

Propuesta de un Modelo de mejora en los planes de Mantenimiento de los Activos Fijos Productivos de la Planta de Aseo de la empresa Casa Luker S.A

Carlos Rubiano Matoma

Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Universidad ECCI

Proyecto de Investigación

Director :

MSc. Miguel Angel Urian Tinoco

Febrero 2021

Universidad ECCI

Bogotá D.C

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle a mi familia por el apoyo que día a día me han brindaron para cumplir mis metas, a la empresa Casa Luker S.A por su apoyo incondicional con el desarrollo de la investigación, con el fin de lograr implementar una estrategia y herramientas que se acoplen a la realidad industrial. Quiero agradecer a la Universidad ECCI por permitirme recorrer un camino de nuevos aprendizajes, finalmente gracias al Ingeniero Miguel Ángel Urian por brindarme el apoyo y el acompañamiento en el desarrollo del proyecto. Todo esto con el fin de ser una mejor persona y profesional.

Carlos Rubiano Matoma

Tabla de Contenido

Listado de Figuras	6
Listado de Tablas	8
Introducción	9
1. Título de la Investigación.....	10
2. Problema de Investigación.....	11
2.1 Descripción del Problema.....	11
2.2 Planteamiento del Problema	12
2.3 Sistematización del Problema.....	13
3. Objetivos.....	14
3.1 Objetivo General.....	14
3.2 Objetivos Específicos.....	14
4. Justificación y Delimitación	15
4.1 Justificación	15
4.2 Delimitación.....	16
4.3 Alcance del Problema	17
4.4 Limitaciones.....	17
5. Marco Conceptual.....	18
5.1 Estado del Arte.....	18
5.1.1 <i>Estado del Arte Nacional</i>	18
5.1.2 <i>Estado del Arte Internacional</i>	25
5.2 Marco Teórico.....	32
5.2.1 <i>Mantenimiento Industrial</i>	32
5.2.1.1 <i>Mantenimiento Correctivo</i>	32

5.2.1.2 Mantenimiento Preventivo.....	32
5.2.1.3 Mantenimiento Predictivo.....	33
5.2.2 <i>Estrategias Actuales de Mantenimiento</i>	34
5.2.2.1 Metodología TPM.....	34
5.2.2.1.1 <i>Ventajas de utilizar TPM.</i>	34
5.2.2.2 Mantenimiento Basado en Condición.....	35
5.2.2.2.1 <i>La importancia de realizar el seguimiento de una variable física.</i>	35
5.2.2.2.2 <i>La evolución del valor medio del monitoreo de condición.</i>	35
5.2.2.2.3 <i>Justificación económica del mantenimiento basado en condición.</i>	36
5.2.2.3 RCM (Reliability Centered Maintenance).....	37
5.2.2.3.1 <i>Objetivos y metas a alcanzar utilizando RCM.</i>	38
5.2.2.3.2 <i>Análisis de criticidad.</i>	39
5.2.2.4 Los nuevos desafíos que enfrenta el mantenimiento.	40
5.3 Marco Legal.....	42
5.3.1 <i>Normatividad Vigente Nacional</i>	42
5.3.2 <i>Normatividad Vigente Internacional</i>	43
6. Marco Metodológico.....	45
6.1 Recolección de la Información	45
6.1.1 <i>Tipos de Investigación</i>	45
6.1.2 <i>Fuentes de Obtención de la Información</i>	46
6.1.3 <i>Fuentes de Información Primaria</i>	48
6.1.4 <i>Fuentes de Información Secundaria</i>	48
6.2 Herramientas.....	48

6.2.1 <i>Proceso de Mantenimiento</i>	48
6.2.2 <i>Histórico de fallas Planta Aseo</i>	52
6.2.3 <i>OEE Planta Aseo</i>	53
6.3 Información Recopilada.....	54
6.4 Análisis de la información	56
6.5 Propuesta de Solución.....	57
6.5.1 <i>Matriz de Criticidad Casa Luker S.A.</i>	57
6.5.1.1 <i>Función de la matriz de Criticidad Casa Luker S.A.</i>	64
6.5.2. <i>Determinación de Modos de Fallo y Consecuencias</i>	66
6.5.3. <i>Análisis 80-20 Casa Luker S.A</i>	68
6.5.4. <i>Diagrama de Decisiones</i>	68
6.5.5. <i>Inclusión de mejoras de planes de Mantenimiento en SAP-PM</i>	69
6.5.5. <i>Control de Ordenes de Trabajo de Mantenimiento en SAP-PM</i>	71
7. Impactos Esperados	74
7.1 En el Proceso y las personas	74
7.2 En el Presupuesto.....	75
8. Análisis Financiero	77
8.1 Proyección Presupuestal	78
9. Conclusiones y recomendaciones	80
9.1 Conclusiones.....	80
9.2. Recomendaciones	81
10. Referencias.....	82

Listado de Figuras

Figura 1. Incremento de producción 2017-2020 Casa Luker S.A	11
Figura 2. Tiempos Muertos o improductivos 2017-2020 Casa Luker S.A.....	16
Figura 3. Perspectiva Tradicional de falla en un equipo.....	33
Figura 4. Efecto de la Reingeniería en una empresa.....	41
Figura 5. Planeación Mensual Equipos productivos.....	46
Figura 6. Plan de Mantenimiento Tapadora Rotativa MZ Planta de Aseo.....	47
Figura 7. Histórico de Fallas 2019 Maquinaria Planta Aseo	53
Figura 8. OEE Planta Aseo 2017-2020.....	54
Figura 9. Indicador MTTR Mantenimiento2017-2020 Casa Luker S.A	55
Figura 10. Gastos Operativos Mantenimiento 2017-2020 Casa Luker S.A	57
Figura 11. Ejemplo Calculo de Criticidad	66
Figura 12. Diagrama Pareto Tapadora MZ.....	68
Figura 13. Diagrama de Decisiones.....	69
Figura 14. Actividades Adicionales Tapadora MZ.....	70
Figura 15. Antes y Después Plan Mtto Tapadora MZ	71
Figura 16. Ventana de usuario para Seleccionar Tipo de Orden	71
Figura 17. Tipos de Orden SAP-PM.....	72
Figura 18. Orden de Trabajo Tapadora MZ.....	72
Figura 19. Diagrama flujo Estrategia Mantenimiento	75
Figura 20. Matriz Presupuestal Mantenimiento.....	76
Figura 21. Gastos Operativos 2021 Casa Luker S.A	78
Figura 22. Proyección de Presupuesto 2021 cuentas y Centro Costos	79

Listado de Tablas

Tabla 1. Beneficios Otorgados por el RCM.....	38
Tabla 2. Tipos de Investigación para un Proyecto	45
Tabla 3. Ciclo PHVA área Mantenimiento Planta Aseo.....	49
Tabla 4. Tiempo Rodaje vs Tiempos por Falla de Equipos.	54
Tabla 5. Matriz de Criticidad - Frecuencia de Fallas	59
Tabla 6. Matriz de Criticidad - Impacto Operacional	60
Tabla 7. Matriz de Criticidad - Flexibilidad Operacional	61
Tabla 8. Matriz de Criticidad - Costo de Mantenimiento	62
Tabla 9. Matriz de Criticidad - Impacto SST.....	63
Tabla 10. Matriz de Criticidad - Impacto Ambiental.....	64
Tabla 11. AMEF Tapadora Rotativa MZ.....	67

Introducción

La investigación Plantea una necesidad en la Planta de Aseo de Casa Luker S.A , debido que se están generando tiempos muertos improductivos por falla de equipos, los recursos disponibles de la dependencia son el mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y el Mantenimiento predictivo. Sin embargo, el estudio de aplicar una estrategia basada en confiabilidad permitirá la obtención de una visión global, junto con el conocimiento del estado general de la instalación, con el fin de atender fallas anticipadamente y lograr orientar los recursos de una manera adecuada para garantizar la disponibilidad de las líneas de producción en planta.

La proyección de una estrategia Basada en Confiabilidad permite desarrollar planes de mantenimiento en diferentes equipos, mitigando errores, disminuyendo costos y complicaciones al momento de ejecutar un plan de mantenimiento. Este tipo de estrategia hace énfasis tanto en las consecuencias de las fallas como en las características Técnicas de la misma. El análisis integra la revisión de las Fallas operacionales con la evaluación de diferentes aspectos (productividad, Costos de Mantenimiento, Flexibilidad operacional, Seguridad y salud en el Trabajo y medio Ambiente), las cuales se hacen importantes al momento de tomar una decisión importante en materia de mantenimiento.

Con base a la Normativa (SAE JA011 Y SAE JA012), se realizará la categorización y evaluación de los niveles de Falla, determinando si son admisibles y/o severos, mediante el uso de Herramientas tales como, Análisis de Criticidad, AMEF y Diagrama de decisión. Permitiendo la atención de fallas con un criterio técnico.

1. Título de la Investigación.

Propuesta de un Modelo de mejora en los planes de Mantenimiento de los Activos Fijos Productivos de la Planta de Aseo de la empresa Casa Luker S.A

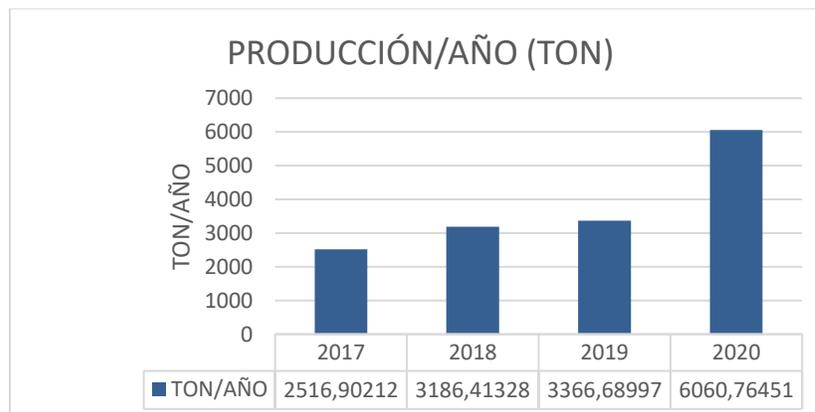
2. Problema de Investigación.

2.1 Descripción del Problema

Casa Luker S.A, es una empresa colombiana de talla internacional con 115 años, cuenta en su Portafolio con una amplia gama de productos de alta calidad en la línea de alimentos y de aseo, dentro de estos productos de la planta de Aseo, se puede encontrar limpiadores para piso, ceras Auto brillantes, Lavalozas y jabones líquidos. La maquinaria utilizada son el objetivo de estudio.

Desde el año 2017, se ha presentado un incremento importante en la producción de los productos de Aseo en un porcentaje del 58,47% al año 2020. En la *figura 1* se muestra el incremento del volumen de producción en Toneladas Fabricadas/año para la Planta de Aseo. Esto implica que el tiempo de rodaje de la maquinaria también se incrementa de tal manera que hay mayor desgaste en los componentes, generando tiempos no programados, los cuales son improductivos representados por falla en los equipos.

Figura 1. Incremento de producción 2017-2020 Casa Luker S.A



Nota: Los datos fueron Extraídos de la base de Datos de Casa Luker S.A entre años 2017-2020;

Fuente: Autor de la Investigación.

El Área de mantenimiento es la encargada de brindar atención a cada línea productiva garantizando el funcionamiento operativo de la infraestructura y maquinaria de la planta. La investigación Plantea una necesidad en el área de Mantenimiento de la empresa Casa Luker S.A, debido a que los recursos y conocimientos están ligados al uso de estrategias como: Mantenimiento preventivo, correctivo y Predictivo.

En cuanto a la Estrategia definida desde el 2017, se han evidenciado falencias en los planes de mantenimiento, debido a que se han incrementado las ordenes correctivas en un 23,15%. Por tal motivo se busca proponer y desarrollar una estrategia que permita la reducción de estos valores, junto con el conocimiento del estado general de una instalación, con el fin de atender fallas anticipadamente y lograr orientar los recursos de una manera adecuada para garantizar una disponibilidad del 97% en la planta de producción.

2.2 Planteamiento del Problema

El incremento del volumen de producción en los productos de Aseo genera una importancia relevante de mantener y garantizar la disponibilidad operativa de la maquinaria. De esta manera se presenta un cuestionamiento de investigación para mejorar a nivel organizacional. ¿Como la empresa Casa Luker S.A puede evitar la Frecuencias de fallas y tiempos de parada de los activos fijos productivos de la planta de Aseo, que afectan en el cumplimiento de los planes de producción?

2.3 Sistematización del Problema

¿Cómo el diagnóstico de los activos productivos de la planta de Aseo permite establecer la criticidad de estos?

¿Cómo la identificación de las actividades de mantenimiento, estableciendo frecuencias de cambios y preventivos pueden aumentar la confiabilidad y disponibilidad de la planta de Aseo?

¿Qué beneficios financieros conlleva la implementación de una metodología en los planes de mantenimiento que justifique la inversión?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Establecer una propuesta de mejora para el mejoramiento de los planes de mantenimiento de los activos fijos productivos de la planta de aseo de la empresa Casa Luker S.A

3.2 Objetivos Específicos

Diagnosticar la situación actual en la planta de Aseo con respecto a los planes de mantenimiento.

Investigar información y normatividad nacional e internacional aplicadas en planes de mantenimientos, definiendo la metodología para la gestión de activos de la empresa Casa Luker S.A.

Realizar una propuesta de mantenimiento, eligiendo el mejor método para la empresa, partiendo de las investigaciones del área, para optimizar los planes de mantenimiento.

4. Justificación y Delimitación

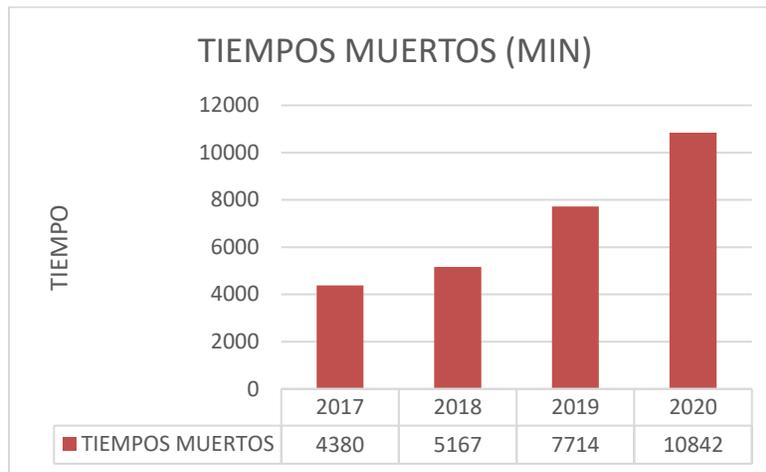
4.1 Justificación

Desde el año 2017, con el aumento de producción y la incorporación de procesos automáticos, la disponibilidad y confiabilidad han alcanzado un papel importante y significativo, estos son equiparables y relevantes en la producción como son los estándares de calidad, la seguridad, el cuidado del medio ambiente y la vida útil de los equipos. Todo ello para tener un mayor control en los costos del mantenimiento.

El mantenimiento correctivo y preventivo que se maneja actualmente en Casa Luker S.A necesita una optimización, basada en una metodología que logre reducir los retrasos en la producción, paradas de los equipos, Ciclo de vida de los equipos y control Presupuestal. Esta última es muy importante para hacer el seguimiento de Gastos Operativos en la planta de Aseo.

Por otro lado existen los tiempos Muertos o Tiempos Improductivos generados a partir de las fallas Presentadas en la maquinaria, hace que los costos de una orden de producción y una orden de mantenimiento se vean afectadas, debido al tiempo empleado en la solución del problema, el valor de \$/Tonelada Fabricada y la Mano de obra sea incremental y no se genere el margen de ganancia esperado.

Figura 2. Tiempos Muertos o improductivos 2017-2020 Casa Luker S.A



Nota: Los datos fueron Extraídos de la base de Datos de Casa Luker S.A entre años 2017-2020;

Fuente: Autor de la Investigación.

El objetivo de esta investigación es determinar cuál metodología estratégica permite reducir los tiempos de parada en las máquinas, optimizando los planes de mantenimiento, redireccionando los recursos de mano de obra y repuestos con base en una categorización de áreas de producción, e incrementar el margen de ganancia en las ordenes de producción.

4.2 Delimitación

Esta propuesta se desarrollará en la planta de Aseo de la Empresa de Casa Luker, que cuenta actualmente con 156 Activos Fijos Productivos. Con los datos obtenidos acerca del costo de la orden de producción y la orden de mantenimiento se quiere brindar fundamentos, metodologías, herramientas, para ofrecer soluciones orientadas al desarrollo integral de la disponibilidad y confiabilidad de la planta de Aseo.

4.3 Alcance del Problema

Esta propuesta de mejoramiento se desarrollará en Bogotá, en las instalaciones de la planta de producción de Aseo para los activos fijos de la compañía. Esta investigación pretende reducir los tiempos improductivos y la frecuencia de fallas generada durante la producción. Se busca implementar herramientas para darle continuidad al proceso productivo y mejoramiento de los planes de mantenimiento de Casa Luker S.A

4.4 Limitaciones

Durante la Investigación se tiene acceso limitado a los valores establecidos por orden de proceso, debido a que esto se maneja por Software de Gestión SAP-PP, este lo maneja la directora de la Planta de Aseo. En este caso se solicitó que los datos serian exclusivamente educativos para la investigación, pero que sería un valor agregado para la empresa, porque se estaría diagnosticando la capacidad instalada de la infraestructura y maquinaria de la Planta.

5. Marco Conceptual

5.1 Estado del Arte

5.1.1 *Estado del Arte Nacional*

5.1.1.1 Gestión de Activos Enfocado hacia la Confiabilidad o Determinación del TPEF, Universidad ECCI, Cerquera Valderrama Cristian y Barrantes Malagón Julio Andres, 2016.

Esta tesis, consiste en la determinación del tiempo entre fallas y las probabilidades de falla de un activo que preste el servicio operativo en condiciones Normales, con el fin de evaluar la funcionalidad de una estrategia de mantenimiento a partir de las decisiones del Área de Mantenimiento.

Iniciando con una recolección de Datos se relacionan las variables influyentes con el fin de encontrar la causa Raíz del problema, con el fin de mejorar la Disponibilidad de los Activos de la empresa Concescol S.A (Cerquera Valderrama & Barrantes Malagón, 2016).

La investigación realizada para el trabajo a realizar brinda herramientas para determinar las probabilidades de Falla en la maquinaria de Casa Luker S.A. Además de esto se aplicaría en análisis de causa y efecto poder definir actividades en las áreas críticas y no Críticas de la organización. Adicional la mejora de la confiabilidad de equipos se evidenciaría mediante una planificación de Actividades adicionales periódicas fuera de los planes de mantenimiento Preventivo.

Se podría aplicar el método que se utilizó en esta investigación para dar a conocer los modos de falla de los equipos al nivel operativo para determinar cuando el equipo está en condiciones normales y cuando está operando en condiciones de falla potencial.

5.1.1.2 Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Para Top Rolls en Vidrio Andino S.A, Universidad Santo Tomas, Motta Cruz Miguel Angel, 2017

El objetivo de esta tesis es diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos Top Rolls en la empresa vidrio Andino S.A. Debido a un índice de averías y tiempos de parada, con los cuales los indicadores de mantenimiento (MTBF y MTTR) no eran los esperados para la compañía. Teniendo en cuenta que los planes de Mantenimiento existían, se seguían presentando fallas funcionales en los equipos operativos. Para mitigar el problema se diseñaron unos planes de mantenimiento basados en confiabilidad, los cuales exponían una trazabilidad en los cuales se desarrollaron planes de mejora, con el fin de reducir los tiempos de parada en las instalaciones, con un beneficio para la empresa en calidad y costos (Motta Cruz, 2017).

Basado en la investigación previa, existen los planes de mantenimiento y para metodología de Casa Luker S.A, entrarían en estudio para determinar qué actividades de mantenimiento están agregando valor al proceso, con el fin de eliminar lo que no es necesario dentro del plan. Cabe resaltar que el estudio RCM para la compañía sería muy beneficioso, debido a que se revisarían los modos de fallas, las causas y las consecuencias que pueden afectar el ciclo productivo de la maquinaria.

Lograr Integrar esta metodología, permitiría integrar los concomimientos del personal técnico y operativo, además de lograr hacer retroalimentación para poder mejorar y crear nuevos planes de mantenimiento y así mismo poder garantizar que no se repitan las fallas pequeñas y lograr subir la disponibilidad al punto deseado.

5.1.1.3 Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM. Universidad Nacional de Colombia, Maya Velásquez Jhonny Alexander, 2018.

La tesis propone el desarrollo del mantenimiento centrado en confiabilidad usando como estrategia el establecimiento TPM, con el fin de integrar los sistemas de gestión de la empresa y direccionar los planes de mantenimiento preventivo y programado del área, permitiendo tener una visual más grande de los equipos y formular una matriz de Criticidad, permitiendo que se evalué cada área de trabajo y dando un ponderado con el fin de llegar a una mejora en los planes de mantenimiento (Alexander & Velasquez, 2018).

Actualmente del TPM se maneja el pilar de la 5's, donde se logra mantener el orden y la limpieza del área de mantenimiento, pero la revisión y la inclusión de las matrices criticidad en los activos productivos de la compañía, permitiría ver que activos y que áreas necesitan mejor direccionamiento y cuales hay que reforzar. Para Casa Luker S.A contar con una matriz de Criticidad Permitiría Evaluar el trabajo del personal Técnico y mapear como se encuentra la instalación.

Adicional poder contar con una de las herramientas del RCM, daría a la compañía una motivación, debido que se saldría de la zona de Confort. De esta manera, comenzar a trabajar sobre estrategia que pueden mejorar la disponibilidad operativa e integrar al personal para realizar una mejor planeación en cómo reducir los tiempos de parada de los equipos.

5.1.1.4 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa REMAPLAST. Universidad De Cartagena. Jorge Luis Valdés Atencio- Erick Armando San Martín Pacheco, 2009.

El objetivo de la investigación es el diseño de planes de mantenimiento preventivos y predictivos para la empresa REMAPLAST, realizaron un análisis interno del mantenimiento a la maquinaria. Junto con los costos que impactan en la calidad del producto. Cuando realizaron el análisis de la situación de la gestión de mantenimiento en la empresa se evidencio que sus mantenimientos estaban enfocados a la solución de problemas urgentes y definieron que debían implementar un mantenimiento predictivo basado en seguimiento de variables Físicas y el mantenimiento preventivo por máquina . Garantizando siempre un stock adecuado de repuestos e insumos. Esta propuesta de mantenimientos conllevo a la evaluación cuantitativa del desempeño en forma de indicadores de gestión:

Disponibilidad de los equipos

Tiempo promedio entre fallas

Tiempo medio de reparación

Cumplimiento del plan

En Casa Luker S.A se Realizar el Respectivo Seguimiento a los Indicadores de mantenimiento, el cual está en función de la operatividad de la planta. En Este Caso existe la necesidad de diferencias de lo que es importante y lo que es prioridad, dado que ambas pueden tomarse como urgentes, pero cual afecta más a la planta a nivel productivo.

5.1.1.5 Propuesta de aplicación de consultoría para la medición de la Gestión de mantenimiento Caso: Empresa Coca-Cola FEMSA. Universidad ECCI. Aldemar Franklin Ochoa Rodriguez-Jhon Alexander Garavito Angarita, 2016.

La tesis trata sobre los cambios generados en los procesos de operación y mantenimiento de vehículos, debido en la apropiación técnica del mantenimiento generado, donde se evidencia afectación en la calidad y en la distribución del producto en la ciudad de Bogota. En el proceso se incluye la consultoría, el cual le permite a la empresa el asesoramiento profesional y la entrega de estrategias y metodologías en cuanto a la dirección del mantenimiento. (Ochoa Rodriguez & Jhon, 2016)

En Casa Luker S.A como en cualquier empresa de consumo masivo, es indispensable medir indicadores, estos entregan el resultado de la operación a nivel productivo. El pilar más importante del área de mantenimiento, garantizar la Disponibilidad operativa de la maquinaria de la planta, debido a que una falla no programada o muy extensa puede afectar la orden de producción por tiempos que no se tienen contemplado durante el proceso. A estos indicadores, se realiza un seguimiento mensual, donde se generan planes de acción preventivos y correctivos. Contar con un servicio de auditoria permitiría incrementar los valores de estos indicadores, debido a que se

explorarían nuevos campos de la gestión del mantenimiento, asegurando la calidad del mantenimiento en cada actividad que se realice.

5.1.1.6 Mejora del plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de la línea de producción 1 de la empresa COTECMAR mediante la metodología RCM. Universidad de Cartagena. Maria Fernanda Lombana – Benjamín Zarate González, 2018.

La tesis Propone planes de mantenimiento preventivo de los equipos críticos del proceso mediante la metodología RCM. En la investigación se realiza un diagnóstico de la instalación, de la maquinaria, con el fin de evidenciar el tipo de mantenimiento aplicado a cada sistema. Se estableció una matriz de Riesgo, que contempla la frecuencia de fallas y los impactos generados. En esta investigación se hace uso de la Herramienta AMEF y el árbol de decisiones, donde se estableció un porcentaje de tareas a condición y otras por cambios periódicos. Posteriormente se establecen los planes y las frecuencias de ejecución. Con el fin de disminuir el margen de fallas en los equipos de la línea de producción. (Lombana Miranda & Zarate González, 2018)

Para la investigación de la metodología de Casa Luker S.A, el uso de las estrategias y herramientas que logren mejorar el proceso de mantenimiento es importante. Debido a que permite tener otra visual fuera de lo tradicional. Para esta aplicación tener el Histórico de Fallas es fundamental al momento de desarrollar un análisis de modo de falla, junto con el análisis de criticidad, que permitiría tener el fundamento Técnico, para poder programar paradas , acondicionar los equipos de trabajo y tener un punto de partida de mejora en los planes de mantenimiento de la planta de producción.

5.1.1.7 Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en línea piloto en la compañía Nacional de Chocolates S.A. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Erika Jimenez Silva – Marcela Patiño Hernandez, 2017.

El trabajo presenta los planes de mantenimiento establecidos para la compañía, donde existe una planeación para atención de las fallas. El inconveniente que se genera durante el mantenimiento es que se relacionan a los fines de semana, los cuales consisten en reparar las fallas que se presentaron durante la semana, con base en el análisis de criticidad establecido para la maquinaria industrial. Para generar la propuesta de los planes RCM, el primer paso se realiza el diagnóstico inicial de todos los sistemas de la planta, se analizaron los tiempos de parada de cada uno de los equipos. Este análisis dio a conocer falencias importantes en las actividades de mantenimiento, como tareas repetitivas que no estaban agregando valor al proceso, pero si disminuía el tiempo efectivo de mantenimiento. Con la propuesta de los planes de mantenimiento basados en confiabilidad se enfocó en la inclusión de variables operativas y externas, con el fin de mantener los costos de mantenimiento asociados a cada equipo productivo. (Jimenez Silva & Patiño Hernandez, 2017).

En Casa Luker S.A conocer la Fallas de mantenimiento es de vital importancia del proceso, debido a que cada evento, fortalece el plan de mantenimiento, pero hay la necesidad de que ocurra el evento para realizar la retroalimentación. Desde la tesis expuesta, se requiere agregar valor al proceso de mantenimiento, desde la revisión de una matriz de criticidad hasta el análisis detallado de cada parada, las consecuencias operativas hasta el control de costo de mantenimiento por equipo productivo.

5.1.2 Estado del Arte Internacional

5.1.2.1 Propuesta de Mantenimiento Preventivo Basado en la Confiabilidad de la Flota A320 de Mexicana de Aviación, Instituto Politécnico Nacional, Hernández Bárcenas Raymundo, México, 2010.

La tesis consiste en la obtención de funciones de confiabilidad, con el fin de poder hacer un análisis que permitiera realizar planes preventivos y mantener la Disponibilidad de la Flota. Se hace uso de una herramienta (Distribución de Weibull), para determinar un estimado de fallas y poder realizar los planes de mantenimiento. Como Resultados de la investigación se obtuvo una mejora en indicadores de tiempos de paradas y de esta manera poder establecer una mejora en la disminución de costos y aumentando la seguridad de las aeronaves. (Hernández Bárcenas, 2010).

En Casa Luker S.A, no se cuenta con un análisis de probabilidad de Fallas de los equipos productivos. Como la investigación la Plantea de una forma dinámica y que se entienda, la metodología aportaría tiempos estimados para mejorar los planes de mantenimiento, con esto mostrar al área de producción los tiempos de trabajo que tiene cada equipo y cada cuanto se debe programar el mantenimiento preventivo, con esto poder generar una planeación conjunta para no afectar los planes de producción. Además de que exista una programación con anterioridad para poder atender las fallas en el menos tiempo posible, y contar con la calidad del trabajo bien hecho y de calidad por parte del área de mantenimiento.

Lograr disminuir los Costos de las ordenes de producción, es el reto que se tiene desde el área de mantenimiento, junto con el incremento de la disponibilidad de los equipos. De esta manera Trabajar en equipo de la mano de producción y poder incrementar el OEE de la empresa en un porcentaje, donde se evidencie la integración de las áreas.

5.1.2.2 Mejora de Metodología a partir del AMFEC e implantación de Mantenimiento Preventivo y Predictivo en Plantas de Procesos. Universidad Politécnica de Valencia, Gardella González, Marc y Amendola, Luis José, España 2014.

El objetivo de esta tesis doctoral fue ayudar a la implantación de un método de gestión técnica y económica de activos, basado en la actual implantación de RCM, Mantenimiento Preventivo e indicadores de gestión y definir un método para implantar Mantenimiento.

Con el fin de controlar las incidencias, costes y aplicar soluciones técnico-económicas; conseguir de este modo, optimizar la gestión de mantenimiento en industrias de proceso. Además se logró estructurar los equipos o activos de estudio por sistemas y grupos de sistemas; desarrollando métodos de cálculo de criticidades, sistematizar la base de datos de modos de fallos para facilitar la realización de AMFEC (Gardella González & Amendola, 2014).

Para la organización lograr orientas todas las áreas hacia el mismo punto, optimizaría el tema de costos. Con la Herramienta de la investigación Casa Luker S.A podría sistematizar mejor el área de mantenimiento, no solo en planes de mantenimiento, sino también en cuanto a la mejora de los mismos procesos que se están realizando dentro de la compañía.

Lograr Calcular la criticidad y tener un estimado de fallas, podría facilitar el análisis de un problema puntual y no gastar tiempo en revisar muchas variables que no vienen al caso, y si dedicar el tiempo a lo realmente importante como lo son análisis Tipo Pareto, para poder descartar lo que no genera valor y concentrar todo el esfuerzo hacia la mejora de los planes de mantenimiento para no incurrir en fallas menores. Adicional poder dar la milla Extra del Área, contemplando una Estrategia completa para los siguientes años.

5.1.2.3 Estudio de Plan de mantenimiento de Industrial Alimentaria. Universidad Politécnica de Valencia. Jose Grau Nogués. 2016.

La tesis diseña un programa de mantenimiento con frecuencias de tiempo, con el objetivo de realizar las fichas de operación estándar. Estas incluyen cambios de componentes, reparaciones, ajustes, lubricaciones a la maquinaria y equipos que se consideran importantes. Durante el estudio se trazará la estructura del diseño con componentes de confiabilidad, mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión los activos, de esta manera categorizando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento del plan establecido.

En el proyecto se estableció un plan de formación para aumentar la capacidad de cada uno de los técnicos, analizando y aumentando los conocimientos necesarios para que puedan realizar las tareas sin ningún tipo de problema y así puedan reducir la cantidad de paradas y su tiempo de reparación.

El plan de formación por áreas es una de las actividades mas importantes para una empresa. En el área de mantenimiento de Casa Luker S.A es necesario Acceder a una serie de Capacitaciones, debido a que la inclusión de estrategia no se aprende de la noche a la mañana, y mas en temas que son importantes para la dependencia, porque ayudarían a nivel técnico en la identificación de fallas, Construcción de Matriz AMEF, y tener el criterio para categorizar los riesgos de una parada de un equipo.

5.1.2.4 Proyecto para la elaboración de un plan de mantenimiento y manual de procedimientos en industrias Lacto-Cañar. Universidad Politécnica Salesiana. Marco Antonio Ochoa Fernández. 2014.

La tesis expone la necesidad de establecer un plan de mantenimiento acorde a la realidad actual de la empresa, con el fin dar sostenimiento a los equipos, garantizar los productos con calidad y la obtención de una mayor rentabilidad. Con la investigación se procede a realizar un diagnóstico, se evidencian manuales de operación desactualizados, lo cual no es optimo para la operación. Durante el desarrollo del proyecto con el análisis de criticidad y actualización de planes de mantenimiento. Los manuales de operación son el factor fundamental para que todo el mundo pueda operar un sistema. Esto facilito el aprendizaje de las personas, además de mantener un buen costo en las intervenciones de mantenimiento. (Ochoa Fernández, 2014).

Los manuales de operación y procedimiento en Casa Luker S.A se deben estar actualizando con una frecuencia anual, debido a que se hacen modificaciones que se acoplen al proceso productivo. El uso de la matriz de criticidad para la empresa permitiría fortalecer planes

de mantenimiento, adoptando la metodología expuesta con el fin de incrementar el índice de equipos mantenibles y la reducción de costos operativos, debido a que se tendría una trazabilidad completa de los equipos.

5.1.2.5 Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la productividad de la línea 14 de envasado Tetra Pak. Universidad César Vallejo, José Carlos Macedo Sajami. 2018.

La investigación busco la manera de determinar la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en una línea de producción. Se reviso el tipo de diseño de la planta y los mantenimientos ejecutados en una frecuencia de tiempo. En la Investigación se determinaron que los planes de mantenimiento tenían falencias en actividades puntales de la línea de producción. Durante el proceso se implementaron el Análisis de Causa y el Diagrama de decisiones con el fin de lograr identificar los puntos débiles. Se generaron actividades nuevas dentro de los planes de mantenimiento, logrando mayor tiempo efectivo de trabajo por Técnico de mantenimiento. (Macedo Sajami, 2018)

En los planes de mantenimiento de los Activos de Casa Luker S.A, se ha evidenciado falencias similares, lo que indica que es necesario realizar un análisis detallado de los equipos, para lograr la identificación de los puntos débiles de estos planes. Por medio de un diagrama de decisiones como se hace en la tesis expuesta, es un punto de apoyo para fortalecer el área, desde el análisis técnico de las fallas, las retroalimentaciones y la reducción de tiempos de parada. Este

tipo de variables son fundamentales en la reducción de costos operativos del mantenimiento en la empresa.

5.1.2.6 Plan para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en plantas de tratamientos de Agua Potable. Universidad Estatal de Milagro. Marco Antonio Quezada Banchón. 2014.

El proyecto tiene como finalidad la implementación del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) en un sistema de dosificación de cloro de una planta de tratamiento de agua potable. La metodología implementada se basa en la aplicación de análisis funcionales, identificación de modos fallo y criticidad. En los Análisis realizados se identifican que el plan de mantenimiento necesita reforzar algunas actividades, debido a que son equipos de última tecnología para agua potable. Seguido a esto se procede a realizar las respectivas retroalimentaciones a nivel Técnico, a los cuales se les asignaron roles y responsabilidades con el fin de garantizar la funcionalidad del Equipo.

Posteriormente para preservar el buen funcionamiento del sistema se realizaron análisis de vibración, análisis de ultrasonido y análisis de aceite, así como tareas de mantenimiento proactivo (Predictivo y preventivo) asignados desde los modos de fallo y criticidad. (Quezada Banchón, 2014).

Las herramientas que ofrecen las diferentes estrategias de mantenimiento hoy en día son útiles para levantar indicadores y establecer un punto de disponibilidad operativa para una planta

de producción. Para Casa Luker S.A este tipo de Análisis aportaría al proceso, debido a que se fortalecerían los planes de mantenimiento con un fundamento técnico y estadístico. Para poder establecer mejoras, incrementar indicadores y reducción de costos. El análisis de que se debe hacer debe ser detallado para poder lograr resultados y reflejarlos en costos de mantenimiento .

5.1.2.7 Estudio de factibilidad en la implementación de mantenimiento basado en confiabilidad aplicado a equipos médicos críticos. Universidad de Concepción. Constanza Alicia Mendoza Ríos. 2014.

El proyecto expone sobre el equipamiento médico crítico, los cuales son el soporte vital de las personas que carecen de autonomía fisiológica. Se relacionan las medidas de mantenimiento preventivo realizados por empresas externas. En el estudio realizado se revisa el procedimiento inicial de estos equipos y se da evidencia, de que no es óptimo ya que se recurre a terceros y hay fallas que persisten en el tiempo. Lo que conlleva al diagnóstico para mejorar los planes de mantenimiento de estos equipos indispensables para el área de la salud. Dentro de los equipos críticos están los ventiladores mecánicos, los cuales son muy utilizados en pacientes con problemas de respiración.

Para estos equipos se realiza un análisis FMECA, que se evidenciaron características faltantes en los planes de mantenimiento como: La planificación un stock o prever la compra de ciertos componentes de los equipos. Con esto, evitar los costos asociados a la ocurrencia de grandes indisponibilidades. (Mendoza Ríos, 2014).

En casa Luker S.A se tiene equipos críticos, los cuales no tienen un respaldo, lo que puede ocasionar una parada no programada, que puede acarrear gastos operativos en producción y en mantenimiento. Para Evitar este tipo de falencias se puede establecer el análisis de modos de falla, para prever que puede ocurrir con un equipo cuando trabaja en condiciones no optimas, esto daría una visual anticipada de las consecuencias operacionales y que tan costosas pueden ser. Estas actividades se reflejarían en un plan de mantenimiento basado en confiabilidad, garantizando la disponibilidad de los equipos en planta.

5.2 Marco Teórico

5.2.1 *Mantenimiento Industrial*

5.2.1.1 Mantenimiento Correctivo.

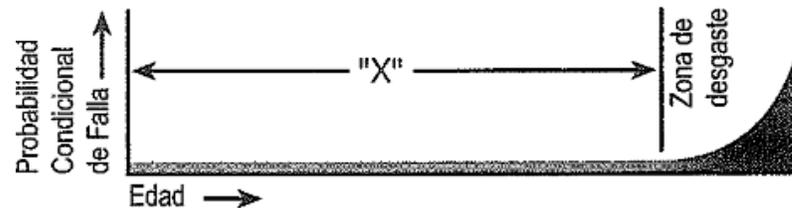
En esta estrategia se permite la máquina funcionar hasta la falla, en ese instante se realiza la reparación o reemplazo de ella (Moubray.J, 2004). Por mucho tiempo este fue la forma dominante de mantenimiento y sus costos eran relativamente elevados , debido a que los tiempos de inactividad no programados , maquinaria dañada y gastos de tiempo extra (White, 2010). Pero hoy en día el modelo correctivo aún existe, pero es aplicable a equipos con el nivel más bajo de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ya que en este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos (Garcia Garrido, 2014).

5.2.1.2 Mantenimiento Preventivo.

En esta estrategia se interviene la máquina periódicamente para inspeccionar y reemplazar componentes, aun cuando la máquina esté operando satisfactoriamente (Parra Marquéz & Crespo

Márquez, 2015). Muchas empresas todavía creen que la mejor manera de optimizar la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de rutina (Moubray.J, 2004).

Figura 3. Perspectiva Tradicional de falla en un equipo



Fuente: J. Moubray, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

5.2.1.3 Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. Por tal motivo, es recomendable definir y gestionar valores de alarma, para poder actuar y realizar las modificaciones necesarias para que el equipo funcione en parámetros normales(García Garrido, 2010).

La información más importante que arroja este tipo de seguimiento de los equipos esta la tendencia de valores, ya que es el que permite calcular o prever cuando el equipo fallara, por ese motivo se denominan técnicas predictivas (Garcia Garrido, 2014). Además tiene una ventaja indudable frente al mantenimiento sistemático por horas de funcionamiento o por tiempo transcurrido desde la última revisión de que en la mayoría de las ocasiones no es necesario realizar grandes desmontajes (García Garrido, 2010).

5.2.2 Estrategias Actuales de Mantenimiento

5.2.2.1 Metodología TPM.

El Mantenimiento Total Productivo, es una de las metodologías originarias de estados unidos. La forma de planificación requiere de una programación periódica, teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes (Suzuki, 2006). El TPM permite garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas y Equipos. Esta metodología enfoca la participación Total, es decir, que no solo las personas de mantenimiento pueden efectuar un procedimiento, las Personas de Operativas están en la capacidad de poder ejecutarlo sin problemas (García Garrido, 2009).

5.2.2.1.1 Ventajas de utilizar TPM.

El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de Fallas y presenta alguna de estas ventajas (Rey Sacristán, 2011)

Mejoramiento en la calidad

Mejoramiento en la producción

Flujos de producción continuos

Aprovechamiento del Capital Humano

Reducción de Gastos de Mantenimiento Correctivo

Reducción de Costos Operativos

5.2.2.2 Mantenimiento Basado en Condición.

El monitoreo de condición abarca varias técnicas diferentes, las cuales fueron diseñadas para detectar los efectos de las fallas o cambio de una variable en el sistema, como ser cambios en las características de la vibración , cambios en la temperatura, partículas en el aceite lubricante, filtraciones, etc. (Moubray.J, 2004).

5.2.2.2.1 La importancia de realizar el seguimiento de una variable física.

Cuando se monitorea una variable física relacionada con el estado de la máquina, se buscan los siguientes objetivos para determinar que la técnica utilizada tenga validez como rentabilidad: (Garcia Garrido, 2014).

Vigilancia: Es un indicativo de la existencia de algún problema en el sistema.

Protección: Al tener vigilado el sistema, se protege de cualquier amenaza que pueda afectar más adelante.

Diagnóstico de fallos: La identificación de un problema específico.

Pronóstico: es un estimado de tiempo, de cuánto tiempo puede seguir funcionando el equipo con a falla presente.

5.2.2.2.2 La evolución del valor medio del monitoreo de condición.

Es importante indicar que en la obtención de los valores obtenidos cuando se aplican técnicas predictivas y las conclusiones que se obtienen es muy importante el histórico de esos valores y su evolución (García Garrido, 2010).

Con respecto al equilibrio técnico-económico, en una empresa se debe buscar el equilibrio de costes y resultados, por ello es importante tener en cuenta la Importancia y

criticidad de los equipos dentro del proceso, este es un factor determinante para realizar un tipo de análisis (García Garrido, 2014).

Es indudable que enfocar la actividad de mantenimiento hacia el predictivo ha supuesto un avance, y representa una alternativa al preventivo o correctivo. Pero afirmar que el predictivo puede sustituir completamente los otros dos tipos de mantenimiento es bastante arriesgado (García Garrido, 2010), porque las técnicas predictivas no son herramientas generalistas, debido a que deben apuntar hacia el equilibrio de costes y mantenimiento, esta se aplicara a un equipo que lo justifique económicamente o tenga un alto índice de criticidad. Por tal motivo, el mantenimiento de una planta de producción es imprescindible basarlo en los tres tipos de mantenimiento, puesto que el funcionamiento de los equipos estará en plena carga la mayor parte del día y es necesario conocer el estado actual del equipo y las medidas de mantenimiento en tal caso de ser intervenido (García Garrido, 2014).

5.2.2.2.3 Justificación económica del mantenimiento basado en condición.

El criterio de “ahorro”, es uno de los factores que mueven actualmente la industria, ya que gastar dinero en recursos y no ver resultados es contraproducente para la empresa misma. Pero, al momento de implementar una técnica de monitoreo de condición es garantizar, que una herramienta con gran potencial puede ayudar a establecer valores de confiabilidad y evitar problemas que puedan afectar a la producción de la planta (15).

Los beneficios económicos que se han logrado en la práctica internacional, aunque han sido de una forma u otra, mencionados anteriormente, serán expuestos de forma resumida a continuación:

Reducción de las máquinas de reserva.

Reducción notable del período de mantenimiento.

5.2.2.3 RCM (Reliability Centered Maintenance).

Es una técnica organizativa actual para aplicar el mantenimiento y mejorar resultados significativamente basados en la fiabilidad (González Fernández, 2005). Su objetivo principal es asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (Moubray.J, 2004).

Como todo mantenimiento, el objetivo primordial es la de garantizar la vida útil del activo de la manera más segura, eficiente y económica posible, es decir, en la medida de lo posible que no se produzca un fallo funcional en el equipo lo cual acarreará una parada (García Garrido, 2003). El RCM se centra en dos palabras: mantenimiento y fiabilidad, mientras que el mantenimiento es una tarea funcional encargada a un grupo de personas, la fiabilidad es una función estratégica que afecta a todas las áreas de la planta. Evidentemente, el departamento de mantenimiento tiene una importante participación en la fiabilidad, enfocada a utilizar técnicas de monitoreo de condición (CBM), análisis de modo de falla (AMEF) o un análisis de criticidad según la necesidad interna de la planta (Estéves Cruz, 2013).

5.2.2.3.1 Objetivos y metas a alcanzar utilizando RCM.

En el siguiente cuadro se exponen algunos beneficios a obtener de la implementación del RCM, donde se puede observar valores concretos de mejora en la disponibilidad, en los costes de mantenimiento, etc. Es importante resaltar que las márgenes de mejora no serán los mismos para una empresa que se haya limitado a hacer preventivo recomendado por el fabricante, que para la que lleve años optimizando recursos (González Fernández, 2005).

Tabla 1. Beneficios Otorgados por el RCM

BENEFICIOS A PERSEGUIR COM METAS EN UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN FIABILIDAD				
COSTES	SERVICIOS	CALIDAD	TIEMPO	RIESGOS
Reducir los niveles y costos de mantenimiento preventivo	Conocer mejor los requerimientos de servicio al cliente	Incremento de disponibilidad por menor preventivo y menor correctivo	Reducción en las paradas programadas para grandes revisiones	Mayor aseguramiento de la integridad y seguridad
Definir directrices y objetivos concretos para sustituir preventivos por predictivos	Redefinir los niveles de calidad de producto y de servicio	Eliminación de fallos crónicos	Intervalos normalmente más largos en las paradas por seguimientos predictivos	Análisis de fallos ocultos, y sus causas que no suelen revisarse en mantenimientos rutinarios
Reducir los niveles de mantenimiento contratado	Reducir las averías con principal incidencia	Mejora en la correspondencia y adhesión al cambio de mantenimiento	Tiempos de relación más cortos por mejor conocimiento del sistema	Reducción de la probabilidad de fallos múltiples
Reducir las paradas en producción de forma rentable	Mejorar la comunicación entre mantenimiento y producción	Mejor documentación del cambio y sistema auditable por terceros	-	Reducción de riesgos asociados a las tareas rutinarias

Fuente: González, Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.

5.2.2.3.2 Análisis de criticidad.

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos y sistemas (Reliabilityweb: A Culture of Reliability, 2012). Pero no todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, y se deben destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes (García Garrido, 2003).

Cuando se trata de hacer la diferenciación, se está realizando el análisis de criticidad de los equipos en planta y se puede clasificar de la siguiente manera:

Equipos críticos: La parada de estos equipos pueden representar costos muy significativos y que pueden afectar los resultados de la empresa.

Equipos importantes: Son aquellos cuya parada, representan un costo intermedio, el cual la empresa tiene la capacidad de asumirlo.

Equipos prescindibles: Su avería no representa alguna molestia para la empresa, y su costo de mantenimiento es mínimo.

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso

o negocio donde forman parte. Sus áreas más comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos (García Garrido, 2003) :

Producción: En un criterio, el cual evalúa el impacto sobre la producción.

Calidad: Estudia que tan grave puede resultar tener equipos que estén fuera de parámetros y que tanto pueden afectar la calidad del producto.

Mantenimiento: Indicar si el equipo se puede reparar con recursos limitados, o si hay la necesidad de hacer gastos excesivos para devolverle la funcionalidad.

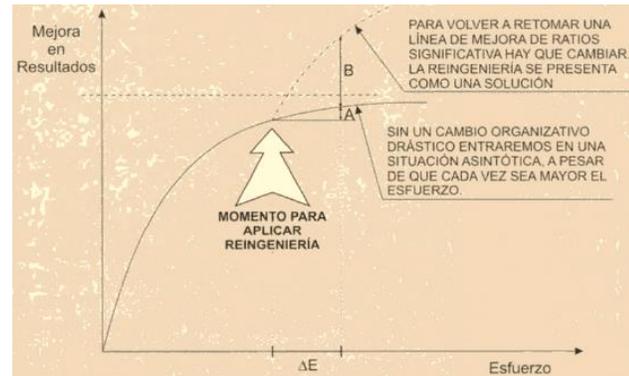
Seguridad y medio ambiente: Indica el impacto sobre la seguridad del personal y del ambiente, a partir de un mal funcionamiento de los equipos.

5.2.2.4 Los nuevos desafíos que enfrenta el mantenimiento.

La utilización de “Mantecnologías” organizativas, son estrategias que permiten a los responsables de mantenimiento estructurar todas las actividades con base en una visión global e integradora (González Fernández, 2005).

Todos los expertos que desarrollan la actividad del mantenimiento son conscientes de que hay mucho por optimizar aún, ya que las mejoras en un departamento de mantenimiento tienen que ir evolucionando de la mano con las nuevas tecnologías. Una vez implantada una nueva técnica o metodología, y en el caso de tener éxito, pasados unos años los indicadores del servicio (disponibilidad, fiabilidad y coste) tienden a estancarse y los esfuerzos que se deben exigir al equipo de trabajo para una determinada mejora, son cada vez mayores (González Fernández, 2004). Es, por tanto, el momento de hacer reingeniería partiendo desde cero y reconsiderando los puntos de inflexión y debilidades que se tiene en el proceso de mantenimiento.

Figura 4. Efecto de la Reingeniería en una empresa.



Fuente: González, Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión.

En el caso de procesos de reingeniería, organizativa básicamente, de mantenimiento, es que el propio departamento debe hacerlo con medios propios o implicarse activa y decididamente en el proyecto. En estos departamentos lo realmente complejo es la implantación práctica del cambio, pero el objetivo central de efectuar la reingeniería es la competitividad en el mercado y la búsqueda de métodos más eficaces y eficientes para mantener una alta disponibilidad en planta (García Garrido, 2010).

La visión del mantenimiento debe ser más elevada. El personal de mantenimiento debe adoptar nuevas habilidades y ser flexibles al cambio, con el fin de encontrar maneras de pensar completamente nuevas, y actuar como ingenieros para garantizar una empresa confiable y de buena calidad tanto en sus productos como en su servicio (Moubrey.J, 2004).

5.3 Marco Legal

5.3.1 Normatividad Vigente Nacional

5.3.1.1 Ley 9 de 1979.

La ley 9 de 1979 hace referencia a las medidas Sanitarias, fue una norma que habla sobre el mantenimiento de las máquinas y equipos buscando prevenir accidentes y enfermedades laborales, además buscando conservar el ambiente “mediante la instalación, operación y mantenimiento, en forma eficiente, de los sistemas y equipos de control necesarios” ,

“Todas las maquinarias, equipos y herramientas deberán ser diseñados, construidos, instalados, mantenidos y operados de manera que se eviten las posibles causas de accidente y enfermedad”

5.3.1.2 GTC 20(Guía Técnica Colombiana).

Esta Guía Técnica Describe un método de encuesta utilizado por un usuario o un constructor de bienes del equipo Industrial, para la selección de una empresa de mantenimiento en el marco de un contrato de mantenimiento. A partir de esta norma se establecen parámetros para poder caracterizar las funciones de los equipos en una instalación lo que permite el Diagnostico sencillo de un equipo.

5.3.1.3 Decreto 1072 de 2015.

El Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo (1072) compila todas las normas que reglamentan el trabajo en Colombia y dentro las indicaciones que deben seguir los empleadores esta la obligación de realizar el mantenimiento de los equipos, herramientas y las instalaciones

que utilizan como medidas de prevención y control de acuerdo con los informes y según los manuales de uso.

5.3.2 Normatividad Vigente Internacional

5.3.2.1 ISO 9001 – 2015.

La ISO 9001, indica sobre la gestión de las infraestructuras y activos de una instalación, los cuales son requisitos del Sistema de Gestión de Calidad. Esta Normativa busca identificar los equipos con una hoja de vida donde se detallen características de Fabrica, acciones de mantenimiento y frecuencia. Además, la Norma exige un plan de mantenimiento para cada Activo registrado en la instalación, un registro de las operaciones ejecutadas como mantenimientos preventivos y correctivos.

5.3.2.2 Norma española UNE-EN15341 de 2008, Rendimiento del mantenimiento.

Esta Tipo de norma está orientada a las empresas donde se desarrollen programas de mantenimiento al manejo de indicadores para el éxito de la utilización en forma competitiva y prolongación de la vida útil de los activos, esto se puede realizar en tres ámbitos, los cuales son económicos, técnicos y organizativos.

El rendimiento de un activo depende de factores internos y externos, se mide a través del funcionamiento que este tenga en un futuro, no en el presente ni lo que ha pasado tiempo atrás, alcanzando resultados esperados y se prolonga por medio de mantenimientos preventivos, correctivos, y medidas organizativas.

5.3.2.3 Norma SAE JA011 Y SAE JA012.

Estas Dos normas establecen un estándar en la evaluación de los criterios de evaluación de los equipos e instalaciones. Además de brindar herramientas necesarias para poder aplicar el método mediante Árbol de Fallas (AMEF), Análisis de Criticidad, Calculo de Frecuencia de Fallas entre otros.

5.3.2.4 Norma ISO 14224.

La norma ISO 14224 busca la confiabilidad en los datos del mantenimiento en todas las instalaciones (plantas, edificaciones) por medio de la recopilación de datos estandarizada durante todo el ciclo de vida del activo. Esta Norma permite al usuario puedan valerse de los datos de mantenimiento de una manera confiable para así poder tomar mejores decisiones.

Cuando se hace uso de esta normativa se garantizan calidad en los datos de mantenimiento, por lo que los usuarios que trabajan con esta norma técnica pueden trabajar e intercambiar datos con toda tranquilidad; establece directrices y principios claros para el manejo de los datos de mantenimiento de confiabilidad, definiendo como primer punto un listado de equipos que son cubiertos con la forma de cómo se deben recopilar estos datos.

6. Marco Metodológico

6.1 Recolección de la Información

El estudio se realizará en los activos de Casa Luker SA, para realizar un diagnóstico inicial de las instalaciones y poder recolectar la información necesaria para replantear el flujo de proceso de mantenimiento, con el fin de optimizar los recursos y reducir la frecuencia de falla en la maquinaria.

6.1.1 Tipos de Investigación

Existen diversos tipos de investigación el cual se darán a conocer en el siguiente cuadro para analizar detalladamente cual es el más enfocado en el desarrollo del proyecto

Tabla 2. Tipos de Investigación para un Proyecto

TIPOS DE INVESTIGACION	CARACTERISTICAS
Histórica	Analiza eventos del pasado y busca involucrarlos con otros del presente
Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio
Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada
Explicativa	Da razones del por qué los fenómenos, analiza una unidad específica del universo
Estudios de caso	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única, compara los datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios
Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables que son dependiente sobre otras que son independientes

Fuente: Metodología de la investigación 5^{ta} edición, Roberto Hernández Sampieri, 2010.

Revisando los tipos de investigación mostrados se establece que la investigación está encaminada más por el de tipo Estudio de Caso ya que se trata de un análisis en donde se evidencian hechos Reales en una planta de producción, en los cuales se refleja el control y gestión del mantenimiento de los Activos Fijos en una empresa de Consumo masivo.

6.1.2 Fuentes de Obtención de la Información

El objetivo fundamental de la Propuesta del mejoramiento de los planes de Mantenimiento en la planta de Aseo La Joya, es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de equipos y maquinaria por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento.

Figura 5. Planeación Mensual Equipos productivos.

Resumen de posición de mantenimiento: En forma de tabla

Simulación pl.mant.prev.

Fecha planif.	Plan mant.preventivo	Emplazamiento	Descripción posición de mantenimiento	GrpHRuta
29.11.2020	P-BANDAL5	ASPRESSL	MANTENIMIENTO BANDA TRANSP LINEA5	B5MEC10A
28.11.2020	P-BANDATAPL5	ASPRESSL	MANTENIMIENTO BANDA TAPADORA L5	BBMEC10A
28.11.2020	P-BANDATLIN2	ASEMLIN2	MTTO BANDA TRANSPORTADORA LINEA 2	B2MEC10A
29.11.2020	P-BDESCSILI	ASPATALM	MANTENIMIENTO BOMBA DESC SILICATO	BCMEC01A
29.11.2020	P-BDESCSODAC	ASPATALM	MANTENIMIENTO BOMBA DESCARGA SODA CAU	BDDESOD1A
28.11.2020	P-BDESCVARSO	ASPATALM	MTTO MOTOBOMBA DESCARGA VARSOL	BVMEC10A
29.11.2020	P-BDOSIFSODA	ASPATALM	MANTENIMIENTO BOMBA DOSIF SODA CAUSTI	BDMEC01A
29.11.2020	P-BOMBATAN13	ASPRESSL	MANTENIMIENTO BOMBA TANQUE 13	C3MEC10A
28.11.2020	P-BOMRECASUA	ASPATALM	MTTO BOMBA RECIRCULACIÓN A.SUAVIZADA	BOMREASU
28.11.2020	P-BPELETSOLI	ASPRESOL	MANTENIMIENTO BANDA PELET DISCO	BPREPSOL
28.11.2020	P-CODIFTINTA	ASEMLIN2	MANTENIMIENTO CODIFICADOR CINTA L2	V2MEC10A
28.11.2020	P-CODIFTINTA	ASEMLIN3	MANTENIMIENTO CODIFICADOR CINTA L3	V2MEC10A
29.11.2020	P-CORTADORL6	ASEXTRUS	MTTO CORTADORA LINEA 6	C6MEC10A
29.11.2020	P-EMPACADOL6	ASEMSOLI	MTTO EMPACADORA FLOWPACK L6	F6MEC10A
28.11.2020	P-ENCINTADOR	ASEMLIN2	MANTENIMIENTO ENCINTADORA L2	N2MEC10A
28.11.2020	P-ENCINTADOR	ASEMLIN3	MANTENIMIENTO ENCINTADORA L3	N2MEC10A
28.11.2020	P-ENCINTADOR	ASPRESSL	MANTENIMIENTO ENCINTADORA L5	N2MEC10A
28.11.2020	P-ENCINTADOR	ASEMSOLI	MANTENIMIENTO ENCINTADORA L6	N6MEC10A
28.11.2020	P-ENVLIMPLI2	ASEMLIN2	MANTENIMIENTO ENVASADORA LIMP LINEA 2	E2MEC10A
29.11.2020	P-ENVLIMPLI3	ASEMLIN3	MANTENIMIENTO ENVASADORA LIMP LINEA 3	E3MEC10A
28.11.2020	P-ENVSUAVIL3	ASEMLIN3	MANTENIMIENTO ENVASADORA SUAV LINEA3	ESMEC10A
28.11.2020	P-ENVVARSOL	ASEMLIN2	MANTENIMIENTO ENVASADORA DE VARSOL	EVMEC10A
29.11.2020	P-ETIQUETAL2	ASEMLIN2	MANTENIMIENTO ETIQUETADORA LINEA2	Q2MEC10A
29.11.2020	P-ETIQUETAL3	ASEMLIN3	MANTENIMIENTO ETIQUETADORA LINEA3	Q3MEC10A
28.11.2020	P-EXTRACALOS	ASPRESSL	MANTENIMIENTO EXTRACTOR CALOR L5	XCMEC10A
28.11.2020	P-EXTRAPOLVO	ASPRESSL	MANTENIMIENTO EXTRACTOR DE POLVOS	XPMEC10A

Nombre de la Fuente: Software de Gestión SAP, Modulo Mantenimiento

En la Figura 5, se muestra como está estructurado el plan de Mantenimiento de los equipos productivos de la planta de Aseo. Se puede apreciar que cada equipo está asociado a un plan de mantenimiento preventivo y a una hoja de ruta, que son las actividades y la periodicidad de intervención.

Para cada Equipo se realiza un plan de mantenimiento, dentro de este se tienen las actividades que se deben ejecutar durante un periodo establecido, el cual puede tener una frecuencia mensual, bimestral, trimestral, semestral o Anual. Esto se puede evidenciar en la Figura 6, a modo de ejemplo del “Mantenimiento Tapadora Rotativa MZ”.

Figura 6. Plan de Mantenimiento Tapadora Rotativa MZ Planta de Aseo.

Op.	SubOp	Descripción operación	1M	2M	3M	6M	AN	BA	TA	4M
0080		Lub piñon,torn sinf grad alt sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0090		Rev de fugas reductor dosificador tapas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0110		Lubricacion sist transmision husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0150		Lubricación de cadenas sist alime envase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
0180		Rev y/o cambio unid de mtto sist neum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
0310			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0320			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0330			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0340			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0350			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0360			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0370			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0380			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre de la Fuente: Software de Gestión SAP, Modulo Mantenimiento

6.1.3 Fuentes de Información Primaria

El proceso de Mantenimiento es la fuente primaria más importante donde se evidencian las entradas y de salidas de como fluye el proceso actualmente para los Equipos en Casa Luker S.A. Partiendo de esta idea de revisan que metodologías se adapta mejor al proceso con el fin de reducir los tiempos Muertos o Tiempos No Productivos.

6.1.4 Fuentes de Información Secundaria

Manuales de Equipos para la comprensión del funcionamiento de los equipos: La identificación del tipo de máquina, con sus funciones principales y secundarias, logra dar una panorámica Técnica sobre los equipos productivos con lo que cuenta la empresa. Tener esto, facilita la mantenibilidad de los equipos para que el proceso sea continuo y eficaz.

Fallas históricas de un activo Fijo (Tipo de Parada, Tiempo de falla). Con las fallas más representativas revisar el tema de los planes de producción para determinar el costo de la mano de obra, el costo de cuanto duro la máquina encendida.

6.2 Herramientas

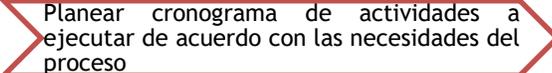
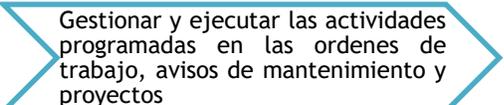
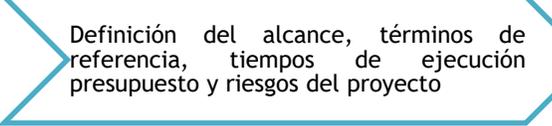
6.2.1 Proceso de Mantenimiento

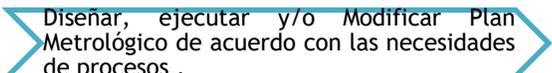
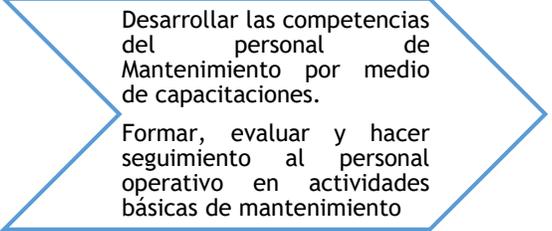
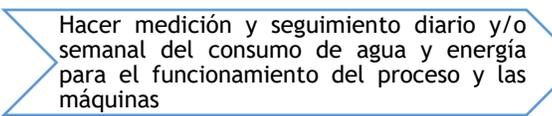
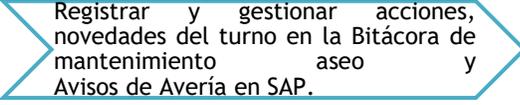
Un punto de partida es ver el proceso del área de mantenimiento, debido a que se muestra el flujo de Trabajo en un ciclo PHVA. Es importante definir una planeación Estratégica, contando con el tiempo de rodaje de la maquinaria en un periodo determinado, para traer los tiempos necesarios los cuales deben ser asignados para mantenimiento de cada equipo productivo de la planta de Aseo y no Generar retrasos con una Parada no Planeada.

Adicional dando Cumplimiento con las metas establecidas en el programa como lo son
 Tiempos medios entre Reparaciones (MTTR), Tiempos medios entre fallas (MTBF) y
 Disponibilidad operativa.

Tabla 3. Ciclo PHVA área Mantenimiento Planta Aseo

Identificación del proceso	
TIPOLOGÍA	Proceso de apoyo
OBJETIVO	Garantizar el óptimo funcionamiento y confiabilidad de la maquinaria e infraestructura mediante la correcta asignación de recursos (personal, presupuesto Y repuestos) con base en los lineamientos estratégicos del Negocio. Promover la innovación y las mejores prácticas tecnológicas de operación para optimizar los procesos de la Cadena de Valor Aseo.
ALCANCE	Mantenimiento industrial, Metrología e Ingeniería Planta Aseo.
RESPONSABLES	Director de Planta de Aseo, Coordinador de Mantenimiento, Mecánicos, Metrologo, Auxiliar operativo de mantenimiento.
LIDER	Coordinador de mantenimiento.

Entrada		Proceso	Salida	
¿Qué?	¿Quién?	¿Qué Hace? (Actividad)	¿Qué?	¿Quién?
	Proceso o Parte Interesada			Proceso o Parte Interesada
Planeación Estratégica Objetivos del negocio Recursos del proceso.	Gerencia General	 Planear actividades del proceso alineadas a los Requisitos del Sistema de Gestión y a los lineamientos estratégicos	Presupuesto Plan de trabajo Anual y Mensual Objetivos Anuales	Dirección Cadena de abastecimiento Gerencia General.
Necesidades de compra o mantenimiento de maquinaria, equipos e infraestructura. Requerimiento de mejora (actividades preventivas y correctivas)	Producción Control de Calidad Seguridad y Salud en el Trabajo Logística Gestión Ambiental Investigación & Desarrollo Director de Cadena de abastecimiento	  	Definición del presupuesto Definición de CAPEX alineados con la estrategia del área y del Negocio. Cronograma de Actividades Entrega de actividades y proyectos de Mantenimiento	Dirección de Cadena de Abastecimiento Producción Control de Calidad Investigación & Desarrollo Logística Planeación
Presupuesto y proyectos aprobados	Gerencia General Dirección Cadena Abastecimiento		Cronograma de ejecución de proyecto Riesgos de proyectos	Dirección planta Aseo Dirección Cadena Abastecimiento

Entrada		Proceso	Salida	
¿Qué?	¿Quién?	¿Qué Hace? (Actividad)	¿Qué?	¿Quién?
	Proceso o Parte Interesada			Proceso o Parte Interesada
Soporte técnico Capacitación. Información técnica.	Proveedores de maquinaria Contratistas Asesores	 Planear el cronograma de rutas de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo	Plan de mantenimiento Mensual	Dirección plana de Aseo Producción Control de Calidad
Requisitos del Sistema gestión de Calidad Requisitos del Proceso Requisitos normativos	Gestión de calidad & Mejoramiento Control de Calidad Investigación y Desarrollo Entes de control	 	Información documentada Cronograma de actividades metrológicas	Gestión de Calidad & Mejoramiento Control de Calidad Investigación & Desarrollo
Selección de personal Normativa asociada manejo de personal	Talento Humano		Personal Competente	Producción Control de Calidad I&D Dirección Planta de Aseo
Especificaciones de agua de proceso Necesidad de información de Consumos de energía eléctrica	Control de calidad Gestión ambiental		Seguimiento de los consumos energético y de agua.	Control de Calidad Producción. Dirección de planta.
Entrada		Proceso	Salida	
¿Qué?	¿Quién?	¿Qué Hace? (Actividad)	¿Qué?	¿Quién?
	Proceso o Parte Interesada			Proceso o Parte Interesada
Avisos de Mantenimiento en el proceso Paros de Línea	Producción Control de calidad Seguridad y salud en el trabajo Investigación y desarrollo Planeación.		Registros de la intervención en SAP. Ejecución de tareas Líneas de proceso en funcionamiento	Producción Control de calidad Seguridad y Salud en el trabajo Investigación y Desarrollo

Proveedores Cotizaciones Negociaciones	Compras técnicas	<p>Definición de proveedor y alcance del proyecto. Solicitud de bienes y servicios</p> <p>Ejecución de proyectos junto con el proveedor externo</p> <p>Seguimiento de proyectos Seguimiento a la conformidad de bienes y servicios</p>	Proyectos Finalizados Informe de proyectos Evaluación a proveedores	Dirección planta de Aseo Dirección Cadena de Abastecimiento Gerencia General Compras
Gestión de Riesgos y Oportunidades.	Gestión de Calidad & Mejoramiento	Identificar, analizar, comunicar y gestionar los riesgos del proceso.	Matriz de riesgos operacionales del proceso	Comité de riesgos Operacionales Gestión de calidad & Mejoramiento
Presupuesto aprobado para ejecución de Proyectos Capex y presupuesto del área	Dirección de Planta. Dirección de CABAS. Gerencia General.	Verificar el cumplimiento mensual del presupuesto de mantenimiento y de proyectos Capex.	Cumplimiento de Acciones de mejora, y control de inversiones en la planta.	Dirección de Planta Aseo Dirección de Cadena de Abastecimiento
Entrada		Proceso		Salida
¿Qué?	¿Quién?	<p>¿Qué Hace? (Actividad)</p> <p>Planear → Hacer → Verificar → Actuar</p>		¿Qué?
	Proceso o Parte Interesada			¿Quién?
Resultados de indicadores de Proceso Planes de Acción Eventos de Inocuidad	Dirección Planta de Aseo Control de Calidad Gestión de Calidad & Mejoramiento	<p>Verificar que los servicios suministrados a los clientes internos son conformes a los requerimientos.</p> <p>Verificar el cumplimiento de los indicadores de proceso.</p> <p>Seguimiento a los planes de acción.</p>	Cierre de ordenes de trabajo Seguimiento mensual de proceso Cierres efectivos a planes de acción	Dirección de Cadena de Abastecimiento Dirección de Planta de Aseo Procesos de Manufactura
Solicitud de acciones de Mejora.	Cadena de valor de primer nivel. Cadena de Valor de segundo nivel	Implementar acciones de mejora con metodologías KAIZEN, 5S's y TPM.	Adecuación de equipos. Planes de mejora y mantenimiento.	Dirección de Cadena de abastecimiento Producción Planeación

Recursos				
HUMANOS	Equipo de Mantenimiento, Compras, Contratistas y Proveedores			
FINANCIEROS	Presupuesto de Gastos, Presupuestos CAPEX			
TECNOLÓGICOS	SAP PM, Daruma, Herramientas Ofimáticas, Software Aplicativos. Equipos industriales y metroológicos			
OTROS	Documentación, Planes de Acción Mantenimiento (Preventivos/Correctivos), Herramientas mecánicas, Patrones de calibración.			
Indicadores: Medición				
Nombre	Formula	Meta	Periodicidad	Responsable
Disponibilidad	$Disponibilidad = \frac{MTBF}{(MTBF + 97\% BF + MTTR)}$	96%	Mensual	Equipo de mantenimiento
MTBF	$MTBF = \frac{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempo muerto}}{\text{Número de fallas}}$	2600 minutos	Mensual	Equipo de mantenimiento
MTTR	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de las fallas}}{\text{Número de fallas}}$	50 minutos	Diario y Mensual	Equipo de mantenimiento

Fuente: Los datos fueron Extraídos de la base de Datos del SIG de Casa Luker S.A .

6.2.2 Histórico de fallas Planta Aseo

En Casa Luker S.A se maneja un software de Gestión el cual tiene módulos para producción, Logística, costos, Control de Calidad y es este caso Mantenimiento. A partir de ese módulo se puede evidenciar los tiempos improductivos que se generaron a partir de una falla de un equipo o sistema en la planta. Del Histórico de fallas se puede acotar entre periodos de tiempos para ver el comportamiento de la planta, con el fin de establecer planes de Acción correctiva y/o preventiva para los equipos de la planta de Aseo.

Figura 7. Histórico de Fallas 2019 Maquinaria Planta Aseo

Modificar avisos: Lista avisos

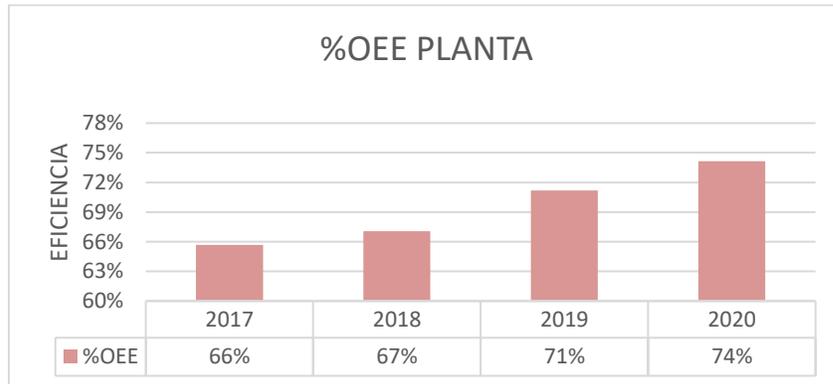
Orden	Aviso	Cl.	Descripción	DurPa	HIniAveria	HFinAver	Inicio de averia
1010045	1010732	A1	F.Envasadora-Descenso puente envasado	0,17	07:30:00	07:40:00	03.04.2019
1010507	1011124	A1	Falla Boquilla-FUGA DE PRODUCTO	0,17	13:00:00	13:10:00	04.06.2019
1010644	1011350	A1	FALLA UNIDAD DE MANTENIMIENTO L2	0,50	06:00:00	06:30:00	15.07.2019
1009711	1010403	A1	F.Envasadora de Varsol-Pedal neumatico	0,25	07:45:00	08:00:00	06.02.2019
1009710	1010402	A1	F.Envasadora de Varsol-Fuga boquilla	0,28	07:23:00	07:40:00	06.02.2019
1011204	1011954	A1	FALLA PUENTE ENVASADORA VARSOL LIN2	0,50	11:00:00	11:30:00	10.10.2019
1011203	1011948	A1	FALLA PUENTE ENVASADORA VARSOL LIN2	0,33	06:00:00	06:20:00	10.10.2019
1009965	1010699	A1	Boquillas Env Varsol - Orings	0,57	11:31:00	12:05:00	27.03.2019
1009966	1010685	A1	Falla Bomba Envasadora Varsol - Ahogada	0,17	11:30:00	11:40:00	21.03.2019
1011495	1012371	A1	FALLA TAPADORA AUTOMATICA MZ LTDAMOD MZ	0,30	08:30:00	08:48:00	11.12.2019
1010650	1011351	A1	Falla Tapadora MZ-AJUSTE DE HUSILLOS	1,08	06:30:00	07:35:00	15.07.2019
1009606	1010340	A1	Falla Tapadora MZ-TOBOGAN 500 VARSOL	0,25	09:40:00	09:55:00	28.01.2019
1011496	1012374	A1	FALLA TAPADORA AUTOMATICA MZ LTDAMOD MZ	0,93	02:00:00	02:56:00	13.12.2019
1011029	1011670	A1	FALLA TAPADORA AUTOMATICA MZ LTDAMOD MZ	0,40	09:36:00	10:00:00	03.09.2019
1010506	1011113	A1	Falla Tapadora MZ-Daño envases	0,50	07:00:00	07:30:00	04.06.2019
1010114	1010725	A1	F Tapadora MZ- tapado de envases	1,08	13:00:00	14:05:00	02.04.2019
1010859	1011633	A1	FALLA TAPADORA AUTOMATICA MZ LTDAMOD MZ	0,33	15:00:00	15:20:00	26.08.2019
1010115	1010734	A1	F Tapadora MZ- Daño de envases	0,17	13:50:00	14:00:00	03.04.2019
1009842	1010553	A1	Falla Tapadora MZ(Tapa Suelta y Torcida)	0,33	01:00:00	01:20:00	06.03.2019
1009843	1010566	A1	F. Tapadora MZ -Plato de entrada alto	1,17	06:25:00	07:35:00	07.03.2019
1009844	1010567	A1	Falla Tobogan MZ- Envases sin Tapa	0,75	02:00:00	02:45:00	07.03.2019
1011414	1012228	A1	FALLA TAPADORA AUTOMATICA MZ LTDAMOD MZ	0,33	00:50:00	01:10:00	20.11.2019
1010130	1011835	A1	FALLA TAPADORA MANU EQUIFARM MOT SIEMENS	0,25	06:00:00	06:15:00	26.09.2019
1010136	1010851	A1	Falla Tapadora Manual- Falta Lubricación	0,50	12:05:00	12:35:00	24.04.2019
1011455	1011883	A1	FALLA TAPADORA MANU EQUIFARM MOT SIEMENS	0,45	06:00:00	06:27:00	01.10.2019
1010510	1011114	A1	Falla Tapadora MZ-Daño envases	0,20	07:30:00	07:42:00	04.06.2019

Nombre de la Fuente: Software de Gestión SAP, Modulo Mantenimiento

6.2.3 OEE Planta Aseo

Para una compañía es indispensable la medición del Rendimiento productivo, para eso se Calcula el OEE (Efectividad Total del Equipo). En Casa Luker S.A también se mide este tipo de Rendimiento con el fin de tomar decisiones de mejora y generar planes de Acción que garanticen el margen del Costo de Fabricación de productos. En la Figura 9, Se evidencia como el OEE ha aumentado en un 5% en relación con el Volumen Productivo presentado durante el periodo de estudio. Sin embargo, la Meta del indicador de OEE en Casa Luker está sobre el 78%, lo cual no se cumple, y por tal motivo se busca un plan estratégico desde la maquinaria para reducir los tiempos improductivos garantizando la Disponibilidad en planta.

Figura 8. OEE Planta Aseo 2017-2020



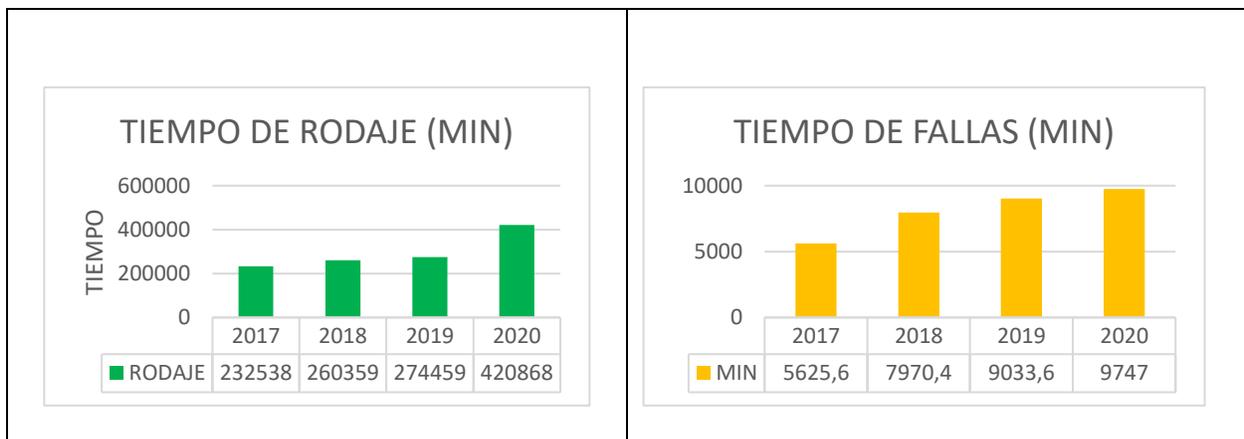
Nota: Los datos fueron Extraídos de la base de Datos de Casa Luker S.A entre años 2017-2019;

Fuente: Autor de la Investigación.

6.3 Información Recopilada

El pilar más importante para la investigación, son el tiempo de rodaje de la planta de producción y los tiempos generados por Falla de Maquinaria

Tabla 4. Tiempo Rodaje vs Tiempos por Falla de Equipos.

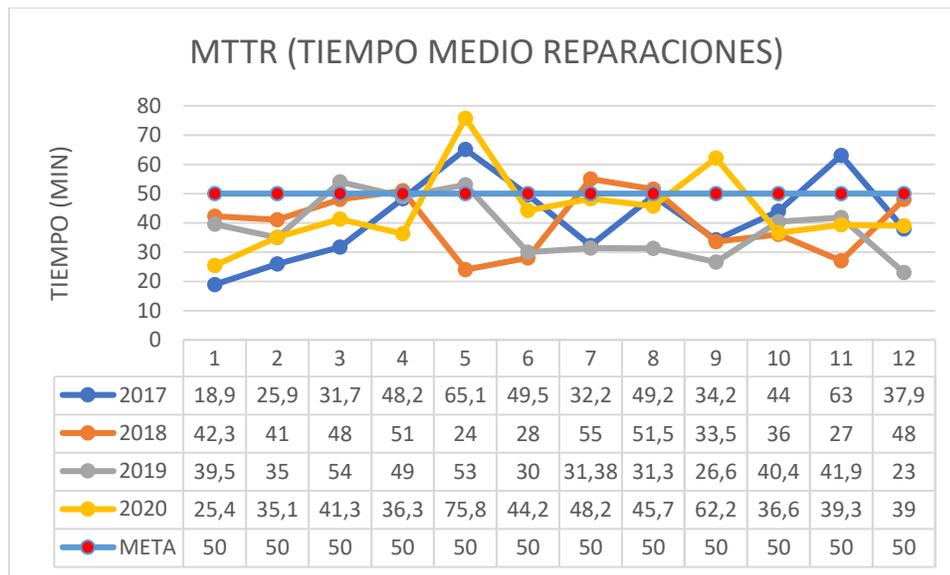


Nota: Los datos fueron Extraídos de la base de Datos de Casa Luker S.A entre años 2017-2020;

Fuente: Autor de la Investigación.

La Finalidad de analizar esta información es poder Establecer herramientas y estrategias preventivas en los planes de mantenimiento para mitigar los fallos, para que los tiempos de parada no se extiendan más de lo debido. El tiempo de parada se mide con el indicador de Mantenimiento MTTR (Tiempo medio entre reparaciones), el cual indica un promedio de entrega del equipo nuevamente habilitado a producción, En la Figura 9 se evidencia el comportamiento del indicador en los años establecidos para la investigación, este indicador tiene como meta 50 minutos, es decir, que el promedio de fallas en el mes no debe superar este valor, debido a que esto permite una atención efectiva por parte del área de mantenimiento hacia las líneas de producción.

Figura 9. Indicador MTTR Mantenimiento 2017-2020 Casa Luker S.A



Nota: Los datos fueron Extraídos de la base de Datos de Casa Luker S.A entre años 2017-2020;

Fuente: Autor de la Investigación.

En la Figura 8, el OEE Planta Aseo 2017-2020, se relaciona con los tiempos por Fallas, esto se debe a que si el equipo en operación Falla, es un tiempo de rodaje que se volverá improductivo, en ese punto interviene el área de mantenimiento para dar solución al problema en el menor tiempo posible, con el fin de no afectar el indicador productivo (OEE) y el indicador de reparaciones (MTTR).

6.4 Análisis de la información

El criterio de “ahorro”, es uno de los factores que mueven actualmente la industria, ya que gastar dinero en recursos y no ver resultados es contraproducente para la empresa misma. Pero, al momento de implementar estrategias basadas en Confiabilidad es garantizar, que una herramienta con gran potencial puede ayudar a establecer valores de confiabilidad y evitar problemas que puedan afectar a la producción de la planta.

Los beneficios económicos que se han logrado en la práctica internacional, aunque han sido de una forma u otra, mencionados anteriormente, serán expuestos de forma resumida a continuación:

Reducción de las máquinas de reserva.

Reducción notable del período de mantenimiento.

Reducción de los gastos (capital inmovilizado) por equipos, máquinas menores, elementos de máquinas y piezas de repuesto en almacenes.

Figura 10. Gastos Operativos Mantenimiento 2017-2020 Casa Luker S.A



Nota: Los datos fueron Extraídos de la base de Datos de Casa Luker S.A entre años 2017-2020; Fuente: Autor de la Investigación.

Se debe tener en cuenta los gastos de mantenimiento para tener un control de las actividades de mejora, esto se hace por medio del Opex asignado durante el año. En la Figura 10, se puede evidenciar que el Valor es proporcional al incremento del volumen de producción. Con el fin de Optimizar los recursos y realizar las respectivas inversiones donde se agregue valor al proceso productivo como operativo y de esa manera incrementar la disponibilidad de la maquinaria.

6.5 Propuesta de Solución

6.5.1 Matriz de Criticidad Casa Luker S.A

Para determinar el nivel de criticidad de un área de trabajo se debe tener en cuenta una serie de factores, que indican como se están comportando con respecto a: frecuencia en fallas, impacto y flexibilidad operacional, mantenimiento, impactos de seguridad como ambientales.

Con el fin de incluir áreas que contengan equipos en niveles peligrosos evitando que tengan una evolución a futuro y puedan afectar algún proceso interno dentro de la empresa. Además de permitir tener claro cuales áreas de trabajo son necesarias para realizar una inversión económica y la intervención por parte del departamento de mantenimiento.

El desarrollo de criticidad se abordará en todas las áreas de trabajo con el fin de conocer cuales activos son los que requieren más atención. A continuación, se muestra un formato de evaluación, el cual fue diseñado en colaboración con los jefes de área, este formato trae la descripción de cada ítem para poder darle una valoración específica, con el fin de poder clasificar las áreas de trabajo y optimizar la asignación de recursos disponibles por parte de ingeniería y mantenimiento de Casa Luker S.A.

En primer lugar se debe establecer los valores para la categoría de Frecuencia de Fallas, donde se realiza el estudio del Indicador MTTR (Tiempo Medio de Reparaciones). En la Tabla 5, se registra un promedio de eventos que se pueden dar durante un periodo determinado, y cada número de eventos tiene una calificación, el cual permite categorizar los eventos cuantitativamente.

Tabla 5. Matriz de Criticidad - Frecuencia de Fallas

MATRIZ DE EVALUACIÓN PARA DETERMINAR CRITICIDAD DE EQUIPOS			
Posibilidad de Casos	Calificación	Descripción	Sustento
Frecuencia de Fallas			
Se utiliza el Tiempo Promedio entre Fallas (MTTR) o la frecuencia de falla en un periodo de tiempo determinado.		Curva de la bañero o Vida Útil de un equipo - MTTR PLANTA	
Crítica 4-5 fallas/mes	4	El equipo Presenta 4 fallas o más durante el periodo mensual de producción	
Aceptable 3 fallas/mes	3	El equipo Presenta 3 fallas durante el periodo mensual de producción	
Buena 2 fallas/mes	2	El Equipo Presenta 2 fallas durante el periodo mensual de producción	
Excelente 0-1 fallas/mes	1	El equipo presenta 1 falla durante el periodo mensual de producción	

Nota: El diseño de la matriz de Criticidad es con base en la Experiencia y la trazabilidad del funcionamiento de los equipos; Fuente: Autor de la Investigación.

Teniendo la calificación de las Frecuencias de fallas, el paso a seguir es calificar los impactos que se pueden generar por áreas. En la Tabla 6, se califica el Impacto operacional, es decir que consecuencia se tiene desde no hay ocurrencia hasta el punto de que la producción se puede retrasar por la falla de los equipos productivos.

Tabla 6. Matriz de Criticidad - Impacto Operacional

Impacto Operacional			
Se define a la consecuencia que genera la falla en el equipo, al disminuir o para totalmente puede afectar factores como lo son producción, calidad, inventario o funcionalidad del equipo.		Información Obtenida con el jefe de Producción - Historial de Fallas Representativas	
Parada de producción durante un turno (8 horas).	4		La Producción queda detenida por tema de paro de equipos durante un tiempo de 8 horas.
Rendimiento de la Línea.	3		Parada de un sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas de la línea
Impacto en inventario o calidad	2		El producto tiene inconveniente con temas de calidad o devoluciones
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1		Existe la Falla en el sistema pero hay un equipo de back up para mitigar el problema.

Nota: El diseño de la matriz de Criticidad es con base en la Experiencia y la trazabilidad del funcionamiento de los equipos; Fuente: Autor de la Investigación.

Seguido de la Parte Operativa, en la Tabla 7 se realiza el análisis de la flexibilidad operacional, la cual está relacionada con la disponibilidad en recursos físicos para habilitar el equipo nuevamente o si hay la necesidad de realizar un Mantenimiento Programado por Terceros. Este Tipo de Casos se da siempre y cuando los repuestos son de baja rotación, pero un elevado costo de adquisición.

Tabla 7. Matriz de Criticidad - Flexibilidad Operacional

Flexibilidad Operacional		
Esta flexibilidad se define con la capacidad que se tiene en el momento de reemplazar o cambiar un elemento del equipo esté disponible o no; esto puede generar que la parada sea esporádica o por el contrario sea mucho más extensa a causa de un recurso del cual no se dispone.		Documentación Mantenimiento Dirección Logística Planta Aseo
No arranca el equipo por falta de repuestos	4	En el almacén de repuestos no cuenta con los componentes indispensables para que el equipo opere en condiciones normales
Hay opción de conseguir el repuesto rápido por Proveedor	3	No hay repuesto disponible en almacén pero se puede conseguir de forma rápida por parte de un proveedor
Hay Opción de Repuesto en el almacén de Repuestos	2	El almacén de repuestos cuenta con algunos Componentes para el equipo opere bajo condiciones normales
Función de repuesto disponible en el almacén	1	El almacén cuenta con disponibilidad total de componentes y repuestos para que el equipo opere en condiciones normales
		Sistemas de Mantenimiento, Planeación Y control. - Duffa Raouf Dixon (Control de inventarios)

Nota: El diseño de la matriz de Criticidad es con base en la Experiencia y la trazabilidad del funcionamiento de los equipos; Fuente: Autor de la Investigación.

El Impacto de los costos de mantenimiento, es el más influyente dentro de la matriz de criticidad, debido a que con él se determina un impacto o consecuencia sencilla de detectar. Esto se revisa en los diagnósticos efectuados por el personal Técnico, como se evidencia en la Tabla 8, hay un margen de costos el cual permite dar la calificación y determinar la severidad del daño del equipo.

Tabla 8. Matriz de Criticidad - Costo de Mantenimiento

Costo de Mantenimiento			
Es el costo que se le debe da al equipo en el momento que es intervenido de imprevisto y se refiere a la mano de obra con la que se encuentra si es externa o interna.			Documentación Mantenimiento
Mantenimientos \$5.000.000 - En adelante	4	Mantenimiento Externos entre valores de \$5.000.000 en adelante (Mantenimientos Generales, Compra de maquinaria, Proyectos)	Mantenimiento Industrial Avanzado- Francisco Javier González Fernández (Presupuesto)
Mantenimientos \$1.000.000 - \$ 5.000.000	3	Mantenimiento Externos entre valores de \$1.000.000 hasta \$3.000.000 Cop (Mantenimientos Generales)	Sistemas de Mantenimiento, Planeación Y control - Duffa Raouf Dixon (Control costos)
Mantenimientos \$300000 - \$100000	2	Mantenimiento Externos entre valores de \$300.000 hasta \$1.000.000 Cop (Modificaciones o Fabricación de Piezas)	RENOVETEC (Empresa Int. Ingeniería) http://www.renovetec.com/index.php *Valor de compra de un equipo *Averías Históricas
Mantenimientos \$0 - \$300.000	1	Mantenimientos efectuados por los técnicos de la planta, o contratados hasta un valor de \$300.000 Cop.	*Valor de una avería/ Urgencia *Valor de un Paro Productivo

Nota: El diseño de la matriz de Criticidad es con base en la Experiencia y la trazabilidad del funcionamiento de los equipos; Fuente: Autor de la Investigación.

En la Tabla 9 se expresa en un valor numérico, el grado de peligrosidad que puede tener un accidente de Trabajo. Adicional este ítem permite identificar riesgos latentes en planta para poder mejorar condiciones laborales al personal operativo de la maquinaria.

Tabla 9. Matriz de Criticidad - Impacto SST

Impacto en Seguridad en el Trabajo			
Seguridad y salud del personal y proveedor y/o contratista		http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53497	
Fatalidad, lesionados graves	4	Lesiones Graves con daños irreversibles, incapacidad parcial o Total (Pérdida de miembros del cuerpo, Quemaduras de 2do y 3er grado, Fractura de huesos)	Resolución 1401 de 2007 (Ministerio de Protección Social) Resolución 0312 de 2019 (Estándares mínimos del sistema de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo SG-SST)
Hospitalización	3	Efectos moderados en la salud (esguinces), Genera Incapacidad	
Atención medica	2	Efectos de salud reversibles (Hematomas)- Revisión Medica	
Sin lesiones	1	Golpes menores (Rasguños)	

Nota: El diseño de la matriz de Criticidad es con base en la Experiencia y la trazabilidad del funcionamiento de los equipos; Fuente: Autor de la Investigación.

Por último, se revisa el Impacto Ambiental, el cual permite categorizar los peligros para el medio ambiente al momento de realizar una maniobra que implique la manipulación de maquinaria o los insumos necesarios para realizar las actividades de Mantenimiento.

Tabla 10. Matriz de Criticidad - Impacto Ambiental

Impacto Ambiental		
Seguridad y evacuación a las personas en caso de Derrames y/o vertimientos de una sustancia química peligrosa que pueda afectar la salud de las personas.		http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion_minambienteds_0631_2015.htm
Contaminación Peligrosa	4	Daño mayor a fuentes de agua, contaminación permanente de suelos. Derrames no controlados de Sustancias Químicas.
Contaminación severa	3	Incumplimiento de Disposición de agua y residuos según Norma del Ministerio de Ambiente.
Contaminación Mínima	2	Daño menor a fuentes de agua, no genera peligro en el personal, pero tiene afectaciones en los procesos de tratamiento
Contaminación Controlada	1	Contingencia controlada, no genera peligro para el personal

Resolución 631 de 2015
(Ministerio de Ambiente)

Nota: El diseño de la matriz de Criticidad es con base en la Experiencia y la trazabilidad del funcionamiento de los equipos; Fuente: Autor de la Investigación.

6.5.1.1 Función de la matriz de Criticidad Casa Luker S.A.

La metodología de función de la calculadora de criticidad radica en el formato de las Tablas anteriormente Expuestas, con la cual se hace una evaluación general bajo todos los parámetros establecidos por los jefes de sección de Casa Luker S.A. La lectura del formato debe hacerse en orden, para cada sección de evaluación debe seleccionarse el valor que se considere o relacionado con la situación actual.

El cálculo que se maneja internamente para determinar la criticidad del área es el siguiente:
El primer paso es seleccionar la frecuencia de fallas de las que se tienen registro en el sistema de gestión de la empresa (SAP). Esta frecuencia tiene una escala de calificación que se evalúa de uno a cuatro dependiendo del caso de estudio.

Frecuencia de Fallas = (seleccionar en la escala de 1 a 4, según sea el caso)

El segundo paso, es seleccionar un valor dependiendo de la severidad que se esté presentado en el área de trabajo.

$$\mathbf{Consecuencia \times parametros = IO + FO + CM + IHSEQ + IMA} \quad [1]$$

Donde:

- *IO = Impacto operacional*
- *FO = Flexibilidad operacional*
- *CM = Costo de Mantenimiento*
- *IHSEQ = Impacto de Seguridad, Ambiente, Salud y Calidad*
- *IMA = Impacto Ambiental*

El cálculo de la criticidad Total (CT) de un sistema está dado siguiente ecuación:

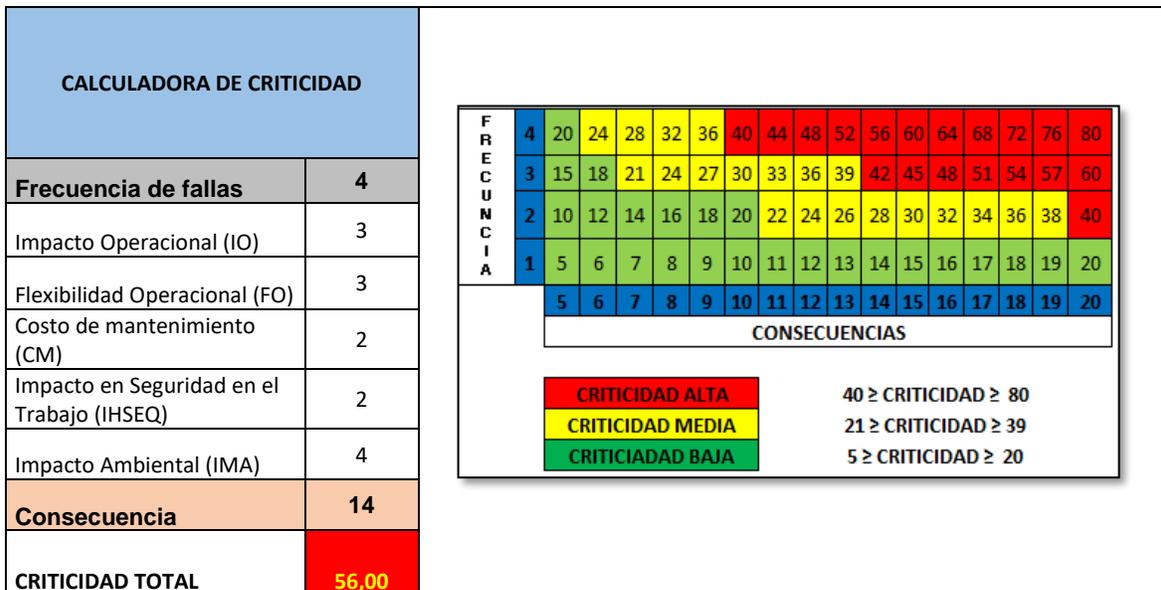
$$\mathbf{CT = (Frecuencia de fallas) * (Consecuencia de parametros)} \quad [2]$$

Se muestra como ejemplo un equipo de la planta de Aseo y el uso de la calculadora de criticidad. El ejemplo describe, sistema de Tapado Automático MZ, es un sistema Que permite realizar el Roscado de las tapas en los envases de los productos Líquidos de aseo

$$\text{Frecuencia de Fallas} = 4$$

$$\text{Consecuencia por parametros} = 3 + 3 + 2 + 2 + 4 = 14$$

Figura 11. Ejemplo Calculo de Criticidad



Nombre de la Fuente: Autor del proyecto.

6.5.2. Determinación de Modos de Fallo y Consecuencias

El Análisis de Fallas es el Pilar de la Metodología, después de determinar la criticidad del Se procede a realizar el AMEF (Análisis de Modos de Falla), donde se registra toda la información de la anomalía presentada por un equipo.

Tabla 11. AMEF Tapadora Rotativa MZ

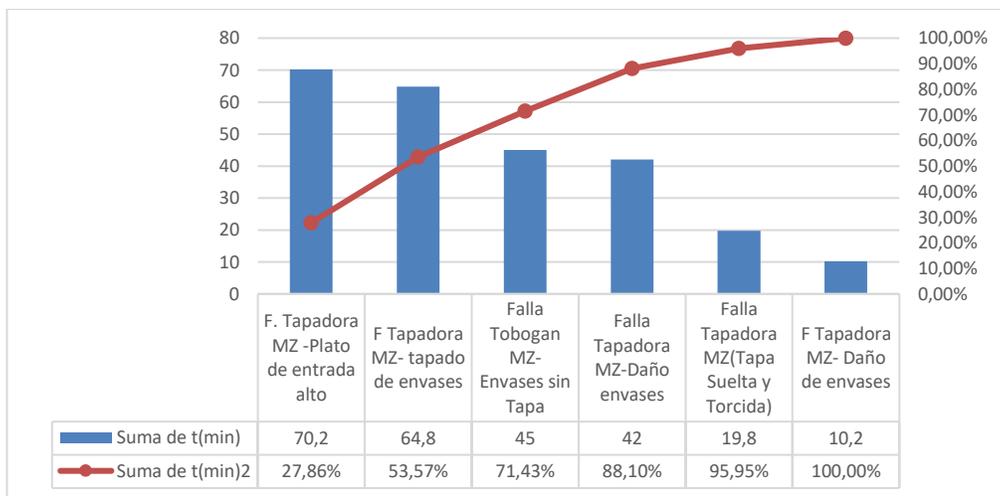
LINEA	COMPONENTE	MODO FALLA	EFEECTO DE LA FALLA (DESCRIPCIÓN FALLA)	CONSECUENCIAS DE LA FALLA (QUE PASA SI SIGUE LA FALLA)	SOLUCIÓN FALLA (QUE SE HIZO PARA REPARAR)
LINEA 2	TAPADORA MZ	F. Tapadora MZ -Plato de entrada alto	Se presenta falla en el plato de entrada, ya que no está paralelo a la banda de transporte lo que hacía que este molestara, y la saltara tapa haciendo que el envase pasara por la tapadora sin la tapa o mal posicionada.	*Envases abiertos *Devoluciones por parte de calidad *Se genera Reguero de producto cuando no se posiciona la tapa y la tapadora MZ presiona el Envase.	*Para solucionar se Retira el Roscador de la MZ para probar la presión que le ejerce a la tapa, después se posiciona el plato a nivel de la banda con lo cual mejora el posicionamiento de la tapa.
LINEA 2	TAPADORA MZ	F Tapadora MZ- tapado de envases	se atiende falla en la Tapadora MZ, ya que se estaba presentado molestias en el tapado de los envases de 200 ml, pero de decide bajar las estrellas por el tema de envases dañados y retrasos en la producción.	*Exceso de envases Dañados *Retrasos en la producción *Disponibilidad del equipo muy baja.	*Se programa el mantenimiento del eje central para Semana Santa, para mejorar la condición del movimiento de la Tapadora.
LINEA 2	TAPADORA MZ	Falla Tobogán MZ- Envases sin Tapa	Se está trabajando el equipo con el tobogán, pero el equipo estaba dañando mucho los envases, entre ellos, con tapa rota, envases marcados, se decide llamar a calidad, y el número de envases aprobados era mucho menos a los dañados.	*Cantidad de Envases Dañados *Reguero del producto en la línea de Trabajo *Tiempo de Reproceso del producto.	*Como calidad Indico que la cantidad de envases dañados eran muchos, se decide retirar el tobogán y trabajar con la tapadora manual para evitar más retrasos.
LINEA 2	TAPADORA MZ	Falla Tapadora MZ (Tapa Suelta y Torcida)	Se Realiza el montaje del tobogán, y se está pendiente del tobogán durante la producción. En el transcurso del funcionamiento la maquina estaba dejando envases abiertos y con tapa torcida, el problema es intermitente. lo cual los tiempos de producción se van sumando entre todas las paradas.	*Envases abiertos *Devoluciones por parte de calidad *Se genera Reguero de producto cuando no se posiciona la tapa y la tapadora MZ presiona el Envase.	*Se revisa y se hacen ajustes para que el equipo funcione de manera correcta.
LINEA 2	TAPADORA MZ	Falla Tapadora Manual- Contactor Aterrizado.	El Guardamotor de la tapadora manual se encontraba enclavado, lo cual no dejaba encender la tapadora.	*Tiempo De producción *Afectación en el motor de la Tapadora manual	Se Des energiza tablero de líquidos para aislar cualquier sobre corriente residual. Nuevamente se energiza el tablero eléctrico, y el contactor vuelve a su posición inicial.
LINEA 2	TAPADORA MZ	Falla de Tapadora Manual 2 - Cabezal no Gira.	El husillo de la tapadora no gira, debido a que los prisioneros no estaban ejerciendo la presión de sujeción.	*Riesgo para el operario	*Se revisa el tornillero en general del equipo, debido a que la vibración tiende a soltar la tornillería.
LINEA 2	TAPADORA MZ	Falla Tapadora Manual Línea 2- Falta de Torque	Se evidencia Fuga de aceite y problemas de torque en el tapado de los envases	*Trabajo Inseguro por fuga de Aceite *Inconformidad de Trabajo *Equipo No Disponible 100%	*Se Realiza Mantenimiento General del Equipo, en donde se cambió el aceite, se soluciona la fuga y se ajustan los dados para dar un buen torque a los envases

Nombre de la Fuente: Autor del proyecto.

6.5.3. Análisis 80-20 Casa Luker S.A

Dentro del análisis de fallas es importante determinar el impacto generado por la parada de los equipos productivos, de tal manera que se realiza un análisis Tipo Pareto, para validar cuales son las Fallas más representativas, debido que son las que están restando tiempo de rodaje en las líneas de producción.

Figura 12. Diagrama Pareto Tapadora MZ



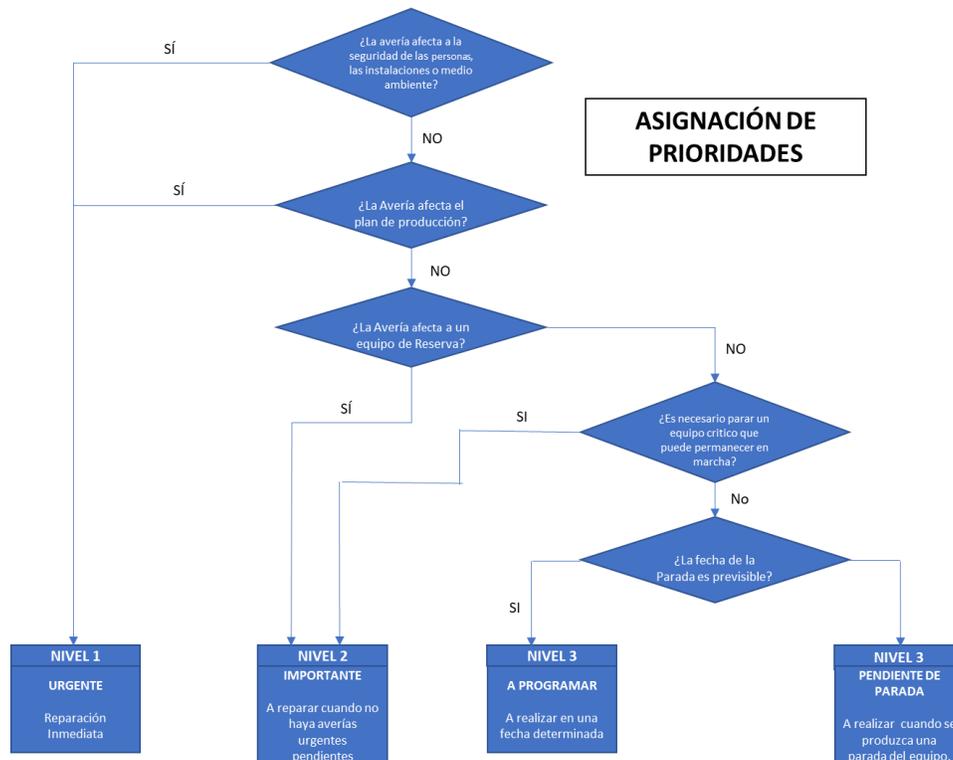
Nombre de la Fuente: Autor del proyecto.

6.5.4. Diagrama de Decisiones

Cuando ocurren dos eventos Simultáneos es importante determinar cuál es prioridad y cual es urgente, esto se hace por medio de un diagrama de decisiones donde el personal Técnico tiene el criterio para poder atender los problemas en planta, específicamente las paradas de las maquinas.

El diagrama de decisiones funciona Realizando una serie de cuestionamientos rápidos para poder hacer la categorización del problema, que puede ir desde una parada programada hasta una atención correctiva en el momento.

Figura 13. Diagrama de Decisiones



Nombre de la Fuente: Autor del proyecto.

6.5.5. Inclusión de mejoras de planes de Mantenimiento en SAP-PM

Incluyendo la Matriz de criticidad, el análisis de modos de falla y el Diagrama Pareto, se logran mejorar los planes de Mantenimiento, esto permite adicionar tareas preventivas dentro del plan Preventivo para fortalecer las condiciones de Trabajo de la Maquinaria. Adicional Permite realizar mantenimiento programados para cambio de Componentes del sistema y reducir los tiempos de parada generados por falla de equipos.

En la Figura 14 y Figura 15, se muestra la modificación en el plan de mantenimiento para el equipo de ejemplo. Se generan nuevas actividades referentes a Cambios cíclicos de repuestos, acondicionamiento Mecánico, Eléctrico y Neumático. Lo que permite un mayor control sobre el equipo, garantizando el tiempo de rodaje programado en producción.

Figura 14. *Actividades Adicionales Tapadora MZ*

Mod.instrucción: Res.paquetes mantenimiento

Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan

GrHRuta PZMEC10A MANTENIMIENTO TAPADORA MZ ContGrpoHR 1

Resumen oper.paquetes mant.prev.

Op.	SubOp	Descripción operación	1M	2M	3M	6M	AN	BA	TA	4M
0070		Rev y/o camb piñons, alinear sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0080		Lub piñon,torn sinf grad alt sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0090		Rev de fugas reductor dosificador tapas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0100		Ajust tornill fijac motored dosific tapa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0110		Lubricacion sist transmision husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0120		Revisión guarda de seguridad husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0130		Rev, allin, ajust guías, tornill antigiro	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0140		Mtto cadenas, piñones, sist alim envases	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0150		Lubricación de cadenas sist alime envase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0180		Rev y/o cambio unid de mtto sist neum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0190		Rev y/o cambio electroválv sist neumatic	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0200		Revisión estado empujador de tapas tolva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0210		Cambio rodam sist acopl tornillo sinfin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0220		Cambio de rodamientos tornillo sinfin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0230		Rev y ajust elementos tabl de pot y cont	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0240		Cambio de rodamientos motor giro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0270		Pintura externa motor tolva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compte. REO MAF CarInsp Entrada 1 / 25

SAP

Nombre de la Fuente: Software Gestión de mantenimiento -SAP PM

Figura 15. Antes y Después Plan Mtto Tapadora MZ

Antes		Después																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>Mod.instrucción: Res.paquetes mantenimiento</p> <p>Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan</p> <p>GrHruta PZMEC10A MANTENIMIENTO TAPADORA MZ ContGpohR 1</p> <p>Resumen oper.paquetes mant.prev.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Op.</th> <th>SubOp</th> <th>Descripción operación</th> <th>1M</th> <th>2M</th> <th>3M</th> <th>6M</th> <th>AN</th> <th>BA</th> <th>TA</th> <th>4M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0080</td><td></td><td>Lub piñon,torn sinf grad alt sist transm</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0090</td><td></td><td>Rev de fugas reductor dosificador tapas</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0110</td><td></td><td>Lubricación sist transmisión husillos</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0150</td><td></td><td>Lubricación de cadenas sist alime envase</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0180</td><td></td><td>Rev y/o cambio unid de mtto sist neum</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0310</td><td></td><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0320</td><td></td><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0340</td><td></td><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0330</td><td></td><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0350</td><td></td><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0360</td><td></td><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0370</td><td></td><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0380</td><td></td><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p>Entrada 1 / 13</p>		Op.	SubOp	Descripción operación	1M	2M	3M	6M	AN	BA	TA	4M	0080		Lub piñon,torn sinf grad alt sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0090		Rev de fugas reductor dosificador tapas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0110		Lubricación sist transmisión husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0150		Lubricación de cadenas sist alime envase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0180		Rev y/o cambio unid de mtto sist neum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0310			<input type="checkbox"/>	0320			<input type="checkbox"/>	0340			<input type="checkbox"/>	0330			<input type="checkbox"/>	0350			<input type="checkbox"/>	0360			<input type="checkbox"/>	0370			<input type="checkbox"/>	0380			<input type="checkbox"/>	<p>Mod.instrucción: Res.paquetes mantenimiento</p> <p>Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan</p> <p>GrHruta PZMEC10A MANTENIMIENTO TAPADORA MZ ContGpohR 1</p> <p>Resumen oper.paquetes mant.prev.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Op.</th> <th>SubOp</th> <th>Descripción operación</th> <th>1M</th> <th>2M</th> <th>3M</th> <th>6M</th> <th>AN</th> <th>BA</th> <th>TA</th> <th>4M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0070</td><td></td><td>Rev y/o camb piñons, alinear sist transm</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0080</td><td></td><td>Lub piñon,torn sinf grad alt sist transm</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0090</td><td></td><td>Rev de fugas reductor dosificador tapas</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0100</td><td></td><td>Ajust tornill fijac motored dosific tapa</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0110</td><td></td><td>Lubricación sist transmisión husillos</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0120</td><td></td><td>Revisión guarda de seguridad husillos</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0130</td><td></td><td>Rev, alin, ajust guías, tornill antigiro</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0140</td><td></td><td>Mtto cadenas, piñones, sist alim envases</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0150</td><td></td><td>Lubricación de cadenas sist alime envase</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0180</td><td></td><td>Rev y/o cambio unid de mtto sist neum</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0190</td><td></td><td>Rev y/o cambio electroválv sist neumatic</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0200</td><td></td><td>Revisión estado empujador de tapas tolva</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0210</td><td></td><td>Cambio rodam sist acopl tornillo sinfin</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0220</td><td></td><td>Cambio de rodamientos tornillo sinfin</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0230</td><td></td><td>Rev y ajust elementos tabl de pot y cont</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0240</td><td></td><td>Cambio de rodamientos motor giro</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>0270</td><td></td><td>Pintura externa motor tolva</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p>Entrada 1 / 25</p>		Op.	SubOp	Descripción operación	1M	2M	3M	6M	AN	BA	TA	4M	0070		Rev y/o camb piñons, alinear sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0080		Lub piñon,torn sinf grad alt sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0090		Rev de fugas reductor dosificador tapas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0100		Ajust tornill fijac motored dosific tapa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0110		Lubricación sist transmisión husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0120		Revisión guarda de seguridad husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0130		Rev, alin, ajust guías, tornill antigiro	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0140		Mtto cadenas, piñones, sist alim envases	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0150		Lubricación de cadenas sist alime envase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0180		Rev y/o cambio unid de mtto sist neum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0190		Rev y/o cambio electroválv sist neumatic	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0200		Revisión estado empujador de tapas tolva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0210		Cambio rodam sist acopl tornillo sinfin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0220		Cambio de rodamientos tornillo sinfin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0230		Rev y ajust elementos tabl de pot y cont	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0240		Cambio de rodamientos motor giro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0270		Pintura externa motor tolva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																							
Op.	SubOp	Descripción operación	1M	2M	3M	6M	AN	BA	TA	4M																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0080		Lub piñon,torn sinf grad alt sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0090		Rev de fugas reductor dosificador tapas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0110		Lubricación sist transmisión husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0150		Lubricación de cadenas sist alime envase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0180		Rev y/o cambio unid de mtto sist neum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0310			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0320			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0340			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0330			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0350			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0360			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0370			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0380			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Op.	SubOp	Descripción operación	1M	2M	3M	6M	AN	BA	TA	4M																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0070		Rev y/o camb piñons, alinear sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0080		Lub piñon,torn sinf grad alt sist transm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0090		Rev de fugas reductor dosificador tapas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0100		Ajust tornill fijac motored dosific tapa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0110		Lubricación sist transmisión husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0120		Revisión guarda de seguridad husillos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0130		Rev, alin, ajust guías, tornill antigiro	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0140		Mtto cadenas, piñones, sist alim envases	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0150		Lubricación de cadenas sist alime envase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0180		Rev y/o cambio unid de mtto sist neum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0190		Rev y/o cambio electroválv sist neumatic	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0200		Revisión estado empujador de tapas tolva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0210		Cambio rodam sist acopl tornillo sinfin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0220		Cambio de rodamientos tornillo sinfin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0230		Rev y ajust elementos tabl de pot y cont	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0240		Cambio de rodamientos motor giro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0270		Pintura externa motor tolva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Nombre de la Fuente: Software Gestión de mantenimiento -SAP PM

6.5.5. Control de Ordenes de Trabajo de Mantenimiento en SAP-PM

Para realizar el seguimiento de las órdenes de trabajo, por medio de SAP-PM, la cual permite ver las órdenes generadas en todo el sistema de mantenimiento.

Figura 16. Ventana de usuario para Seleccionar Tipo de Orden

Modificar órdenes PM: Selección de órdenes PM

Receptor de liquidación MAF

Status orden
 Pendiente En tratam. concluido Hist. Esq.selec. Dirección ✖

Selección de órdenes

Orden		a		
Clase de orden		a		
Ubicación técnica		a		
Equipo		a		
Material		a		
Número de serie		a		
Dat.adic.disposit.		a		
Aviso		a		
Pto.tbjo.responsable		a		
Ce.p.pto.trabajo		a		
Período	09.02.2021	a	09.02.2021	
Interf.				
Moneda				

Nombre de la Fuente: SAP PM

En el recuadro “Clase de Orden”, se introduce “ZA03” las cuales son referentes al mantenimiento preventivo y clic en visualizar

Figura 17. Tipos de Orden SAP-PM

Cl.	Denominación
CU01	Orden de servicio UC
CU02	Orden de servicio UC
CU03	Orden de mantenimiento UC
CU04	Orden de mantenimiento UC
PM01	Orden de mantenimiento
PM02	Orden de mantenimiento preventivo
PM03	Orden/notificación de mantenimiento
PM04	Orden de renovación
PM05	Orden de calibración
PM06	Orden de inversión
SM01	Orden de servicio
SM02	Orden de servicio (con ingresos)
SM03	Servicio de reparación
ZA01	Orden de Mantenimiento Correctivo
ZA02	Orden de Mantenimiento Programado
ZA03	Orden de Mantenimiento Preventivo
ZA04	Orden de Mantenimiento Predictivo
ZA05	Orden Restaurativa
ZA06	Orden de Renovación
ZA07	Orden de Metrología
ZA08	Orden de Mejora
ZA09	Orden de Inversión
ZHER	Orden de Control de Herramientas

Nombre de la Fuente: SAP PM

Figura 18. Orden de Trabajo Tapadora MZ

Modificar órdenes PM: Lista de órdenes PM					
S	Orden	Cl.	Fe.inic.extrema	Texto breve	Status del sistema
	3025576	ZA03	28.01.2021	MANTENIMIENTO TAPADORA MZ	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC

Nombre de la Fuente: SAP PM

Dentro del módulo, se puede visualizar todos los movimiento o transacciones que se le hayan hecho a la orden de trabajo, por ejemplo, se puede ver si la orden está en proceso, si ya se efectuó o si generó alguna solicitud de pedido para poder atenderla. Además, las ordenes de trabajo

se clasifican según el tipo de trabajo que se debe efectuar, ya que se programan en función de horas, y no es lo mismo efectuar un trabajo mecánico que un trabajo de limpieza, debido a que el tiempo que se demora en llevar a cabo la orden de trabajo es muy diferente, el cual se debe cumplir y que este dentro del rango de la programación dada.

7. Impactos Esperados

7.1 En el Proceso y las personas

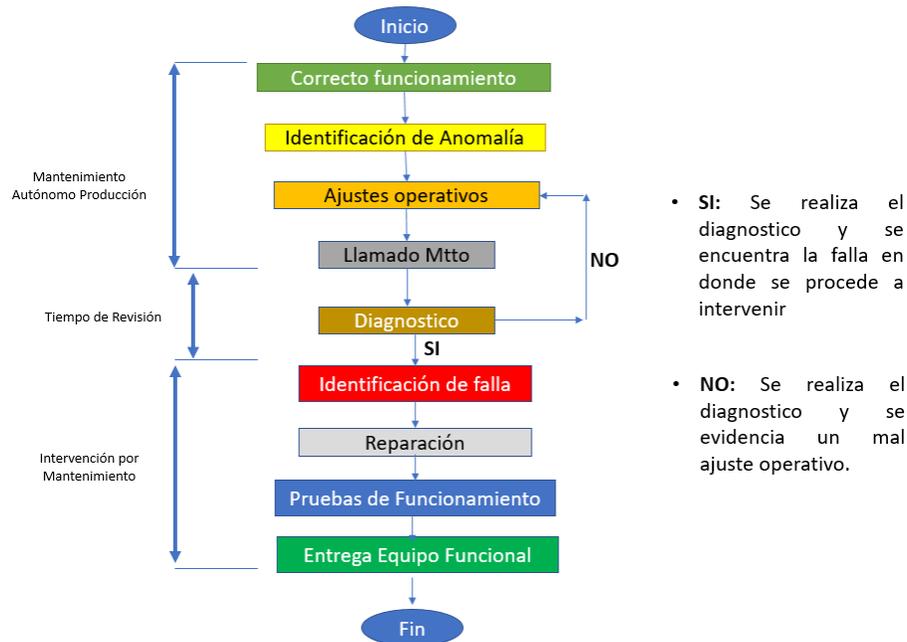
En la práctica el personal de mantenimiento debe conocer los efectos de las fallas y las consecuencias de estos. Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería de hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la función de producción.

Cada Técnico de mantenimiento deberá tener el respectivo entrenamiento de la estrategia. El uso de estas herramientas no sólo permite que se obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento, sino que da proporciona una visión extraordinaria de los problemas presentados en planta y para la aplicación de soluciones.

Además, de tener el conocimiento se quiere seguir formando al personal para tener al menos dos facilitadores, que serían quienes conocen muy bien el proceso y es quien determina que el proceso de implementación se haga con efectividad sobre Maquinaria e infraestructura.

La matriz de Criticidad es una Excelente Herramienta para determinar qué tan crítico es que un equipo detenga la producción, adicional se refuerza con el diagrama de decisiones, el proporciona la pauta para la atención de fallas. Es necesario que el área de producción conozca la estrategia de Mantenimiento Implementada, debido a que es un trabajo en equipo para mitigar los tiempos muertos y poder entregar la producción a los clientes de Casa Luker S.A

Figura 19. Diagrama flujo Estrategia Mantenimiento



Nombre de la Fuente: Autor del proyecto.

7.2 En el Presupuesto

La política Interna de CASA LUKER SA, en cuanto el manejo de presupuesto es indispensable que el líder del área Disponga los gastos generados mes a mes (OPEX), con el fin de poder Discriminar entre cuentas mayores y centros de costos establecidos para cada área de Trabajo de la organización.

A continuación, se muestra una Plantilla del Área de mantenimiento, la cual está distribuida por el Tipo de Servicio, las cuentas y los centros de costos que tiene la planta de producción.

Figura 20. Matriz Presupuestal Mantenimiento

TIPO DE SERVICIO	CUENTAS	CENTRO DE COSTOS	IMPUTACIÓN
SERV ENERGIA ELECTRI	7335300000	LC43200100	Generales plan Aseo
SERV ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	7335251000	LC43200100	Generales plan Aseo
ADEC ARRE ORNAMENTAL	7350100000	LC43010100	Alm Mat, Fabric Aseo
ADEC ARRE ORNAMENTAL	7350100000	LC63010100	Admon G Mantto Aseo
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC63010400	Taller Industrial Aseo
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC63010100	Admon General de Mantto Aseo
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC50301000	Calidad Planta Aseo
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43200100	Generales de la planta aseo
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43030100	Preparacion semisolidos
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43020203	Empaque Linea 3
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43020202	Empaque Linea 2
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43020100	Preparacion liquidos
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43010100	Almacen Mat. Fabricacion Aseo
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC63020100	Energia Aseo
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC63010400	Taller Industrial Aseo
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC43200100	Generales de la planta aseo
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC43040200	Extrusion solidos

Fuente: Generación Presupuestal año 2021 Casa Luker SA

La Administración del Presupuesto y la distribución de los gastos obedece al Presupuesto del año anterior, para tener un comparativo de las actividades realizadas y si son cíclicas, realizar el incremento anual del año posterior.

Se debe tener en cuenta que el gasto de mantenimiento es variable con respecto a la vida útil del equipo. Esto se debe que el incremento de uso del equipo va a tener un mayor costo en la mantenibilidad.

8. Análisis Financiero

Las estrategias de mantenimiento basadas en confiabilidad y que se puedan aplicar a un entorno industrial, realmente son oportunidades de mejora con respecto al proceso interno de la compañía. El análisis de criticidad permite a la compañía visualizar el estado de funcionamiento de los equipos como de cada área de trabajo, con el fin de programar los mantenimientos teniendo en cuenta el nivel de criticidad.

Para una empresa, la parte que acarrea más costos es detener la producción; Casa Luker siendo una planta de alimentos con alto reconocimiento nacional e internacional, es necesario realizar paradas programadas para atender todas las eventualidades que se puedan presentar, en esos espacios es fundamental tener claro las actividades de mantenimiento que se van a realizar a los equipos de la planta.

Con el análisis de criticidad, es posible priorizar estas actividades con el fin de direccionar planes de mejora en el área de mantenimiento y tener la posibilidad de orientar los recursos hacia donde más se necesite. La empresa cuenta con un presupuesto, el cual está destinado para todas las áreas de trabajo, pero en cuanto a la optimización de recursos (humanos, económicos, técnicos), es destinar una gran parte del presupuesto a las áreas críticas, para poder garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

La herramienta tiene un gran potencial a futuro, ya que permite tener un plano más general de lo que realmente está pasando dentro de la planta, y de esta manera poder conocer el

estado crítico de los equipos para evitar una parada indeseada, que puede costar mucho dinero y tiempo al solucionar estos problemas. Además, se mejoró el seguimiento de los equipos en todas las áreas de trabajo, puesto que la mentalidad que se tiene ahora es “Todo equipo es importante e indispensable para la producción”, y eso se debe a que cada componente que hace parte de la empresa aporta un esfuerzo para que el proceso se haga de una forma eficiente y con calidad, para prestar un excelente servicio a los clientes de Casa Luker.

Figura 21. *Gastos Operativos 2021 Casa Luker S.A*



Nota: Los datos fueron Extraídos del Presupuesto base 2021, Casa Luker S.A ; Fuente: Autor de la Investigación.

8.1 Proyección Presupuestal

Como se hace la distribución con las cuentas y centros de Costos, La proyección presupuestal para el área de mantenimiento esta alrededor de los \$493 Millones de pesos. Adicional es necesario establecer los presupuestos por cada cuenta y centro de Costo, debido a que

hay trabajos que requieren personal Externo o contratistas , donde se encuentre el beneficio de la maquinaria y el esfuerzo optimo del área de mantenimiento.

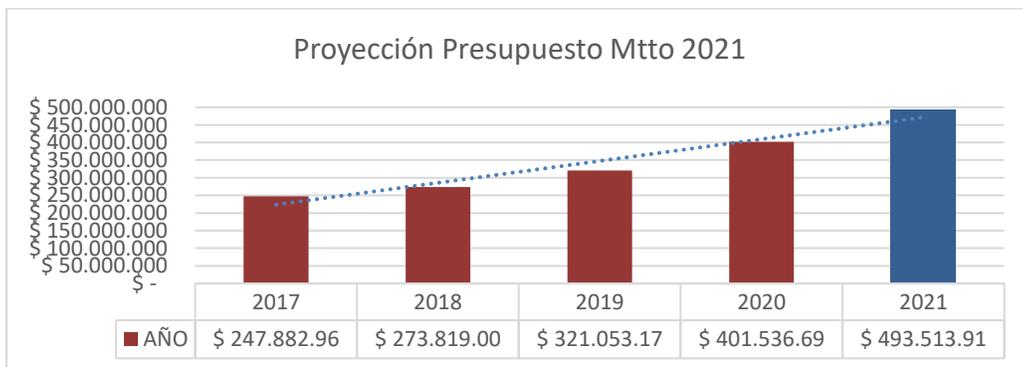
Figura 22. Proyección de Presupuesto 2021 cuentas y Centro Costos

TIPO DE SERVICIO	CUENTAS	CENTRO DE COSTOS	IMPUTACIÓN	MAYO		JUNIO		JULIO	
				MAYO PTTO	IPC 2020	JUNIO PTTO	IPC 2020	JULIO PTTO	IPC 2020
SERV ENERGIA ELECTRI	7335300000	LC43200100	Generales plan Aseo						
SERV ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	7335251000	LC43200100	Generales plan Aseo						
ADEC ARRE ORNAMENTAL	7350100000	LC43010100	Alm Mat, Fabric Aseo		\$ -		\$ -		\$ -
ADEC ARRE ORNAMENTAL	7350100000	LC63010100	Admon G Mantto Aseo		\$ -		\$ -		\$ -
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC63010400	Taller Industrial Aseo		\$ -		\$ -		\$ -
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC63010100	Admon General de Mantto Aseo	\$ 670.000	\$ 693.115	\$ 530.000	\$ 548.285	\$ 120.000	\$ 124.140
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC50301000	Calidad Planta Aseo		\$ -		\$ -		\$ -
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43200100	Generales de la planta aseo	\$ 1.400.000	\$ 1.448.300	\$ 1.400.000	\$ 1.448.300	\$ 1.200.000	\$ 1.241.400
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43030100	Preparacion semisolidos		\$ -		\$ -	\$ 430.000	\$ 444.835
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43020203	Empaque Linea 3	\$ 120.000	\$ 124.140	\$ 410.000	\$ 424.145	\$ 120.000	\$ 124.140
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43020202	Empaque Linea 2	\$ 120.000	\$ 124.140	\$ 410.000	\$ 424.145	\$ 120.000	\$ 124.140
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43020100	Preparacion liquidos		\$ -		\$ -		\$ -
ADEC E INS LOCATIVAS	7350150000	LC43010100	Almacen Mat. Fabricacion Aseo	\$ 350.000	\$ 362.075	\$ 350.000	\$ 362.075	\$ 870.000	\$ 900.015
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC63020100	Energia Aseo		\$ -		\$ -		\$ -
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC63010400	Taller Industrial Aseo		\$ -		\$ -	\$ 210.000	\$ 217.245
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC43200100	Generales de la planta aseo	\$ 1.690.000	\$ 1.000.000	\$ 1.200.000	\$ 1.000.000	\$ 720.000	\$ 744.840
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC43040200	Extrusion solidos	\$ 410.000	\$ 424.145	\$ 480.000	\$ 496.560		\$ -
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC43030200	Empaque semisolidos		\$ -		\$ -		\$ -
ADEC INS ELECTRICAS	7350050000	LC50301000	Calidad Planta Aseo		\$ -		\$ -		\$ -

Nota: Los datos fueron Extraídos del Presupuesto base 2021,Casa Luker S.A ; Fuente: Autor de la Investigación.

Con el incremento del presupuesto y la planeación estratégica del área de mantenimiento, se quiere lograr la reducción en los tiempos muertos por falla de Equipos. Se Estima una proyección de gastos para poder atender todas las máquinas de la planta teniendo en cuenta la criticidad y el rango de importancia que se establece a partir del diagrama de decisión.

Figura 23. Proyección Presupuesto Mtto 2021



Nota: Los datos fueron Extraídos del Presupuesto base 2017-2021,Casa Luker S.A ; Fuente: Autor de la Investigación.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

La generación de Planes de Mantenimiento basado en Confiabilidad optimiza el tiempo de recorrido en las diferentes áreas, garantizando que no ocurran incidentes de inocuidad por personas ajenas a la planta.

La evaluación de equipos bajo los estándares de la SAE JA011 y SAE JA012, permite identificar y comprender el tipo de maquinaria con la que cuenta la empresa. Además de clasificar la criticidad ya que es fuente potencial de problemas a futuro.

El análisis de criticidad es una herramienta muy útil a la hora de asignar los recursos necesarios para la solución de problemas. Generando conciencia de que todos los equipos son importantes y que cumplen una función específica para que el proceso se realice bajo los parámetros de calidad, los cuales caracterizan a Casa Luker S.A.

La metodología propuesta en la compañía permitirá tener mejor control del servicio contratado e independiente de los resultados preliminares que arroje la técnica, se podrá determinar un estado de criticidad de las áreas de trabajo, con el fin de tener un plano más general de cómo se comporta la planta en función de las fallas que pueden estar ocultas.

9.2. Recomendaciones

Con respecto al seguimiento de las órdenes de producción y su cumplimiento, se espera para el primer semestre de 2021 un incremento en la disponibilidad de los equipos del 97% y la reducción de tiempos muertos en un 5% con las líneas de producción.

Existen oportunidades de mejora y de crecimiento empresarial con respecto al método de mantenimiento que se esté utilizando, con el objetivo final de prestar un buen servicio y tener una planta segura bajo los estándares de calidad.

10. Referencias

- Alexander, J., & Velasquez, M. (2018). *Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM (Tesis de Maestría)* [Universidad Nacional de Colombia]. <http://bdigital.unal.edu.co/65668/7/98702383.2018.pdf>
- Cerquera Valderrama, C. J., & Barrantes Malagón, J. andrés. (2016). *Gestión de Activos Enfocado hacia la Confiabilidad o Determinación del TPEF (Tesis de Especialización)* [Universidad ECCI, Colombia]. [https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/305/Gestión de Activos Enfocado hacia la confiabilidad o determinacion del TPEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/305/Gestión%20de%20Activos%20Enfocado%20hacia%20la%20confiabilidad%20o%20determinacion%20del%20TPEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Estéves Cruz, A. (2013). *Informe de Práctica Profesional: Estudio de un sistema de mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones implantado en instalaciones de bombeo y generación*. Escuela Superior de Ingeniería Industrial.
- García Garrido, S. (2014). Técnicas de Mantenimiento Condicional basadas en la medición de variables Físicas. In *La contratación del Mantenimiento* (pp. 5–23). Renovetec. ISBN 9788479789626.
- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. DIAZ DE SANTOS. ISBN 978-84-7978-548-2 https://books.google.com.co/books?id=PUovBdLi-oMC&printsec=frontcover&dq=gestion+del+mantenimiento+industrial&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- García Garrido, S. (2009). Ingeniería de Mantenimiento. In *La contratación del Mantenimiento* (p. 56). Renovetec. <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>
- García Garrido, S. (2010). *La contratación del mantenimiento industrial*. DIAZ DE SANTOS. ISBN 978-7978-962 https://books.google.com.co/books?id=LwLk1NwRXyoC&printsec=frontcover&dq=gestion+del+mantenimiento+industrial&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Gardella González, M., & Amendola, L. J. (2014). *Mejora de Metodología a partir del AMFEC e implantación de Mantenimiento Preventivo y Predictivo en Plantas de Procesos. (Tesis de Doctorado)* [Universidad Politécnica de Valencia, España]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9686/tesisUPV3387.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González Fernández, F. J. (2004). *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión* (1a ed.). FC EDITORIAL. ISBN 84-96169-36-7 [https://books.google.com.co/books?id=o0cH7Nwkm3YC&pg=PA9&dq=indicadores+de+mantenimiento&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=indicadores de mantenimiento&f=false](https://books.google.com.co/books?id=o0cH7Nwkm3YC&pg=PA9&dq=indicadores+de+mantenimiento&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=indicadores+de+mantenimiento&f=false)

- González Fernández, F. J. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (2a ed.). FC EDITORIAL. ISBN 84-96169-49-9
[https://books.google.com.co/books?id=OzwXOAKv_QAC&pg=PA429&dq=indicadores+de+mantenimiento&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=indicadores de mantenimiento&f=false](https://books.google.com.co/books?id=OzwXOAKv_QAC&pg=PA429&dq=indicadores+de+mantenimiento&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=indicadores+de+mantenimiento&f=false)
- Gonzalez Rojas, R. M. (2006). *Diseño Estrategia Operacion Centrada en Confiabilidad Para Minera Spence S.A. (Tesis de Maestría)* [Universidad de Chile, Chile].
http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/gonzalez_r2/sources/gonzalez_r2.pdf
- Grau Norgués, J. (2016). *Estudio de Plan de mantenimiento de Industrial Alimentaria (Tesis Pregrado)* [Universidad Politécnica Valencia, España].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4749/1/20T00717.pdf>
- Hernández Bárcenas, R. (2010). *Propuesta de Mantenimiento Preventivo Basado en la Confiabilidad de la Flota A320 de Mexicana de Aviación (Tesis de Maestría)*. [Instituto Politécnico Nacional, Mexico].
https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/13412/1/TESIS_RAYMUNDO_HERNANDEZ_BARCENAS.pdf
- Jimenez Silva, E., & Patiño Hernandez, M. (2017). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LÍNEA PILOTO EN LA COMPAÑÍA NACIONAL DE CHOCOLATES S.A (Tesis Pregrado)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
- Lombana Miranda, F., & Zarate González, B. (2018). *MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRITICOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 1 DE LA EMPRESA COTECMAR MEDIANTE LA METODOLOGÍA RCM (Tesis Especialización)*. Universidad de Cartagena, Colombia.
- Macedo Sajami, J. C. (2018). *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la productividad de la línea 14 de envasado Tetra Pak (Tesis Pregrado)*. Universidad César Vallejo, Perú.
- Mendoza Ríos, C. A. (2014). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD APLICADO A EQUIPOS MÉDICOS CRÍTICOS (Tesis Especialización)*. Universidad de Concepción, Chile.
- Motta Cruz, M. A. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para Top Rolls en vidrio andino s.a (Tesis de Pregrado)*. Universidad Santo Tomas, Colombia.
- Moubray.J. (2004). *Reliability-centred Maintenance (RCM)* (09539603-2-3 (ed.); 3ra Ed) ISBN 09539603-2-3.

- Ochoa Fernandez, M. A. (2014). *PROYECTO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y MANUAL DE PROCEDIMIENTOS EN INDUSTRIAS LACTO-CAÑAR (Tesis Pregrado)*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.
- Ochoa Rodriguez, A., & Jhon, G. A. (2016). *PROPUESTA DE APLICACION DE CONSULTORIA PARA LA MEDICION DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO CASO: EMPRESA COCA-COLA FEMSA (Tesis Especialización)*. Universidad Ecci, Colombia.
- Quezada Banchón, M. A. (2014). *PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE (Tesis Pregrado)*. Universidad Estatal de Milagro, Ecuador.
- Parra Marquéz, C., & Crespo Márquez, A. (2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en La Gestión Activos* (INGEMAN (ed.); Segunda Ed).
- Reliabilityweb: A Culture of Reliability. (n.d.). *Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad*. 2012. <http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/gestion-integral-de-mantenimiento-basada-en-confiabilidad/>
- Rey Sacristán, F. (2011). *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo* (1a ed.). FC EDITORIAL.
https://books.google.com.co/books?id=t05vRBKtkQcC&printsec=frontcover&dq=tpm&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=tpm&f=false
- Suzuki, T. (2006). *TPM en industrias de proceso* (2da Edición). https://kupdf.net/download/tpm-suzuki-libro-pdf_589dd91e6454a7d83ab1e8db_pdf. ISBN 8487022189
- White, G. (2010). *Introducción al Análisis de Vibraciones* (2da ed). ISBN 978-0982051740