

PROPUESTA DE DESARROLLO DEL MÉTODO ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (RCA) PARA
EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA HERRAMIENTA DE MANO DE
LA EMPRESA ALLIAN.S S.A.S

EDUARDO BERNAL DE WREDE

JOHN ALEXANDER LONDOÑO RAMÍREZ

UNIVERSIDAD ECCI
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ, COLOMBIA
2018

Resumen

Allian.s SAS es una empresa dedicada al mantenimiento y reparación de carrocerías de vehículos de transporte de pasajeros y de carga, bajo la modalidad contractual de “outsourcing” o “terceros” y a la fabricación de repuestos que son requeridos para la citada actividad y para atender a las innovaciones de los clientes.

Esta empresa es joven y sus socios son personas emprendedoras que cuentan con el conocimiento técnico para el desarrollo del objeto social. Sin embargo, se advierte en la presente investigación algunas carencias en las tareas gerenciales, específicamente en la de mantenimiento de los equipos indispensables (de mano asistida) para cumplir con su actividad principal.

De acuerdo con ello, se propone la implementación de un plan de mantenimiento que atendiendo la realidad económica de la empresa y la estrategia empresarial se considera necesario desarrollar bajo la metodología Análisis Causa Raíz (RCA) para las herramientas de mano asistidas eléctricas y neumáticas, siendo estas las indispensables para el desarrollo de su objeto social.

Contenido

1. Título	6
2. Problema de Investigación.....	6
2.1 Descripción del problema.....	6
2.2 Planteamiento del Problema.....	7
2.3 Sistematización del problema.....	7
3. Objetivo general	8
3.1 Objetivos específicos.....	8
4. Justificación y Delimitación	8
4.1 Justificación.....	8
4.2 Delimitación, alcance y limitaciones	9
5. Marco Conceptual.....	11
5.1 Estado del arte	11
5.1.1 Estado del arte local	11
5.1.2 Estado del arte nacional	13
5.1.3 Estado del arte internacional.....	15
5.2 Marco teórico	17
5.2.1 Mantenimiento	17
5.2.2 Inspecciones	17
5.2.3 Mantenimiento Correctivo	18

5.2.4	Mantenimiento Preventivo.....	18
5.2.5	Análisis de causa raíz (RCA). Pasos para la implementación	18
5.2.6	Herramientas de mano	21
5.2.7	Fallas de las herramientas de mano asistidas neumáticas.....	22
5.2.8	Fallas de las herramientas de mano asistidas eléctricas.....	23
5.3	Marco Histórico.....	23
6.	Marco Metodológico	24
6.1	Recolección de la información.....	24
6.1.1	Tipo de investigación.....	25
6.1.2	Fuentes de recolección de la información.....	25
6.1.3	Fuentes primarias	26
6.1.4	Fuentes secundarias	26
6.1.5	Herramientas a utilizar.....	26
6.1.6	Metodología	27
6.1.7	Información Recopilada.....	27
6.2	Análisis de la información.....	29
6.2.1	Criticidad (Matriz de equipos y herramientas críticas).....	30
6.3	Propuesta de solución.....	31
6.3.1	La descripción de los pasos se presenta a continuación:	32
6.3.1.1	Identificar los eventos más significativos	32

6.3.1.2	Preservar las evidencias de las fallas	33
6.3.2	Ordenar el Análisis	33
6.3.3	Construir el Árbol Lógico de Fallas.....	34
6.3.4	Documentar los resultados y las recomendaciones.....	35
6.3.5	Hacer seguimiento a los resultados.....	35
7.	Resultados Esperados	36
7.1	Cronograma.....	36
8.	Análisis financiero.....	38
8.1	RECURSOS FÍSICOS	44
8.2	Costos del trabajo y fuentes de financiación.....	44
8.3	PRESUPUESTO GLOBAL DE LA PROPUESTA.....	45
9.	Conclusiones.....	46
10.	Recomendaciones	47
11.	Bibliografía	48

1. Título

Propuesta de desarrollo del método Análisis Causa Raíz (RCA) para el plan de mantenimiento preventivo de la herramienta de mano de la empresa Allian.s S.A.S

2. Problema de Investigación

2.1 Descripción del problema

Allian.s es una empresa prestadora de servicios outsourcing “*in house*¹” para la reparación y mantenimiento de carrocerías de vehículos de transporte de pasajeros y de carga. Actualmente sus principales clientes son empresas del Sistema Integrado de Transporte Público SITP en la ciudad de Bogotá.

Para la prestación de tales servicios dispone de herramientas de mano como pulidoras, lijadoras neumáticas (roto orbitales), mototool, grapadoras y remachadoras, las cuales están expuestas a un ambiente agresivo derivado del contacto con polvo y residuos químicos que se originan con las distintas tareas que se ejecutan durante el mantenimiento a las carrocerías de los automotores y trabajos a la intemperie, entre otros, que genera detrimento en los equipos de manera que su vida útil se ve disminuida.

¹ Expresión empleada cuando el proveedor presta los servicios en el domicilio del cliente.

La empresa Allian.s entre sus políticas actuales implementan el método “*correr a falla*” RTF, que es una metodología aplicable cuando los equipos son de menor cuantía y pueden ser reemplazados de una forma sencilla, ágil y rápida.

Allian.s en la actualidad al estar falto de ciclos de mantenimiento o inspecciones a las herramientas y equipos, origina una baja confiabilidad en los procesos que requieren de las herramientas de mano asistidas provocando retrasos en la prestación de los servicios que impacta directamente las finanzas de la empresa.

2.2 Planteamiento del Problema

De acuerdo a la descripción del problema planteado se establece la pregunta problema ¿Cuál es la metodología adecuada para reducir los tiempos muertos ocasionados por las fallas de las herramientas de mano asistidas en una empresa de servicios de mantenimiento de carrocerías?

2.3 Sistematización del problema

¿Cuál es la estrategia de mantenimiento que se aplica actualmente en Allian.s S.A.S?

¿Qué metodologías existen para apoyar la toma de decisiones en cuanto al análisis de fallos en los activos a cargo de mantenimiento?

¿Es el análisis de causa raíz la herramienta más adecuada para establecer las causas de falla y las medidas a tomar para mitigar los fallos de las herramientas de mano en Allian.s S.A.S.?

3. Objetivo general

Reducir los tiempos muertos ocasionados por las fallas de las herramientas de mano asistidas en una empresa de servicios de mantenimiento de carrocerías.

3.1 Objetivos específicos

Identificar la estrategia de mantenimiento que se aplica actualmente en Allian.s S.A.S a partir de un diagnóstico de las actividades de mantenimiento en la organización.

Establecer las metodologías existentes que apoyan la toma de decisiones en cuanto al análisis de fallos en los activos de la organización.

Determinar las actividades a desarrollar para aplicar la herramienta RCA para establecer las causas de falla y las medidas a tomar que mitiguen los fallos de las herramientas de mano en Allian.s S.A.S.

4. Justificación y Delimitación

4.1 Justificación

En Colombia más del 90% de las empresas son identificadas como PYMES, esto quiere decir que cuentan con pocos recursos. Debido a la ausencia de políticas adecuadas de mantenimiento se conduce a las empresas a descuidar sus activos y en algunos casos hasta la quiebra. Muchas de las medianas y pequeñas empresas, PYMES, que dependen de las herramientas de mano asistidas se ven afectadas por las fallas previsibles de tales equipos que les causa un gran impacto

financiero por paradas de procesos, retrasos en las entregas, pérdida de credibilidad comercial y hasta multas por incumplimiento que comprometen seriamente su supervivencia en el mercado.

La implementación de procesos de mantenimiento genera valor al ser una ventaja competitiva frente a las empresas que desarrollen la misma actividad económica y permite que sea un inicio en los procesos de las certificaciones ISO futuras que a su vez permiten licitar en empresas – usualmente más grandes – que solicitan estos certificados para la contratación de servicios similares.

4.2 Delimitación, alcance y limitaciones

El alcance de este proyecto se centra en las herramientas de manos asistida tales como, pulidoras, taladros, mototool, grapadoras, remachadoras, lijadoras y todas aquellas que se clasifican por medio de dos grandes grupos según su fuente de energía en neumáticas y eléctricas. Se excluyen todas las herramientas cuya fuente de energía sea la hidráulica y las pirotécnicas. Más adelante en el documento se describen las herramientas que hacen parte del alcance de este proyecto, su fuente de energía y su uso en una empresa de servicio como Allian.s

La visión del proyecto es tecnológica y económica con base en conocimientos científicos. El alcance fundamental es utilizar las tecnologías y metodologías existentes para la solución práctica y económica de un problema de confiabilidad de equipos. Por ello en los momentos que sea necesario se prefieren las mejores prácticas del sector, que el cuidadoso análisis científico de la solución.

La implementación del proyecto es decisión libre y autónoma de la empresa. Ello constituye una limitación en el alcance del proyecto, el cual se extiende hasta la presentación de una metodología de mantenimiento preventivo basado en RCA para la reducción de tiempos muertos y mejora de la confiabilidad en las herramientas de mano. No obstante, el proyecto plantea implementar una solución y evaluar su resultado y una fase de acompañamiento, pruebas y medición en caso que la empresa decida implementarlo. El proyecto plantea entonces utilizar las metodologías del RCA para probar su eficiencia en esta empresa de servicios.

La metodología plantada en el proyecto se realizará en cada patio (cliente) en el que Allian.s SAS presta el servicio en la ciudad de Bogotá, o en el lugar que la empresa así lo determine. Esto incluye los permisos de ingreso a los patios en el área de mantenimiento de las empresas clientes de Allian.s SAS, quien será el facilitador de la gestión de estos permisos. La ausencia de los permisos o trámites supone una gran limitación para el proyecto y la información necesaria que sea imposible de recopilar, debido a la ausencia de permisos o trámites similares, se obtendrá por mecanismos estadísticos, consultas de bases de datos o estimaciones. Así mismo se requiere información financiera que puede llegar a ser confidencial o reservada de la empresa por lo tanto su ausencia se suplirá por medio de indicadores o valores tipo.

El proyecto excluye el tema de HSEQ y los impactos que puede producir el mal estado de los equipos o su incidencia.

5. Marco Conceptual.

Dentro del marco conceptual de este proyecto se presenta el estado del arte local, nacional e internacional seguido del marco teórico y el marco histórico. Estos ítems se presentan a continuación.

5.1 Estado del arte

El estado del arte presenta la tecnología punta y los últimos desarrollos en materia de metodología RCA para mantenimiento preventivo. Está dividido en tres subcapítulos que son el estado del arte local, nacional e internacional que se presentan a continuación:

5.1.1 Estado del arte local

“Análisis de causa raíz (RCA) para optimizar la confiabilidad de los activos informáticos de la previsorora s.a. compañía de seguros”, En el año 2012 los ingenieros Wilson Rincón Barbosa y Luis Hernando Sánchez Urrego presentaron a la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) la monografía Análisis de causa raíz (RCA) para optimizar la confiabilidad de los activos informáticos de la PREVISORA S.A. compañía de seguros, el trabajo presenta mediante la metodología de análisis de causa raíz (RCA) la reducción de accidentes y optimizando el plan de mantenimiento con la metodología mencionada anteriormente.

El trabajo muestra una metodología de análisis de causa raíz (RCA) para mejorar los planes de mantenimiento. (Barbosa & Sánchez Urrego, 2012)

“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para herramientas de corte de mármol”,

En el año 2012 los ingenieros Gabriel García Cifuentes y Rubén Darío Forero López presentaron a la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) la monografía Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para herramientas de corte de mármol, el trabajo elaborar un plan de mantenimiento a los equipos de la empresa, el cual no tenían implementado y mejoraron la confiabilidad de los equipos críticos para los procesos de producción.

El trabajo presenta una metodología para recopilar información confiable sobre la operación de los equipos, y con indicadores de gestión aporte en la toma de decisiones que sean de vital importancia para la organización, en especial lo inherente a la reposición de equipos. (García Cifuentes & Forero López, 2012)

“Propuesta de mejora para el mantenimiento de montacargas eléctricos de DISTOYOTA

SAS”, En el año 2018 los ingenieros Dina M. Gómez D. y Pedro J. Gutiérrez P. presentaron a la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) la monografía Propuesta de mejora para el mantenimiento de montacargas eléctricos de DISTOYOTA SAS, el trabajo elaborar un plan de mantenimiento empleando la metodología de mantenimiento predictivo en los montacargas.

El trabajo muestra una metodología de mantenimiento predictivo para realizar el diagnóstico a los montacargas y realizar una propuesta de mantenimientos a estos equipos. (Gómez D. & Gutiérrez P., 2018)

“Consultoría De La gestión de mantenimiento para la empresa GILPA Impresores S.A”,

En el año 2018 los ingenieros Erika Sánchez Sandoval y Daniel Augusto Correa presentaron a la

Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) la monografía Consultoría de la gestión de mantenimiento para la empresa Gilpa Impresores S.A, el trabajo presenta la identificación del problema, donde se evalúa la situación actual y el método que actualmente Gilpa Impresores aplica para la gestión de mantenimiento y genera un plan de acción en los equipos críticos.

El trabajo presenta una metodología para realizar la consultoría de la forma en que se realiza el mantenimiento dentro de la empresa e identificar cuáles son los planes de mejora dentro del plan de mantenimiento. (Sánchez Sandoval & Correa, 2018)

“Propuesta de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para una máquina granalladora”, En el año 2018 los ingenieros Edison Yesid Gonzalez Forero y Didier Reinaldo Moreno Ajiaco presentaron a la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) la monografía Propuesta de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para una máquina Granalladora, el trabajo presenta la propuesta de un programa de mantenimiento basado en confiabilidad para máquina granalladora de la empresa WDM METALES.

El trabajo presenta la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) para un equipo crítico en la empresa, esta metodología no muy compleja fácil de implementar con una variedad de herramientas enfocadas a un modo de falla específico. (Gonzalez Forero & Moreno Ajiaco, 2018)

5.1.2 Estado del arte nacional

“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa equipos técnicos de Colombia etecol sas”, En el año 2014 el ingeniero Miguel Ángel Díaz González presentó a la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) la monografía Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa equipos técnicos de Colombia ETECOL SAS, el trabajo presenta el diseño del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa. (Díaz González, 2014)

“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel”, En el año 2014 los ingenieros Rafael David Ángel Gasca y Héctor Mauricio Olaya Vargas presentaron a la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) la monografía Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa AGROANGEL, el trabajo presenta el diseño del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa. (Ángel Gasca & Olaya Vargas, 2014)

“Plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los bancos de prueba (motor-generador DC, motores monofásicos) del laboratorio de ingeniería eléctrica”, En el año 2002 los ingenieros Carlos Enrique Gual Pedrozo y Carlos Alberto Mora Montiel presentaron a la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar la monografía Plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los bancos de prueba (motor-generador DC, motores monofásicos) del laboratorio de ingeniería eléctrica, el trabajo presenta el plan de mantenimiento de los equipos del laboratorio de la institución, aplicando diferentes metodologías de mantenimiento. (Gual Pedrozo & Mora Montiel, 2002)

“Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.”, En el año 2004 el ingeniero Gabriel Antuán Sierra Álvarez presentó a la Universidad

Industrial de Santander (UIS) la monografía Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica INDUSTRIAS AVM S.A., el trabajo describe la elaboración e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos críticos que intervienen en el proceso de producción de la empresa. (Sierra Álvarez, 2004)

“Plan de mantenimiento mecánico preventivo de los compresores de aire sullair 4510/a de la planta picure del conjunto generador "Josefa Joaquina Sánchez Bastidas" de la corporación eléctrica nacional”, En el año 2013 el ingeniero Héctor José Lunar Itanare presentó a la Universidad Simón Bolívar la monografía plan de mantenimiento mecánico preventivo de los compresores de aire SULLAIR 4510/A de la planta picure del conjunto generador "Josefa Joaquina Sánchez Bastidas" de la corporación eléctrica nacional, el trabajo presenta el diseño del plan de mantenimiento para los equipos compresores que son críticos para la operación del conjunto generador. (Lunar Itanare, 2013)

5.1.3 Estado del arte internacional

“Mantenimiento de equipos y maquinaria de los talleres de la fundación proyecto salesiano chicos de la calle-Taller Escuela San Patricio (TESPA)”, En el año 2006 el ingeniero Pablo Ron presentó a la Universidad Tecnológica Indoamérica sede Quito-Ecuador la monografía Mantenimiento de equipos y maquinaria de los talleres de la fundación proyecto salesiano chicos de la calle-taller escuela san patricio (TESPA), el trabajo presenta el plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinarias del taller de mecánica industrial de los talleres de la fundación PROYECTO SALESIANO CHICOS DE LA CALLE. (Ron, 2006)

“Elaboración de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad caso línea seis de PEPSICO alimentos S.C.A.”, En el año 2016 el ingeniero Fabián Eduardo Bravo Hernández presentó a la Universidad Central de Venezuela la monografía Elaboración de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad caso línea seis de PEPSICO alimentos S.C.A., el trabajo presenta el análisis de equipos críticos para la empresa, se realizó un análisis de los modos y efectos de falla, con el análisis anteriormente descrito se describen cuáles son las causas y las consecuencias que generan las fallas funcionales y se procede a generar el plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para los equipos de a empresa. (Bravo Hernández, 2016)

“Diseño e implementación de un plan de mantenimiento en una empresa metalmecánica”, En el año 2013 los ingenieros Alex Andy Inostroza Pérez y Raúl Alberto Santander Silva presentaron a la Universidad Bio-Bio de Chile la monografía Diseño e implementación de un plan de mantenimiento en una empresa metalmecánica, el trabajo presenta el diseño del plan de mantenimiento de los equipos críticos para el proceso de producción de la empresa mejorando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. (Inostroza Pérez & Santander Silva, 2013)

“Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la industria de café quetzal”, En el año 2009 el ingeniero Harry Allan Roberto Cantoral Veras presenta a la Universidad de San Carlos de Guatemala la monografía Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la industria de café quetzal, el trabajo presenta un análisis de fortalezas, debilidades y oportunidades del plan de mantenimiento que se tenía y con base a este análisis se propone un plan de mantenimiento acorde a las necesidades de la empresa. (Cantoral Veras, 2009)

“Diagnóstico y diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo de la planta de lácteos de Zamorano”, En el año 2002 el ingeniero José Felipe Ramos Ruiz presenta a la Universidad Zamorano de Honduras la monografía Diagnóstico y diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo de la planta de lácteos de Zamorano, el trabajo presenta diseño del plan de mantenimiento preventivo e inventario mínimo de repuestos para los equipos necesarios y críticos para la producción de productos lácteos.
(Ramos Ruiz, 2002)

5.2 Marco teórico

El presente trabajo desde el punto de vista teórico se soporta en los conceptos generales de mantenimiento, análisis causa raíz (RCA) y en el análisis de fallas de las herramientas de mano asistidas.

Para lograr el objetivo se describen las siguientes metodologías de mantenimiento.

5.2.1 Mantenimiento

Acciones que tienen como objetivo preservar los equipos y las herramientas para que puedan cumplir las funciones requeridas, incluyendo las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

5.2.2 Inspecciones

Es aquel que realiza el usuario del equipo, en inspeccionar, limpiar, lubricar y llevar el buen manejo de su herramienta de trabajo. Esta persona debe conocer el funcionamiento de su equipo para evitar que se ocasione daño a esta.

5.2.3 Mantenimiento Correctivo

Es aquel que corrige los defectos observados en los equipos o instalaciones, consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

5.2.4 Mantenimiento Preventivo

Es el que efectúa ajustes parciales que generalmente es necesario realizar a distintos intervalos de tiempo, para corregir fallas o prevenir daños mayores derivados del desgaste por su tiempo de uso, efectos del clima o la intensidad de su operación. Este se lleva a cabo antes de que el bien deje de desarrollar eficientemente las funciones para las cuales fue diseñado y puede implicar costos significativos al reponer parcialmente el bien. Esta actividad se caracteriza por estar dentro de las asignaciones presupuestales.

5.2.5 Análisis de causa raíz (RCA). Pasos para la implementación

En gerencia de mantenimiento, este método estructurado de análisis es empleado para la solución efectiva de problemas que se pueden presentar en el desarrollo de la actividad principal de una empresa. A través del mismo se evalúa toda la cadena de hechos hasta identificar las causas raíces y en ese marco, se establecen soluciones efectivas para eliminar o mitigar el impacto de dichos problemas. Puede decirse que es una técnica de análisis que permite aprender de los problemas, identificando las causas para evitar que se repitan.

El RCA es implementado cuando se requiere encontrar soluciones a problemas esporádicos y crónicos de alto impacto en procesos y en equipos cuando no se les hace mantenimiento o este es deficiente o incompleto.

El análisis de Causa Raíz es un proceso de deducciones lógicas que permite graficar las relaciones causa-efecto que nos conducen a descubrir el evento indeseable o causa raíz, preguntándonos ¿cómo? es la forma que puede ocurrir una falla y ¿por qué? o cuáles son las causas de la misma.

Cuando ocurre una falla en un equipo es posible percibirla a través de ciertas manifestaciones o síntomas, sin embargo, las causas que la provocaron no, lo que conlleva en muchas oportunidades a que sobre las consecuencias y no sobre la raíz del problema, de modo que aumenta la probabilidad que se repita una y otra vez.

Esta metodología se apoya por otros sistemas de análisis que permiten mayor profundidad en algunos casos, tales como: (a) Análisis de falla de componentes (CFA), la cual implica el estudio de las piezas dañadas y (b) Investigación de Causa de Raíz (RCI), ésta herramienta incluye a la anterior, e investiga las causas físicas.

Ahora bien, es preciso mencionar que para realizar el Análisis de Causa Raíz (RCA) de manera más profunda, se debe ir más allá del estudio de los componentes físicos de la falla o raíces físicas y, por lo tanto, es necesario analizar causas humanas o raíces humanas que desataron la cadena causa-efecto, lo cual implica un estudio sobre la forma en que fue operada la máquina para determinar si las fallas obedecen a procedimientos incorrectos, a especificaciones

equivocadas o a falta de capacitación, lo cual puede evidenciar otras causas que van más allá de los componentes físicos, que de no corregirse, pueden hacer que la falla se repita.

El Análisis de Causa Raíz (RCA) tiene distintas aplicaciones:

- Análisis de Fallas, para encontrar y eliminar fallas recurrentes de equipos o procesos críticos, lo cual es una aplicación Proactiva.
- Análisis de errores humanos, en el proceso de diseño y aplicación de procedimiento.
- Análisis de accidentes e incidentes, en sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SySO).

Cuando se decide implementar esta metodología para superar problemas en el mantenimiento de los equipos es necesario tener en cuenta que los hechos deben respaldarse mediante observación directa, documentación y deducciones científicas.

Cuáles son sus beneficios: Eliminación de defectos, confiabilidad e integridad de activos, optimización del volumen del trabajo y máxima eficiencia en la ejecución.

Los pasos en la implementación del RCA son:

1. Definición o identificación del problema. Es la etapa más delicada pues definirá bajo parámetros que dispongamos si el problema es físico, humano o latente
2. Análisis del problema.
 - a. Recolección datos de falla. Datos de los formatos establecidos bajo las reglas de su diligenciamiento

- b. Orden del análisis. Ejecutado por el equipo encargado de realizar el análisis.
 - c. Análisis de datos. Darles sentido práctico a los datos recolectados.
3. Identificación de soluciones efectivas. Resultados del análisis de fondo de la información y es el resultado de soluciones prácticas posibles y de implementación
 4. Implementación de soluciones. Acción de las correcciones propuestas, bajo el plan de seguimiento y las recomendaciones sugeridas.

Se utilizan gran variedad de técnicas y su selección depende del tipo de problema, datos disponibles, análisis causa-efecto, árbol de fallo, diagrama de espina de pescado.

Finalmente resulta importante destacar los beneficios de la aplicación de ésta poderosa herramienta los cuales se consolidan de la siguiente manera (Altmann, 2006):

- Reducción del número de incidentes o fallas
- Aumento de la Confiabilidad y Seguridad
- Disminución de los costos de Mantenimiento
- Aumento de la Eficiencia y la Productividad

5.2.6 Herramientas de mano

Son elementos, componentes y/o sistemas especializados que constituyen una ayuda para la ejecución de alguna tarea que con las manos directamente no se podrían hacer (lijar, pulir, soldar, cortar, remachar). Están hechas de diversos materiales dependiendo de los materiales con los que vaya a tener contacto (blandos, duros, flexibles, rígidos etc.). Estos elementos fueron diseñados para minimizar el esfuerzo físico y disminuir el tiempo en el trabajo.

Dentro de ese grupo se encuentran las herramientas de mano asistidas, las cuales son aún más eficientes. Son utilizadas para tareas industriales repetitivas de gran esfuerzo y que mejoran los tiempos de trabajo, minimizando el esfuerzo físico y mental. Las mismas pueden tener distintas fuentes de energía como son la eléctrica, neumática, hidráulica y pirotécnica. Pueden nombrarse como ejemplos de estos equipos: la pulidora, el taladro, la remachadora, el mototool, la lijadora y la grapadora.

Existen muchos documentos relacionados con este tema del mantenimiento de la herramienta de mano asistida o portátiles alimentadas como también se les llama, sin embargo, varía la periodicidad de las inspecciones según el entorno de trabajo y el tiempo de uso de cada elemento. Los fabricantes de cada equipo tienen sus propias sugerencias para cada herramienta por tipología y fuente de energía.

Generalmente las herramientas de mano asistida presentan un bajo costo relacionado con los aportes que hace en retorno de la inversión, a tal punto que la falla ocasiona darlo de baja o desecharlo y cambiarlo por uno nuevo pues su reparación es muy costosa.

Ahora bien, existen algunos equipos respecto de los cuales el costo de compra es muy alto y contar con la posibilidad de repararlo es necesaria para garantizar el retorno de inversión. Para aquellos se propone realizar inspecciones, limpiezas y cambios de algunos componentes mínimos que lograrían aumentar la vida útil de cada herramienta.

5.2.7 Fallas de las herramientas de mano asistidas neumáticas

Generalmente las fallas encontradas en este tipo de herramientas se presentan en los siguientes componentes de movimiento expuestos a desgaste: los switch o control de encendido y apagado, rodamientos, el mecanismo del motor neumático, conectores, reductores, acoples, platos lijado etc. cada componente tiene una vida útil que debe ser determinada y valorada dentro del costo beneficio de su reparación.

5.2.8 Fallas de las herramientas de mano asistidas eléctricas

Los componentes de desgaste tenidos en cuenta para las herramientas eléctricas son las erosionadas por fricción en su mayoría como las escobillas, rodamientos, buril, switch de encendido o de cambio de modo como sus principales para tener presente y cada uno de ellos tiene una vida útil diferente en el tiempo.

5.3 Marco Histórico

Los socios de Allian.s S.A.S. son dos emprendedores quienes decidieron independizarse después de trabajar como técnicos en empresas dedicadas al mantenimiento de carrocerías. En el año de 2016 en el mes de marzo, se creó la razón social en donde los roles se dividieron en un representante legal y un gerente técnico, quienes se dedicaron al proceso administrativo y operativo en la compañía respectivamente. Allian.s SAS fue creciendo y ampliando su participación en la prestación de servicios a empresas dedicadas al transporte masivo de pasajeros en el sistema Transmilenio S.A de la ciudad de Bogotá. Actualmente, presta servicios en 4 patios de diferentes empresas con un personal a cargo especializado y activos que fueron adquiridos para la mejor prestación del servicio. Su visión es la de ampliar su participación y diversificar a otras flotas de transporte de carga y línea amarilla con la creación de divisiones

especializadas para cada segmento. Allian.s S.A.S también cuenta con un proyecto de metalmecánica que desea madurar y generar otra alternativa dentro de sus proyectos futuros.

Debido a su rápido crecimiento enfocado en la atención al cliente y al día a día de la empresa, se les dio baja prioridad a las tareas de mantenimiento y sistemas de gestión de activos prefiriendo el modo *run-to-fail* como metodología de gestión de las herramientas.

Con el propósito de contribuir al sano desarrollo de la empresa, sus propietarios contactaron a los autores de este trabajo para incluir en su matriz de actividades las relacionadas con técnicas más eficientes de gestión de activos enfocados en el mantenimiento de las herramientas de mano que dio origen a este trabajo.

6. Marco Metodológico

En este capítulo se presenta una metodología con la secuencia de pasos que permiten desarrollar los objetivos descritos anteriormente.

Por tratarse de procedimiento de mantenimiento preventivo los pasos que se consideran necesarias son la recolección de la información, su análisis y la elaboración de la propuesta de solución. Finalmente es necesario realizar un análisis y obtener unas conclusiones del trabajo.

6.1 Recolección de la información

En esta etapa se acumula toda la información relativa a las herramientas de mano, su uso, la criticidad de las fallas, las fallas en el tiempo, los costos del RTF, etc., que sean requeridos para la elaboración de un mantenimiento preventivo basado en la metodología RCA para herramientas

de mano asistidas en una empresa de servicios de mantenimiento para carrocerías de empresas de transporte.

La presentación de la metodología sigue los lineamientos técnicos establecidos para trabajos de tipo tesis de grado que incluye una descripción ms detallada de las características de la Recolección de la información que se presentan en los siguientes capítulos y sub capítulos.

6.1.1 Tipo de investigación

Para definir la metodología que se aplicaría al presente trabajo se efectuó un estudio sobre esa materia apoyándose principalmente en las enseñanzas de la materia *gerencia de mantenimiento* cursada en el programa de especialización de gerencia de mantenimiento.

Este trabajo presentará tres características del tipo de investigación documental, experimental y descriptiva; documental debido a que se analiza la información recolectada en campo y preparada con la literatura existente sobre el tema; experimental por que se desarrolla en el campo con los puntos a verificar determinados y descriptiva debido a que se reseñarán rasgos, cualidades o atributos de la aplicación de una metodología de mantenimiento. Con la información documental, experimental y descriptiva a recopilar en el proyecto se proponen unas medidas de acción y el plan de mantenimiento para los equipos de la empresa.

6.1.2 Fuentes de recolección de la información

Estos datos son divididos en dos grupos que son: fuentes primarias y fuentes secundarias los cuales se mostrarán a continuación.

6.1.3 Fuentes primarias

En la presente propuesta las fuentes primarias de información son los operarios y todo personal operativo de la empresa Allian.s SAS como: técnicos y auxiliares de carrocería (pintores, latoneros, fibrereros, alistadores, soldadores) y por supuesto la gerencia de la empresa quien facilitará lo necesario y que pueda ser público.

6.1.4 Fuentes secundarias

Como fuentes secundarias para el trabajo de investigación se consultarán distintas monografías que abordan temáticas relativas al mantenimiento de herramientas de mano asistidas, también manuales de mantenimiento de los fabricantes.

6.1.5 Herramientas a utilizar

Se empleará una técnica de muestreo en sus tres fases, medición, experimentación y documentación como base para el desarrollo de la herramienta Análisis Causa Raíz (RCA) basados en los principios del método científico para el desarrollo y puesta en marcha de esta propuesta.

A través de formatos como la hoja de vida de equipo o el histórico de mantenimiento, se recolectará la información de cada una de las herramientas de mano asistida que conforman el activo de la empresa identificando las especificaciones técnicas y determinando si se ha realizado alguna clase de mantenimiento.

6.1.6 Metodología

La metodología tiene tres fases: la primera es la recolección de la información, la segunda es el análisis de la información y la tercera es la implementación del mantenimiento preventivo con el método del Análisis Causa Raíz RCA.

Para dar solución al objetivo No 1 “Identificar la estrategia de mantenimiento que se aplica actualmente en Allian.s S.A.S a partir de un diagnóstico de las actividades de mantenimiento en la organización”,

Para la recolección de a información se tienen planeado utilizar los formatos de datos que se llenarán por medio de entrevistas y los datos que se obtendrán resultado de la elaboración y diligenciamiento de los formatos servirán de insumo para un análisis de Pareto o un DOFA que permitirán cuantificar su relevancia. El proceso es reiterativo con filtrado para lograr la correlación entre fallas y confiabilidad a fin de centrar los esfuerzos en los equipos que impactan en las paradas de proceso y sus consecuencias financieras.

6.1.7 Información Recopilada

Resultado de la búsqueda de la información se encuentra la ausencia de un área y plan de mantenimiento que ejecute ordenes de trabajo o se deje histórico de actividades realizadas en el mantenimiento de las herramientas de mano asistidas y también se evidencia la falta de identificación de las mismas.

Así, las herramientas que se eligieron para desarrollar el presente trabajo son las siguientes:

A. Eléctricos.

Estas herramientas se caracterizan por estar impulsadas por actuadores operados con energía eléctrica, ya sea AC o DC. Las más relevantes son las siguientes:

- Pulidoras. Se tienen 3 activas. Son herramientas construidas para pulir o cortar diferentes materiales dependiendo del disco (consumible) a utilizar. Estas herramientas dan un acabado rústico o grueso siendo muy prácticas en procesos iniciales de gran esfuerzo físico. Allian.s SAS utiliza estos equipos en los procesos de corte de estructuras metálicas o fibra de vidrio y pulimento de estas superficies para procesos posteriores como soldaduras o uniones estructurales de chasis o carrocería.
- Taladros. Se tienen 3 activos. Son herramientas encargadas de abrir huecos con diámetros específicos en las superficies con brocas con diámetros calibrados (consumibles) para su posterior unión temporal con tornillos y remaches o permanentes como la soldadura. Allian.s. SAS también los usa como destornilladores eléctricos utilizando los tornillos auto-perforantes disminuyendo tiempos en los procesos de armados o sujeción de dos o más elementos. Se caracterizan por ser herramientas de operación AC por cable.
- Mototool. Se encuentran 3 activos. Esta herramienta se utiliza para acabados finos en los procesos que no puede realizar un taladro o una pulidora para acabados de superficies previo proceso de pintura dando una terminación de alta calidad y precisión. Se utilizan especialmente en superficies curvas o cilíndricas.

B. Neumáticas.

Estas herramientas se caracterizan por estar impulsadas por aire comprimido. Se caracterizan por requerir una línea de aire aprovisionada por un compresor o botellas de aire comprimido portátiles. Las más representativas son las siguientes:

- Remachadoras. Se encuentran 3 activos. Estas herramientas son usadas para la unión de dos o más elementos por medio de los remaches (consumibles) de forma no permanente. Allian.s SAS utiliza esta herramienta para la unión de pasamanos con las terminales (puños) que dan la firmeza a esta estructura de seguridad interna a los pasajeros sin que generen terminaciones o aristas que hieran a los usuarios del servicio de transporte. También los usa para la unión de partes de fibra con lámina o diferentes materiales para dar firmeza a las estructuras en reparación que no pueden ser unidas por medio de tornillos.
- Lijadoras (roto orbital). Se encuentran 8 activos. Esta herramienta es usada para pulir superficies en la fase final del proceso de pulido dando acabados finos que una pulidora o un mototool no puede realizar. Allian.s SAS los utiliza como pulidoras de lámina y/o fibra de vidrio en las fases de terminación y acabado previo alistamiento a la fase de pintura.
- Grapadoras. Se encuentran 2 activas. Esta herramienta es usada para realizar la unión de diferentes materiales por medio de grapas (consumibles) que son omegas de metal muy parecidas a las usadas para unir papel en una oficina. Allian.s SAS los usa como proceso de unión de empaquetaduras de caucho a una base metálica o de madera que lo fija a éste de una forma más firme que un pegante o solución epóxica.

6.2 Análisis de la información

Con la información anteriormente recolectada se creó la siguiente tabla resumen en la que se relacionan las herramientas de mano empleadas, el tipo de alimentación y se genera una codificación de las herramientas:

Allian.s S.A.S		INVENTARIO DE HERRAMIENTA		
		BOGOTA	FECHA	1/07/2018
ITEM	No CONSECUTIVO	DESCRIPCIÓN	FUENTE	
			ELECTRICA	NEUMATICA
1	#E001	Pulidora Dewalt	X	
2	#E002	Pulidora Dewalt	X	
3	#E003	Pulidora Bosch	X	
4	#E004	Taladro Dewalt	X	
5	#E005	Taladro Dewalt	X	
6	#E006	Taladro black&Decker	X	
7	#E007	Taladro Standley	X	
8	#E008	Taladro Standley	X	
9	#E009	Taladro Standley	X	
10	#N001	Rotoorbital AT-980-5		X
11	#N002	Rotoorbital AT-980-5		X
12	#N003	Rotoorbital AT-980-5		X
13	#N004	Rotoorbital AT-980-5		X
14	#N005	Rotoorbital AT-980-5		X
15	#N006	Rotoorbital AT-980-5		X
16	#N007	Rotoorbital AT-980-5		X
17	#N008	Rotoorbital AT-980-5		X
18	#E010	Mototool Uberman	X	
19	#E011	Mototool Uberman	X	
20	#E012	Mototool Uberman	X	
21	#N009	Grapadora Neumatica		X
22	#N010	Grapadora Neumatica		X
23	#N011	Remachadora 8010		X
24	#N012	Remachadora 8010		X
25	#N013	Remachadora 8010		X

Fecha Actualización: 01/07/2018	Version: 1.0
---------------------------------	--------------

PARAMETROS DE CONTROL	
Responsable de la Diligencia en el uso:	coordinador de equipo operativo
Responsable del Almacenamiento:	coordinador de equipo operativo
Medio de conservación:	Físico
Protección:	Acceso restringido al archivo del proceso
Almacenamiento y recuperación:	Archivo del proceso JAZ
Tiempo de retención:	1 año
Disposición:	Eliminación

(Fuente, los autores 2018)

6.2.1 Criticidad (Matriz de equipos y herramientas críticas)

En esta fase se determinará la relevancia que tienen los equipos para el proceso y finanzas de la compañía en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

Con la información recopilada anteriormente se realizarán análisis de criticidad utilizando el formato que se muestra a continuación para determinar los equipos que más impactan la confiabilidad del proceso. Con los formatos a diseñar se generará la primera base de información.

PROBABILIDAD	PROBABILIDAD										CONSECUENCIAS									
											CATEGORIA	INTERPRETACION	CATEGORIA	TIEMPO DE REPARACION	COSTO	SEGURIDAD Y AMBIENTE				
	4	M	M	M	A	A	A	A	A	A	A	4	Es probable que ocurran > 6 fallas, incidentes o rupturas en un periodo < a 4 meses	4	> 30 días	Mayor a 500 mil	Daño irreparable, cambio de equipo, productividad detenida. Daños superiores a 500 mil			
3	B	B	M	M	M	M	A	A	A	A	3	Es probable que ocurran > 4 fallas o ≤ 6, incidentes o derrames en un periodo ≥ a 4 meses y ≤ a 10 meses	3	> 20 días ≤ 30 días	≤ 500 mil y > 300 mil	Daños al equipo recuperable sin repuesto, requiere cesación laboral, Daños > 300 mil y ≤ 500 mil				
2	B	B	B	B	M	M	M	M	M	M	2	Es probable que ocurran > 1 fallas o ≤ 4, incidentes o derrames en un periodo ≥ a 10 meses y < a 12 meses	2	> a 10 días y ≤ 20 días	≤ 300 mil y > 200 mil	El equipo es reparable, se tiene repuesto, seccion de actividad menor a 20 minutos, Daños > 200 mil y ≤ 3 mil				
1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	1	Es poco probable que ocurran fallas, incidentes o rupturas en un periodo > a 12 meses	1	≤ 10 días	hasta 200 mil	Sin impacto en los equipos, Daños ≤ 200 mil				
0	4	5	6	7	8	9	10	11	12		CONSECUENCIA									

(Fuente, los autores 2018)

6.3 Propuesta de solución

Esta fase consiste en la aplicación de la metodología Análisis Causa Raíz la cual describe a continuación.

Como procedimiento preliminar se siguen los pasos tradicionales de la implementación del RCA disponibles en la literatura sobre el tema. Con la guía sugerida en el documento (Palencia García, 2005), se presenta a continuación los pasos para implementar el RCA en mantenimiento preventivo para las herramientas de mano de la empresa Allian.s, objeto de este proyecto. Los pasos a seguir se listan a continuación:

- Paso 1: Identificar los eventos más significativos
- Paso 2: Preservar las evidencias de las fallas

- Paso 3: Ordenar el Análisis
- Paso 4: Construir el Árbol Lógico de Fallas
 - Describir el evento de falla
 - Describir los modos de falla
 - Hacer una lista de las causas potenciales de falla y verificarlas
 - Determinar y verificar las causas raíz físicas
 - Determinar y verificar las causas raíz humanas
 - Determinar y verificar las causas raíz del sistema (latentes).
- Paso 5: Documentar los resultados y las recomendaciones
- Paso 6: Hacer seguimiento a los resultados

6.3.1 La descripción de los pasos se presenta a continuación:

6.3.1.1 Identificar los eventos más significativos

A partir de la información recolectada y analizada anteriormente, se definen las fallas y se calculan las pérdidas debido a las fallas ocurridas. El objetivo es determinar cuáles son los eventos y fallas más importantes. Esta información se utiliza para analizar los costos de las fallas en una instalación y clasificar los problemas encontrados en orden de importancia económica.

Lo primero que se debe hacer es identificar los problemas específicos que dan el mejor retorno a la inversión. Hay dos tipos de problemas básicos: esporádicos y crónicos. Los problemas o eventos esporádicos son aquellos que causan una cantidad considerable de casos cuando aparecen. Los problemas o eventos crónicos por otro lado, ocurren una y otra vez, y por las mismas razones aparentes.

Con la ayuda del análisis de Pareto se determinarán el 20% de las fallas que tienen el 80% del impacto en el proceso.

6.3.1.2 Preservar las evidencias de las fallas

Con la información recolectada se debe crear un base de datos almacenada como series de tiempo que permitan identificar la criticidad de las fallas, su impacto y cuál de ellas es esporádica o crónica y el costo en los procesos de la empresa.

6.3.2 Ordenar el Análisis

Crear una jerarquía para análisis y toma de decisiones con definición de roles. Con el apoyo de las recomendaciones ISO, el equipo RCA, por lo regular, debería incluir:

- El facilitador que dirige el proceso *
- Un operador familiarizado con el proceso operativo
- Un técnico de mantenimiento (en equipos mecánicos, eléctricos, o de instrumentación) *
- Un supervisor de primera línea *
- Un ingeniero (mecánico, eléctrico, químico, o de otra especialidad)

Dependiendo de los recursos humanos algunas funciones se pueden agrupar, sin embargo, las responsabilidades mínimas que deberían tener el equipo de trabajo son las del Facilitador, Supervisor y el Técnico de mantenimiento.

6.3.3 Construir el Árbol Lógico de Fallas

El análisis debe continuar con la construcción estructurada del árbol lógico de fallas con niveles de causa y efecto. El árbol lógico tratará estrictamente con datos reales y utilizará la lógica deductiva para trabajar sistemáticamente a través del problema, para llegar a la causa raíz real.

Los pasos para construir un “árbol lógico de fallas” en la aplicación de un proceso RCA, que se muestran en la Figura a continuación:

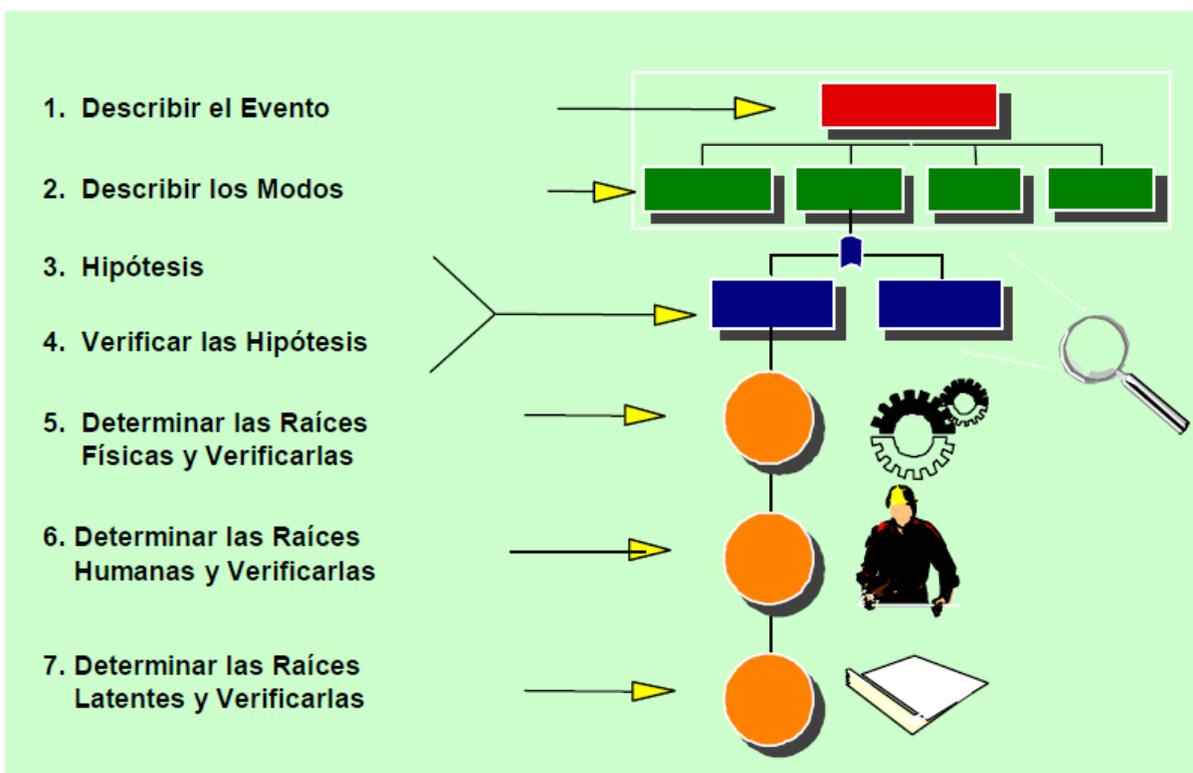


Figura. Árbol Lógico de Fallas

- Describir el evento de falla
- Describir los modos de falla
- Hacer una lista de las causas potenciales de falla y verificarlas
- Determinar y verificar las causas raíz físicas
- Determinar y verificar las causas raíz humanas
- Determinar y verificar las causas raíz del sistema (latentes).

Durante el desarrollo de este paso lo más importante es la elaboración de las hipótesis que explican cómo pudieron haber ocurrido las fallas por medio de la aplicación de la lógica deductiva y su análisis para finalmente llegar a las causas raíz correctas.

6.3.4 Documentar los resultados y las recomendaciones

Es necesario documentar todos los hallazgos encontrados durante en desarrollo de la implementación del RCA para el mantenimiento de herramientas de mano asistidas en un formato adecuado para su presentación a la gerencia, su análisis y su toma de decisiones al respecto.

6.3.5 Hacer seguimiento a los resultados

Siguiendo las instrucciones de las recomendaciones ISO en la aplicación del modelo PHVA se plantea hacer seguimiento a los resultados lo cual es de libre decisión de la empresa. No obstante, se plantea como un paso a seguir en este proyecto.

7. Resultados Esperados

Además del logro de los objetivos propuestos anteriormente el proyecto espera obtener una generalización de las fallas más comunes de las herramientas de mano asistidas neumáticas y eléctricas como un aporte global al conocimiento empresarial del país. Por otro lado, la implementación del método RCA para mantenimiento preventivo en una empresa de servicios de mantenimiento para carrocerías espera lograr una transferencia del conocimiento de la gestión empresarial para acercar la empresa a estándares de calidad internacional.

El principal resultado del proyecto es el mejoramiento en la confiabilidad de las herramientas de mano asistidas eléctricas y neumáticas de una empresa de servicios de mantenimiento para carrocerías y de esta manera también lograr un impacto positivo en las finanzas de la empresa con una reducción de pérdidas causadas por las paradas de proceso debido a la falta de mantenimiento preventivo. Esto se constituye en el principal resultado dentro del proyecto.

7.1 Cronograma

En caso de que la propuesta sea aceptada por los socios de la empresa la implementación de la propuesta se llevaría a cabo conforme al siguiente cronograma:

CRONOGRAMA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO ALLIAN S SAS																									
ACTIVIDADES	SEMANAS																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
PLAN DE INVESTIGACIÓN	■	■																							
DISEÑO DEL PROYECTO		■	■																						
FUENTES PRIMARIAS				■																					
FUENTES SECUNDARIAS				■																					
TABULACION DE DATOS					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
REVISION DOCUMENTAL													■	■											
CLASIFICACIÓN DE MATERIAL														■	■	■									
INTERPRETACION DE LA INFORMACION																	■	■	■	■					
DIGITACION																				■	■	■			
PRESENTACION																							■	■	■

(Fuente, los autores 2018)

Con la información recolectada se pretenden alcanzar los siguientes resultados:

- La disponibilidad de las herramientas de mano asistida aumenta debido a los controles propuestos.
- Al mantener las hojas de vida de las herramientas de mano asistidas se podrán realizar los ajustes al plan de mantenimiento y mantener un stock mínimo de repuestos críticos.
- Con la implementación de la propuesta se reducirían los tiempos muertos de los operarios por no tener alguna herramienta de mano, lo cual no permitirá cumplir con las actividades que se debe cumplir ante el cliente.
- De esta manera lograr la meta de la mejora de la confiabilidad de los equipos como prioridad respondiendo a la primera necesidad de la empresa en solucionar los tiempos muertos por fallas que generen retrasos en la entrega de los trabajos.

8. Análisis financiero

Por tratarse de un proyecto de mantenimiento orientado a la confiabilidad, los ingresos de la actividad se reflejan en los costos que la empresa deja de incurrir al contar con la herramienta siempre disponible.

Para todos los cálculos que se presentan a continuación que son valores estimados basados en indicadores, experiencia y se consideran que todos los costos son lineales, que la operación es lineal, que los costos son uniformes y equitativamente distribuidos.

La empresa factura aproximadamente \$65'000.000 mensuales de todos los clientes (cuatro). De estos ingresos, los costos representan aproximadamente \$35'000.000. Así la utilidad de la empresa está alrededor de \$30'000.000 mensuales. Las actividades de la empresa están divididas en cuatro clientes.

Entonces cada operación (patio) le aporta a la empresa \$540.000 diarios y cada operación requiere 5 herramientas de mano asistidas. Así, cada herramienta aporta \$108.000 al proceso de cada patio.

Una falla de herramienta implica la parada de todo el proceso, por tanto, el costo de indisponibilidad de una herramienta es de \$540.000 y cada falla implica un día de parada.

Aunque falta recolectar información detallada de la empresa, lo cual es un procedimiento incluido dentro de este proyecto, se estima una cantidad promedio de 4 fallas al mes por cada

cliente y cada falla cuesta \$540.000 para un total de \$2'160.000, mensuales por patio y en total \$8'600.000 para toda la empresa.

Con esta información, de corte preliminar – sujeta a revisión – se evalúa el impacto financiero que tendría la implementación de un mantenimiento preventivo por medio de RCA para las herramientas de mano asistidas. Para ello se realiza primero un análisis financiero con valores estimados. Los datos preliminares son:

Parámetros actuales estimados de la empresa

- Año de Comienzo: 2019
- Mes de Comienzo: 1
- Períodos a Calcular: (cantidad de meses) 6
- Tasa de Descuento (% mensual): 10.0 (La Tasa de Descuento se define como el interés que se hubiera ganado de haber invertido en la mejor inversión alternativa.)
- Tasa de Reinversión (% mensual): 10.0 (Es la tasa a la que se supone se podrán reinvertir los excedentes de cada período.)
- Valor Residual del Proyecto: 0

Este flujo de caja contempla como inversiones únicamente el capital de trabajo para empezar las operaciones sin costos asociados a mantenimiento o similares. Los costos totales del mantenimiento, las fallas producidas por la herramienta y los impactos financieros o similares se tratan como un costo variable de la operación.

Con estos valores es viable construir el flujo de caja estimado de la empresa para seis meses de operación. Los resultados se presentan a continuación:

	Mes 0	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06
+ Ingresos	\$ -	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000
- Costos Fijos	\$ -	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000
- Costos Variables	\$ -	-\$ 16.000.000	-\$ 16.000.000	-\$ 16.000.000	-\$ 16.000.000	-\$ 16.000.000	-\$ 16.000.000
- Amortizaciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Flujo Caja antes de Impuestos	0	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000
- Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Flujo Caja después de Impuestos	0	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000
+ Amortizaciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
- Inversiones	-\$ 20.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+ Valor Residual del Proyecto	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Flujo de Caja Neto	-\$ 20.000.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000	\$ 29.500.000
Flujo Acumulado	-\$ 20.000.000	\$ 9.500.000	\$ 39.000.000	\$ 68.500.000	\$ 98.000.000	\$ 127.500.000	\$ 157.000.000

Los resultados generales de la operación actual de la empresa (con un amplio margen de error entre el $\pm 75\%$) se presentan a continuación:

Resultados del Proyecto: Principales Indicadores

- **VAN (o VPN) (\$):** 108´480,190.63
- **Período Repago:** 0.68

Entonces, sin realizar mantenimiento RCA la empresa obtiene aproximadamente \$108´000.000 acumulados en 6 meses de inversión y debe reemplazar totalmente las herramientas cada año, con un riesgo alto de llegar a pérdidas de \$8´600.000 por mes causados por paradas de procesos.

Al realizar el flujo de caja implementando la metodología RCA, los resultados son:

Parámetros del proyecto con mantenimiento RCA

- Año de Comienzo: 2019
- Mes de Comienzo: 1
- Períodos a Calcular: (cantidad de meses): 6
- Tasa de Descuento (% mensual): 10.0
- Tasa de Reinversión (% mensual): 10.0
- Valor Residual del Proyecto: 0

El flujo de caja en esa ocasión, suponiendo que la efectiva implementación de la metodología RCA lleva a que se produzcan cero fallas en las herramientas, entonces el flujo es el siguiente:

	Mes 0	2019/01	2019/02	2019/03	2019/04	2019/05	2019/06
+ Ingresos	\$ -	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000
- Costos Fijos	\$ -	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000	-\$ 19.500.000
- Costos Variables	\$ -	-\$ 7.400.000	-\$ 7.400.000	-\$ 7.400.000	-\$ 7.400.000	-\$ 7.400.000	-\$ 7.400.000
- Amortizaciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Flujo Caja antes de Impuestos	\$ -	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000
- Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Flujo Caja después de Impuestos	\$ -	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000
+ Amortizaciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
- Inversiones	-\$ 12.500.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+ Valor Residual del Proyecto	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Flujo de Caja Neto	-\$ 12.500.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000	\$ 38.100.000
Flujo Acumulado	-\$ 12.500.000	\$ 25.600.000	\$ 63.700.000	\$ 101.800.000	\$ 139.900.000	\$ 178.000.000	\$ 216.100.000

En este caso se considera que el proyecto requiere una inversión de \$12'500.000 para la implementación del RCA y la utilidad al final del ejercicio es de \$216'000.000 al cabo de seis meses.

Los resultados globales en este caso son:

Resultados del Proyecto: Principales Indicadores

VAN (o VPN) (\$): 153'435.432.65

Período Repago: 0.33

Para determinar la ventaja competitiva de la metodología, se realiza una comparación entre ambos flujos. Los resultados esperados y estimados son:

Comparación con Otro Proyecto. Resultado de la Comparación:

A: Mantenimiento preventivo RCA

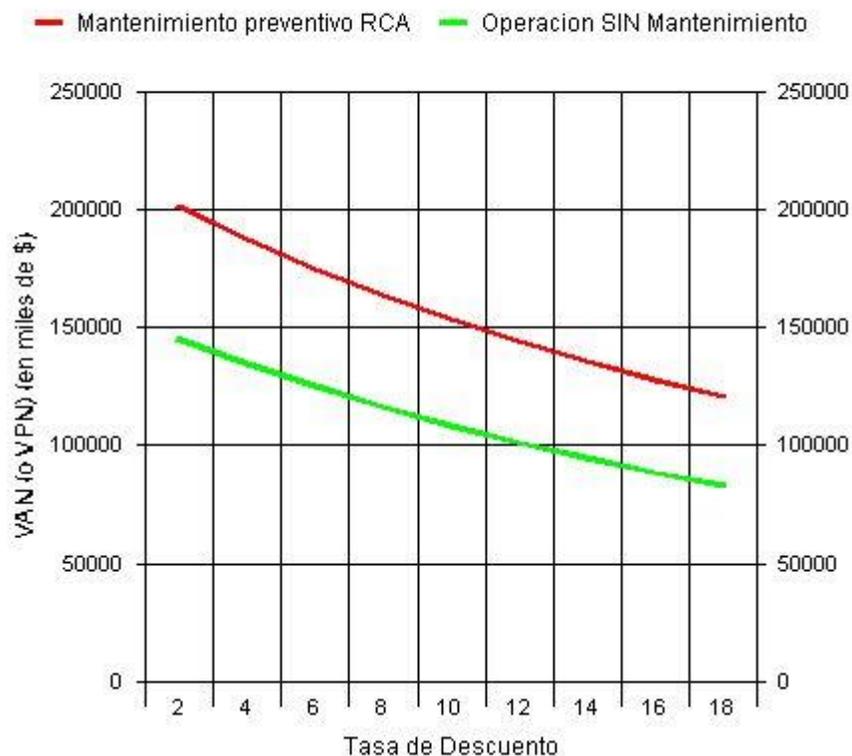
B: Operación SIN Mantenimiento

A: VAN (o VPN) (\$): 153,435,432.65

B: VAN (o VPN) (\$): 108,480,190.63

Gráficamente el resultado es:

VAN (o VPN) según Tasa de Descuento



En esta gráfica se aprecia una significativa mejora en los rendimientos de la empresa al implementar la metodología RCA para mantenimiento preventivo de herramientas de mano, obteniendo una mejora sustancial (¡cercana al 50%!) en las ganancias de la empresa, pero también reduciendo los riesgos, los sobrecostos, el impacto negativo en la imagen corporativa y facilitando el crecimiento de la empresa.

Entonces al implementar el RCA se espera reducir las fallas mensuales a cero, por tanto, el análisis financiero parte de que los ingresos por parte del RCA corresponden a \$8'600.000 mensuales o lo que es equivalente a \$540.000 como precio de cada falla y la cantidad es 4 fallas.

Los costos de implementar la metodología RCA se presentan a continuación:

8.1 RECURSOS FÍSICOS

Los recursos físicos propuestos de forma preliminar están orientados a la primera parte del proyecto, que corresponden a actividades teóricas o “de escritorio”. El resto de los recursos se evaluará una vez se haya definido el proyecto:

Elemento	Cantidad	Características
Computador	2	PC Pentium IV CoreDuo o superior. 250 GB DD, 4GB RAM. Puertos seriales y paralelos
Sitio de trabajo	1	Oficina con almacenamiento para los equipos y papelería
Equipo de laboratorio	1	Banco de trabajo, prensa, calibrador, multímetro, llaves fijas, destornilladores, galgas, micrómetro, pie de rey, etc.
Documentación	1	Documentación sobre el estado del arte, sistemas de mantenimiento preventivo RCA, manuales y catálogos de los equipos, sistemas de medida, etc.
Papelería	-	
Espacio de trabajo	-	

8.2 Costos del trabajo y fuentes de financiación

Todos los precios son estimados. Hasta no iniciar formalmente el proceso, el presupuesto es sólo una guía de gastos, para identificar los posibles rubros. No constituye un valor exacto y puede tener un error hasta del +/- 200%. La principal fuente de financiación del proyecto es la empresa a la cual se le realizará la evaluación.

Las tablas a continuación presentan el presupuesto del proyecto. Este presupuesto no es el CAPEX² del proyecto. Inicialmente solo son requeridas las inversiones de personal pues las primeras fases del proyecto son de recopilación de información. La segunda parte, y si la evaluación muestra que es viable lograr disminución de costos, estaría sujeta a la disponibilidad de recursos de la empresa. Por ello el presupuesto presentado es una aproximación a los recursos requeridos sin incluir la fase de implementación.

Algunos de los recursos incluidos en el presupuesto ya se encuentran disponibles, sin embargo, se les hace referencia para cuantificar su costo.

El presupuesto se plantea para toda la duración del proyecto que corresponde a 24 semanas (6 meses aproximadamente).

8.3 PRESUPUESTO GLOBAL DE LA PROPUESTA

Rubros	Total
ADMINISTRACION	\$ 2.000.000
BIBLIOGRAFIA	\$ 200.000
CAPACITACION	\$ 2.000.000
CONSULTORIA ESPECIALIZADA	\$ 2.100.000
DOCUMENTACION	\$ 100.000
EQUIPOS	\$ 2.000.000
IMPREVISTOS	\$ 1.200.000
MATERIALES E INSUMOS	\$ 100.000
PERSONAL CAPACITADO	\$ 800.000

² CAPEX – CAPital EXpenditures, o inversiones de capital por sus siglas en inglés

Rubros	Total
SERVICIOS TECNOLOGICOS	\$ 500.000
SOFTWARE	\$ 300.000
VIAJES	\$ 1.200.000
Totales	\$ 12.500.000

9. Conclusiones

En el desarrollo de esta propuesta se encontró que Allian.s emplea el método RTF con los resultados actuales y los problemas descritos de la falta de confiabilidad de los equipos en los procesos productivos y su respectivo impacto financiero, por lo cual esta metodología de mantenimiento empleada genera una barrera al crecimiento de la empresa.

Entre las metodologías de mantenimiento aplicables a los procesos de la empresa, se encuentra factible realizar un análisis de causa raíz, metodología de fácil aplicación y bajo costo, para dar un primer paso a la creación de un plan de mantenimiento preventivo que genere una mejoría en la confiabilidad y en las finanzas de la empresa.

Teniendo en cuenta el análisis financiero preliminar se puede presentar como una buena alternativa la implementación de la metodología Análisis Causa Raíz como una fase inicial para una empresa que busca ser más competitiva en el mercado y generar los cimientos de la implementación de una gestión de activos que le permita certificarse en un plan de calidad ISO, OHSAS, etc.

El presente trabajo evidencia la importancia del mantenimiento de los equipos sin importar el tamaño o el costo de este, el cual tiene un gran impacto en los procesos productivos de las compañías, al reducir las fallas de las herramientas de mano asistidas, se minimizan los tiempos

muertos de los operarios y se aumenta la vida útil de los equipos, por lo tanto, genera un impacto directo en los ingresos de las empresas.

En la empresa objeto de estudio se tiene un plan de mantenimiento correctivo, en el cual los equipos se trabajan hasta ir a falla (RTF), en este proyecto se generarán unas herramientas de control y supervisión de los equipos, permitirá a la empresa tener unos puntos de decisión respecto a la continuidad del mantenimiento de un equipo o su reemplazo.

A través de la recolección de información suministrada por el fabricante y la experiencia de los operarios, se definirán los componentes críticos y tipos de falla de cada equipo, se propondrá una metodología de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de esta empresa.

10. Recomendaciones

1. Mantener una base de datos de los equipos actualizados por medio de algún formato.
2. Realizar las actividades programadas y consignar las novedades que se presenten de forma concreta y veraz siendo información propositiva.
3. Capacitar al personal del buen uso de los elementos dejando evidencia de lo recibido.
4. Reportar nuevas fallas y realizar seguimiento bajo las metodologías que se dejen implementadas.

El mantener una cultura enfocada hacia el mantenimiento permite mejorar y alargar la vida útil de los equipos mejorando la confiabilidad del servicio.

11. Bibliografía

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo . (17 de 03 de 2011).

MANTENIMIENTO SEGURO DE HERRAMIENTAS PORTÁTILES EN LA CONSTRUCCIÓN.

Recuperado el 15 de 06 de 2018, de Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo
: <https://osha.europa.eu/es/tools-and-publications/publications/e-facts/efact54>

Altmann, C. (2006). El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad. *Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad.* Montevideo – Uruguay.

Ángel Gasca, R. D., & Olaya Vargas, H. M. (2014). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA AGROANGEL.* Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Angel, J. R. (febrero de 2015). *infomaderas.com*. Recuperado el 10 de julio de 2018, de Consejos para el mantenimiento y uso de las herramientas eléctricas de carpintería:
<http://infomaderas.com/2013/07/11/consejos-para-el-mantenimiento-y-uso-de-las-herramientas-electricas-de-carpinteria/>

Barbosa, W. R., & Sánchez Urrego, L. H. (2012). ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ (RCA) PARA OPTIMIZAR LA CONFIABILIDAD DE LOS ACTIVOS INFORMÁTICOS DE LA PREVISORA S.A. COMPAÑÍA DE SEGUROS. Bogota: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Bravo Hernández, F. E. (2016). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD CASO LÍNEA SEIS DE PEPSICO ALIMENTOS S.C.A. Cagua: Universidad Central de Venezuela.

Cantoral Veras, H. A. (2009). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA INDUSTRIA DE CAFÉ QUETZAL*. San Carlos de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Díaz González, M. Á. (2014). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA EQUIPOS TECNICOS DE COLOMBIA ETECOL SAS. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Gameros, M. (14 de marzo de 2016). *revista ferrepat*. Recuperado el 10 de julio de 2018, de Mantenimiento y reparación de herramientas eléctricas:

<http://www.revista.ferrepat.com/herramientas/mantenimiento-y-reparacion-de-herramientas-electricas/>

García Cifuentes, G., & Forero López, R. D. (2012). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA HERRAMIENTAS DE CORTE DE MÁRMOL*. Bogota: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Gómez D., D. M., & Gutiérrez P., P. J. (2018). *PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MANTENIMIENTO DE MONTACARGAS ELÉCTRICOS DE DISTOYOTA SAS*. Bogota: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Gonzalez Forero, E. Y., & Moreno Ajiaco, D. R. (2018). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA UNA MÁQUINA GRANALLADORA*. Bogota: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Gual Pedrozo, C. E., & Mora Montiel, C. A. (2002). PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CORRECTIVO Y PREDICTIVO DE LOS BANCOS DE PRUEBA (MOTOR-GENERADOR DC, MOTORES MONOFASICOS) DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRICA. Cartagena: Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar.

Inostroza Pérez, A. A., & Santander Silva, R. A. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA METALMECANICA*. Concepción: Universidad Bio-Bio.

Lunar Itanare, H. J. (2013). PLAN DE MANTENIMIENTO MECANICO PREVENTIVO DE LOS COMPRESORES DE AIRE SULLAIR 4510/A DE LA PLANTA PICURE DEL CONJUNTO GENERADOR "JOSEFA JOAQUINA SÁNCHEZ BASTIDAS" DE LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL. Barranquilla: Universidad Simón Bolívar.

Palencia García, O. (Julio de 2005). El Análisis Causa Raíz, Estrategia de Confiabilidad Operacional. Obtenido de equiposrotativos.galeon.com:
<http://equiposrotativos.galeon.com/Analisis.pdf>

Ramos Ruiz, J. F. (2002). DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPO DE LA PLANTA DE LÁCTEOS DE ZAMORANO. Honduras: Universidad Zamorano.

Ron, P. (2006). MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINARIA DE LOS TALLERES DE LA FUNDACIÓN PROYECTO SALESIANO CHICOS DE LA CALLE-TALLER ESCUELA SAN PATRICIO (TESPA). Quito-Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.

Sánchez Sandoval, E., & Correa, D. A. (2018). *CONSULTORÍA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA GILPA IMPRESORES S.A.* Bogota: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Sierra Álvarez, G. A. (2004). PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA METALMECÁNICA INDUSTRIAS AVM S.A. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Silva Riaño, A., & Perez Vega, O. J. (2013). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTOCAMIONES DE UNA AGENCIA LOGÍSTICA EN UNA COMPAÑÍA DE LA INDUSTRIA MILITAR. Bogota: ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES.