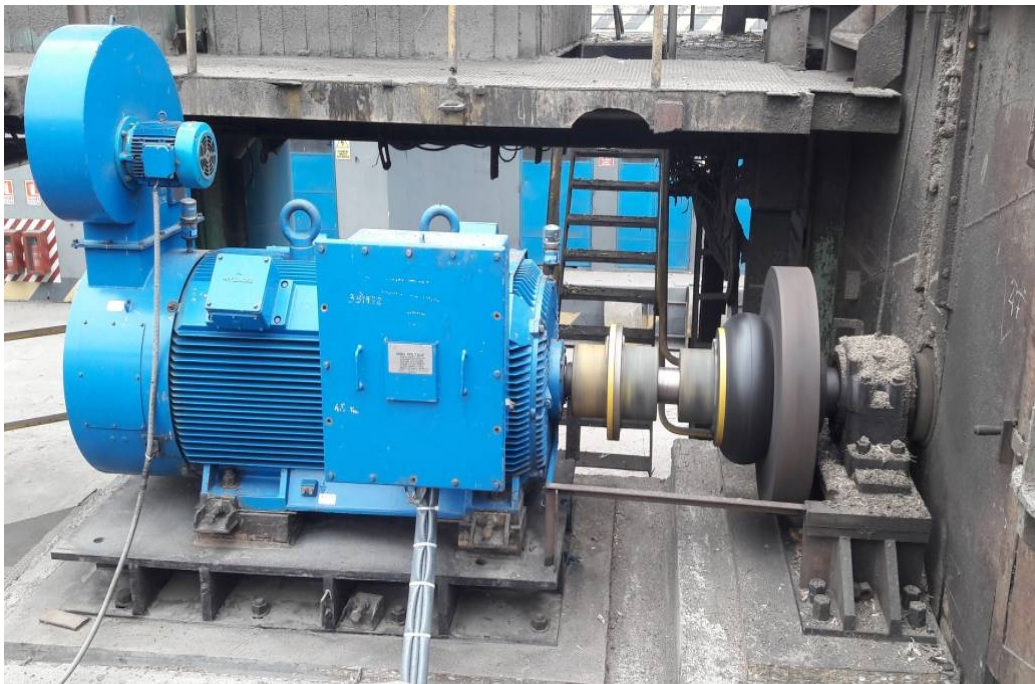


Figura 28. Machetero

Fuente. Preparación y molienda C.G



Figura 29. Molino BMA 1
Fuente. Preparación y molienda C.G



Figura 30. Molino BMA 2
Fuente. Preparación y molienda C.G



Figura 31. Fiberizer

Fuente. Preparación y molienda C.G



Figura 32. Molino N° 3

Fuente. Preparación y molienda C.G



Figura 33. Molino N° 4
Fuente. Preparación y molienda C.G



Figura 34. Mesa cañera
Fuente. Preparación y molienda C.G