

**Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento aplicado a los Motores
Modificados F4R del equipo de competición Autostok Team Mediante el Análisis de Datos
Técnicos y Operacionales**

Autores

Carlos Alberto Buelvas Mercado

Yeison Steven Chitiva Ramírez

Felipe Alexander Feo Martínez

Universidad ECCI

Facultad de postgrados

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bogotá, D.C

2023

**Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento aplicado a los Motores
Modificados F4R del equipo de competición Autostok Team Mediante el Análisis de Datos
Técnicos y Operacionales**

Autores

Carlos Alberto Buelvas Mercado

Yeison Steven Chitiva Ramírez

Felipe Alexander Feo Martínez

Trabajo de grado para optar por el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

Director

Fred Geovanny Murillo Rondón

Universidad ECCI

Facultad de postgrados

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bogotá, D.C

2023

Resumen

El modelo de mantenimiento para motores modificados está diseñado para aumentar la confiabilidad en motores de competencia apoyados en la mejora continua del motor, en este caso nos basamos en referencia al motor F4R Renault, usado para competencia en el campeonato TC 2000 COLOMBIA por el equipo de carreras AUTOSTOK TEAM, este modelo de mantenimiento busca aumentar la confiabilidad y la disponibilidad de operación en pista y adicionalmente alargar la vida útil del motor y reducir costos por mantenimiento, para ellos se establecen algunos parámetros, formatos para documentar los procedimientos realizados, así mismo, formatos de procedimientos para ayudar a llevar una trazabilidad de modificaciones, arreglos o repuestos suministrados, el modelo de gestión de mantenimiento está basado en tres fases las cuales se complementan para lograr la mayor disponibilidad del motor en competencia, la primera fase de diagnóstico que se basa en la recopilación de registros, recopilación de información técnica, manuales de mantenimiento y análisis de esta información, en la segunda fase de ejecución se encuentra la gestión de recursos, programas de mantenimientos y la gestión de calidad, en la tercera encontramos la fase de evaluación y control donde se mide el modelo planteado indicadores y auditorias buscando una mejora continua, estableciendo así un modelo adaptativo que evoluciona conforme a las necesidades del mantenimiento en el marco de la exigente operación de las competencias automovilísticas.

En la tercera encontramos la fase de evaluación y control donde se mide el modelo planteado indicadores y auditorias buscando una mejora continua, estableciendo así un modelo adaptativo que evoluciona conforme a las necesidades del mantenimiento en el marco de la exigente operación de las competencias automovilísticas.

Palabras Claves:

Mantenimiento, motor modificado, motor, carreras, automovilismo, gestión de mantenimiento, modelo, modelo de mantenimiento.

Abstract

The maintenance model for modified engines is designed to increase reliability in competition engines supported by the continuous improvement of the engine, in this case we are based on reference to the F4R Renault engine, used for competition in the TC 2000 COLOMBIA championship by the racing team AUTOSTOK TEAM, this maintenance model seeks to increase the reliability and availability of operation on track and additionally extend the life of the engine and reduce maintenance costs, for them some parameters are established, formats to document the procedures performed, The maintenance management model is based on three phases which complement each other in order to achieve the highest availability of the engine in competition. The first phase of diagnosis is based on the compilation of records, collection of technical information, maintenance manuals and analysis of this information; in the second phase of execution is the management of resources, maintenance programs and quality management. In the third phase we find the evaluation and control phase where the model is measured by indicators and audits, seeking continuous improvement, thus establishing an adaptive model that evolves according to the needs of maintenance within the framework of the demanding operation of automotive competitions.

Keywords:

Maintenance, modified engine, engine, racing, motorsport, maintenance management, maintenance model, maintenance model.

Tabla de Contenido

Resumen	3
Palabras Claves:	4
Abstract	4
Keywords:	5
Lista de Tablas	9
Lista de Figuras	11
1. Introducción	13
2. Descripción del Problema	14
2.1 Pregunta de Investigación	16
3. Objetivos	17
3.1 Objetivo General	17
3.2 Objetivos Específicos	17
4. Justificación	18
5. Marco Referencial	20
5.1 Estado del Arte	20
5.2 Marco Teórico	34
5.3 Marco Legal	45
5.3.1 <i>Nivel Internacional</i>	45
5.3.2 <i>Nivel nacional</i>	46
6. Diseño Metodológico	47

6.1	Tipo de Investigación	47
6.2	Enfoque de Investigación.....	48
6.3	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	49
6.4	Metodología.....	50
6.5	Cronograma.....	54
7.	Resultados	57
	7.1. Estado actual del proceso de gestión del mantenimiento y operación de los motores modificados utilizados en competencia.	57
	<i>7.1.1. Identificación modificaciones y averías relacionadas.....</i>	<i>57</i>
	<i>7.1.2. Identificar y clasificar las actividades de mantenimiento actuales.....</i>	<i>77</i>
	<i>7.1.3. Información referente a la operación del Motor modificado</i>	<i>89</i>
	7.2 Condiciones actuales de la eficiencia operativa de los motores modificados utilizados en competencia y los costos relacionados con la actual gestión del mantenimiento.	
	94	
	<i>7.2.1 Eficiencia de los motores modificados.....</i>	<i>95</i>
	<i>7.2.2 Analizar los costos relacionados con el mantenimiento actual.</i>	<i>104</i>
	7.3 Plantear un modelo de gestión del mantenimiento para los motores utilizados en competencia, acorde a las modificaciones y operaciones.	112
	<i>7.3.1. Identificar las mejoras necesarias del plan de mantenimiento de acuerdo a las fallas presentadas en la operación.....</i>	<i>112</i>

7.3.2. <i>Analizar qué tipo de mantenimiento son idóneos para garantizar la operación de los motores modificados.....</i>	114
7.3.3. <i>Modelo de gestión de mantenimiento Motor F4R modificado.....</i>	118
8. Análisis presupuestal.	123
9. Conclusiones y recomendaciones.....	124
10. Referencias.....	126

Lista de Tablas

Tabla 1. Metodología de la investigación	52
Tabla 2. Programación de actividades fase 1 del proyecto.	54
Tabla 3. Programación de actividades fase 2 del proyecto	55
Tabla 4. Programación de actividades fase 3 del proyecto	56
Tabla 5. Procedimiento de inspección para identificación de modificaciones en un equipo o motor.....	59
Tabla 6. Ejemplo Formato IM-1-1-1del motor F4R modificado utilizado en competencia.....	60
Tabla 7. Formato de registro de modificaciones específicas de un activo.	65
Tabla 8. Formato de registro Consolidado de modificacione específicas de un activo.....	66
Tabla 9. Formato de registro de modificaciones Especificas de motor F4R utilizado en competencia	66
Tabla 10. Formato de registro de Consolidado de modificaciones Especificas de motor F4R utilizado en competencia.....	67
Tabla 11. Rubrica de diligenciamiento para el formato AME-1-1-5.	74
Tabla 12. Pasos para consolidar la información de modificaciones y averías relacionadas de un equipo.....	76
Tabla 13. Formato registro tareas de mantenimiento.....	81
Tabla 14. Formato registro tareas de mantenimiento para Motor F4R Modificado.....	81
Tabla 15. Rubrica de diligenciamiento para el formato RM-1-2-2.....	82
Tabla 16. Formato registro tareas de mantenimiento NO cumplidas.....	83
Tabla 17. Formato registro tareas de mantenimiento NO cumplidas para Motor F4R Modificado	83

Tabla 18. Rubrica de diligenciamiento para el formato RMNC-1-2-2-1.....	84
Tabla 19. Formato Programa de Mantenimiento de un equipo.....	87
Tabla 20. Rubrica de diligenciamiento para el formato PM-1-2-4.....	88
Tabla 21. Formato Programa de Mantenimiento Motor F4R modificado.....	89
Tabla 22. Formato de registro de datos operativos Motor F4R Modificado.....	93
Tabla 23. Rubrica de diligenciamiento para el formato DOM-1-3-2.	94
Tabla 24. Seguimiento operativo motores modificados – Disponibilidad Parcial	97
Tabla 25. Seguimiento operativo motores modificados – promedio de disponibilidad temporada.	98
Tabla 26. Seguimiento operativo motores modificados, Temporada 2022 Autostok Team.	99
Tabla 27. Seguimiento operativo motores modificados, Disponibilidad Temporada 2022 Autostok Team.....	99
Tabla 28. Gestión documental de los datos de eficiencia del motor.....	102
Tabla 29. Gestión documental de los datos de eficiencia del motor.....	103
Tabla 30. Costos de motor F4R.....	108
Tabla 31. Costo día de carrera. Mantenimiento F4R modificado.	109
Tabla 32. Sistema de registro y control de los costos relacionados con el mantenimiento.....	111
Tabla 33. 5S en los recursos del mantenimiento.	113
Tabla 34. Indicadores de control de mantenimiento.....	114
Tabla 35. Criticidad de eventos y su correspondiente mantenimiento.....	115

Lista de Figuras

Figura. 1 Diagrama de bloques de un sistema de control retroalimentado.	25
Figura. 2 Diagrama de bloques de un sistema de administración y control de mantenimiento..	25
Figura. 3 Pasos del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.	37
Figura. 4 Flujograma de identificación de una modificación en un equipo o motor	59
Figura. 5 Ejemplo Flujograma F-1-1-1del motor F4R modificado utilizado en competencia....	60
Figura. 6 Flujo grama de identificación de una modificación mediante revisión de documentación.	63
Figura. 7 Ejemplo flujograma de identificación de una modificación mediante revisión de documentación.	64
Figura. 8 Flujograma de identificación de una falla relacionada con una modificación de un equipo.....	68
Figura. 9 Flujo grama de identificación de una falla relacionada con una modificación en el motor F4R.	69
Figura. 10 Formato para registro de averías y actividades de mantenimiento relacionadas.....	72
Figura. 11 Formato para registro de averías y actividades de mantenimiento relacionadas del motor F4R.	73
Figura. 12 Flujo grama para consolidar la información de modificaciones y averías relacionadas de un equipo.	76
Figura. 13 Flujo grama para identificar y registrar las actividades de mantenimiento de un equipo.....	78
Figura. 14 Flujo grama para identificar y registrar las actividades de mantenimiento del motor F4R.....	79

<i>Figura. 15 Datos de operación del motor F4R en competencia.</i>	<i>91</i>
<i>Figura. 16 Graficas de operación del motor F4R en competencia.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura. 17 Proceso de determinación del rendimiento operativo.</i>	<i>101</i>
<i>Figura. 18 Procedimiento para determinar costos en el mantenimiento.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura. 19 Flujograma proceso de mantenimiento.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura. 20 Esquema Modelo de mantenimiento planteado.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura. 21 Diagrama del Modelo de Gestión de Mantenimiento del motor F4R Modificado. .</i>	<i>121</i>

1. Introducción

El equipo AUTO STOK TEAM tiene una participación en campeonatos nacionales y algunos eventos internacionales con una trayectoria de más de 20 años siendo parte de uno de los mejores equipos del país consolidándose como campeones en varias ocasiones, AUTO STOK, busca situar su compañía de coleccionarios Renault con la imagen de su equipo de competencia a través del automovilismo colombiano. A pesar de ser uno de los mejores equipos de competencia no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo o programado, por lo cual le ha costado perder carreras y en ocasiones la oportunidad de ser campeones y de otra forma afectar sus ingresos por parte de los patrocinadores oficiales del equipo. Un plan de mantenimiento preventivo, mantenimiento programado establecido para este tipo de motor modificado, mejoraría significativamente el proceso de mantenimiento y tendría un mejor rendimiento y confiabilidad el motor ayudando también así mismo a prevenir los desgastes prematuros o mantenimientos correctivos lo cual es un punto importante en las finanzas del equipo. El modelo de gestión de mantenimiento que se va a aplicar a los motores modificados F4R del equipo Autostok Team está basado en el análisis de datos técnicos y de operación de este motor para aumentar la confiabilidad de operación en pista, se realizara la toma de datos del estado actual del mantenimiento y procedimientos antes, durante y pos carrera, ya que se han encontrado falencias en el mantenimiento y esto con lleva a fallas del motor durante la competencia y en algunos casos desgaste prematuro del motor por falta de seguimiento y no tener estipulado un plan de mantenimiento riguroso y adaptado a este tipo de motor por las modificaciones realizadas, se diseñara y se establecerá el mantenimiento aplicado a este motor modificado, donde se crearan formatos de rutinas de mantenimiento y se archivarán de forma que se pueda tener una trazabilidad de cada modificación, reparación o suministro de repuesto que se le realice

durante cada mantenimiento, así mismo se analizara la información suministrada por la inyección para tener control de los parámetros de funcionamiento antes y después de cada uso del motor para así monitorear cada sistema o periféricos que componen el motor y poder descartar fallas o deterioro de las partes internas del motor, establecer este plan de gestión de mantenimiento ayudara a mejorar y organizar de manera significativa el mantenimiento riguroso que necesita este motor y así mismo facilitara tener una estado actual después de cada uso del motor y poder intervenirlo con mantenimientos programados o preventivos y disminuyendo los costos por mantenimientos correctivos.

2. Descripción del Problema

Autostok Team es un equipo de carreras automovilísticas del concesionario Renault Autostok que compite a nivel internacional utilizando vehículos Renault que han sido modificados por la empresa para cumplir con unos parámetros de diseño como lo es la aerodinámica del vehículo, los elementos de seguridad adicionales, las modificaciones al motor, y otras especificaciones establecidas en el marco de reglamentación de los eventos de competición en los que Autostok Team participa.

Uno de los modelos de vehículos utilizados por el equipo es el automóvil Renault Sandero RS que cuenta con un motor de fábrica con referencia F4R. Para que este motor sea apto para competencia ha sido sometido a modificaciones que le permiten mejorar su desempeño y características asociadas como la potencia, la aceleración y el torque. Todas estas modificaciones deben cumplir con los requerimientos del reglamento de la categoría asociada a la carrera TC200. Es de resaltar que los motores de fábrica cuentan con una serie de actividades de

mantenimiento (cambio de fluidos, sincronización, ajuste de sensores, etc.) programado y establecido por el fabricante, para ser realizadas en un periodo de tiempo o kilometraje específico con el fin de evitar fallas y prevenir el desgaste prematuro al motor y sus componentes.

Dada las modificaciones realizadas a los motores utilizados en competencia, y teniendo en cuenta la exigencia operativa a la cual son sometidos en carrera, es frecuente la presencia de fallas y desgastes prematuros en algunos de sus componentes, exigiendo una intervención que le permita retornar a su estado óptimo de desempeño. Para los motores modificados que Autostok Team utiliza en competencia, no existe una adecuada gestión del mantenimiento donde se establezcan procesos, procedimientos, estándares, formatos, análisis de datos y ejecución de tareas de mantenimiento que permitan reducir los costos asociados y aumentar la eficiencia operativa del equipo en competencia. Por ende, todas las actividades de mantenimiento se realizan después de ocurrida una falla que, por lo general, está relacionada con la disminución del desempeño del motor modificado o con una parada súbita de este.

En consecuencia, la vida útil del motor se ve reducida, afectando directamente la participación del equipo en los eventos deportivos. Dado que el equipo Autostok Team tiene como única fuente de sustento las utilidades derivadas de la participación por la exposición de publicidad de patrocinadores en los vehículos de competencia (Free Press), cuando un vehículo no termina la carrera, no clasifica a la competencia o se ve imposibilitado por aspectos técnicos a participar en estas, la participación del equipo no es constante y el desempeño general del equipo en la competencia no es bueno, ocasionando que las utilidades por Free Press se vean reducidas y poniendo en riesgo la existencia del equipo Autostok Team.

Un modelo de mantenimiento que se centre en las modificaciones realizadas en los motores utilizados en competencia, así como su posibilidad de implementación buscando una mejora en la gestión del mantenimiento del equipo, puede mejorar de manera significativa el desempeño de Autostok Team y en consecuencia aumentar su participación en todas las competencias. Este modelo debe establecer un conjunto de procesos que abarquen todas las necesidades de los motores modificados, implementar un adecuado plan de mantenimiento y actividades asociadas, abordar una gestión de repuestos, de personal involucrado, y demás aspectos que garanticen la permanencia del equipo Autostok Team.

2.1 Pregunta de Investigación

¿Cómo un modelo de gestión del mantenimiento aplicado a los motores modificados para competencia, del equipo Autostok Team, puede reducir los costos asociados al mantenimiento y aumentar la eficiencia operativa?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta de modelo de gestión del mantenimiento aplicado a los motores modificados utilizados en competencia por el equipo Autostok Team que permita reducir los costos asociados al mantenimiento y aumentar la eficiencia operativa.

3.2 Objetivos Específicos

- 3.2.1** Determinar el estado actual del proceso de gestión del mantenimiento y operación de los motores modificados utilizados en competencia.
- 3.2.2** Establecer las condiciones actuales de la eficiencia operativa de los motores modificados utilizados en competencia y los costos relacionados con la actual gestión del mantenimiento.
- 3.2.3** Plantear un modelo de gestión del mantenimiento para los motores utilizados en competencia, acorde a las modificaciones y operaciones.

4. Justificación

En el diseño y la fabricación de cualquier activo, se establecen una serie de actividades posterior a la puesta en marcha u operación, estas tareas pueden ser de carácter correctivo o preventivo, cuyo desarrollo permite garantizar el ciclo de vida para el cual fue diseñado el activo.

Las modificaciones realizadas a cualquier equipo que no sean avaladas por el fabricante carecen de una estructura de mantenimiento que permita la óptima operación, poniendo en riesgo la eficacia operativa y aumentando los costos relacionados con el mantenimiento. En este caso es necesario implementar un modelo de mantenimiento que cuente con procesos y actividades acorde a las modificaciones o mejoras realizadas a los activos.

El presente proyecto busca proponer un modelo de mantenimiento para los motores modificados para competencia del equipo Autostok Team, estableciendo una serie de tareas que permitan obtener el máximo desempeño de los motores y el vehículo, manteniendo una constante participación en los eventos, aumentando de igualmente la eficiencia operativa.

En los eventos deportivos de carreras el equipo recibe remuneraciones tanto como la posición que ocupa en la competencia, como también de los patrocinadores. Para Autostok Team esto se conoce como Free Press, que básicamente son las marcas o logos que tiene el vehículo participante adheridas a las partes externas como capot, puertas, parachoques delanteros y traseros; cada parte genera una utilidad distinta dependiente del tamaño de la publicidad. El presente proyecto busca lograr máxima disponibilidad en competencia de los vehículos equipados con los motores modificados, garantizando de esta manera la remuneración correspondiente por el Free Press y la existencia del equipo en competencia.

Autostok Team cuenta con una planta de aproximadamente 20 colaboradores entre pilotos, técnicos e ingenieros, que desarrollan sus labores en pro de la participación en competencia, buscando siempre la máxima eficiencia en sus procesos. Implementar un modelo de mantenimiento adecuado impulsaría al equipo para alcanzar los objetivos propuestos, de manera que impactaría de forma positiva al personal relacionado manteniendo empleos.

En la práctica, el proyecto permite establecer un manejo del mantenimiento centrado en la ejecución de tareas que permitan preservar la condición de la máquina sin esperar los deterioros prematuros. Así mismo el proyecto aporta a la empresa una mejora en la estrategia organizacional y lograr una prevalencia de sus actividades en el tiempo, cumplimiento de su actividad de valor y logro de mayores utilidades.

Con el presente proyecto se aporta al desarrollo del mantenimiento en el equipo, dado que le permite mejorar sus procesos de mantenimiento, disminuir costos por averías, y se soluciona el problema de la ausencia de una adecuada gestión del mantenimiento donde se contemple las modificaciones efectuadas a los motores utilizados en competencia. A la industria automotriz aporta lineamientos adecuados para evaluar las condiciones de operación y modificaciones de un motor de serie en transición a motor de carrera y el cómo establecer un modelo de mantenimiento que le permita de forma programada efectuar tareas de conservación de las características de diseño y desempeño requerido para un lapso de tiempo deseado.

5. Marco Referencial

5.1 Estado del Arte

Con el objetivo de reconocer aspectos importantes a tener en cuenta para el desarrollo óptimo de un Modelo de Mantenimiento aplicado a motores de automóviles, y que dentro del cual se contemplen características ajenas a su diseño original, se realizó un estudio documental selectivo de investigaciones que cuente con un campo de acción similar a la del presente proyecto.

Posterior a la búsqueda y análisis documental se enfatizó en diez publicaciones en particular, las cuales permitieron entender el desarrollo conceptual y avances de la implementación de Modelos de Mantenimiento.

Como resultado de este análisis documental, la clarificación del alcance y aporte investigativo que da este proyecto se enmarca con mayor facilidad. Si bien, los Modelos de Mantenimiento se han presentado a lo largo de la evolución industrial, la ausencia de uno de estos que permita contemplar modificaciones a un sistema automotriz, sus características de operación, y una adecuada documentación para su Gestión del Mantenimiento, permiten una brecha para el avance investigativo y aporte de conocimiento de este proyecto.

De esta forma, y en busca de documentar, analizar y plantear un Modelo de Mantenimiento óptimo para implementación y guía para otras investigaciones, este trabajo de grado abordará las implicaciones a la Gestión del Mantenimiento debidas a las modificaciones y exigencia operativa de los motores modificados F4R utilizados por el equipo de competencia automovilística Autostok Team.

5.1.1 Diseño de un Modelo de Mantenimiento para la Flota de Buses Eléctricos de la empresa Mueve Fontibón S.A.S

Autores: Castro Melo, F. A., Espitia Suárez, N., & López Carreño, J. S.

Universidad ECCI.

Colombia, 2022.

Considerando los avances de la industria automotriz, y con el fin de mantenerse a la vanguardia y migrar a energías sostenibles, la empresa Mueve Fontibón S.A.S como prestadora de servicios de transporte público de pasajeros adjunta al Sistema Integrado de Transporte Público SITP, incorporó en su flota vehículos eléctricos con el propósito de operar en la zona Suroccidente de Bogotá D.C. Sin embargo, la ausencia de una metodología de mantenimiento propia y un correcto seguimiento de los indicadores de rendimiento KPI's generó que sus activos presentaran problemas técnicos en operación, disminuyendo la confiabilidad de la flota y su disponibilidad operativa.

El propósito establecido por la investigación se planteó en la elaboración de un modelo de mantenimiento para los buses de la empresa, el cual le permita una disminución de tiempos de reparación y una mejora en la eficiencia del proceso de mantenimiento. En busca de lo anterior, durante el desarrollo de la investigación los autores realizaron un análisis del estado actual de la compañía por medio de la metodología *Auditoría por Radar*, desglosando en ella una serie de ítems técnicos que le permitiría proponer mejoras al sistema.

Como resultado, una vez analizado el estado actual del proceso de mantenimiento, los autores aportan una serie de mejoras e implementaciones que se deben hacer en el proceso de mantenimiento de la compañía, como lo es un sistema de seguimiento de fallas por vehículo y

trabajos de mantenimiento por medio de un aplicativo, al igual que un análisis de las posibles soluciones a las discrepancias halladas en la auditoría y un seguimiento de indicadores de rendimiento gracias a la depuración de información por medio del aplicativo mencionado.

Por conclusión, y como aporte que genera la investigación a este trabajo de grado, se señalan tres aspectos claves para la mejora de la gestión del mantenimiento de la flota de la empresa; en primer lugar, la herramienta de auditoría permite conocer el estado actual de los procesos para internamente evaluar opciones de mejora. Seguidamente señala la importancia de implementar un sistema información o aplicativo para la gestión y análisis de información de mantenimiento, y por último el seguimiento, análisis y mejora continua de los KPI's para el alcance a satisfacción de los objetivos organizacionales.

5.1.2 Diseño de un Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) Caso de Estudio: Sistema Eléctrico en los Activos Inmobiliarios de Terranum.

Autores: Cala Arias, L. M., & Hernández Rodríguez L. V.

Universidad ECCI.

Colombia, 2018.

En consecuencia a la demanda operativa de la empresa Terranum S.A., empresa dedicada a la renda de activos inmobiliarios, y considerando la ausencia de un plan de mantenimiento para sus activos críticos que le permita garantiza una óptima operación 24/7, el presente trabajo realiza el diseño de un Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM buscando un 100% en confiabilidad de los activos eléctricos críticos para su actividad misional.

Como finalidad, se trazó el diseño de un modelo de mantenimiento RCM para los transformadores eléctricos, blindobarras, tableros eléctricos y UPS's como activos identificados críticos para el desarrollo de las actividades de la empresa Terranum Corporativo.

Para el logro de lo anterior, los autores establecieron una metodología dividida en cuatro fases; La Primera Fase contempla la identificación del estado actual del proceso de mantenimiento, realiza el análisis de criticidad de los equipos eléctricos de la compañía, sus posibles modos de falla y el establecer el punto de partida para el RCM. Seguidamente, la Fase Dos, contempla el diseño del modelo de mantenimiento para los activos identificados críticos, una validación con expertos del modelo propuesto, y una codificación de los activos. En la Fase Tres, los autores proponen la elaboración de los procesos de implementación del RCM y el procedimiento para la implementación metodológica CRM. Por último, en la Fase Cuatro se dispondrá a realizar el respectivo análisis del ya planteado Modelo de Mantenimiento.

Los resultados dispuestos de la investigación entregan una identificación de cada uno de los activos y realiza codificación a cada uno de ellos con el objetivo de localizarlo plenamente. Seguidamente se evalúa la criticidad de los activos en materia de número de averías, tiempo promedio para reparar, tiempo medio entre fallas, costo de reparación, impacto en la seguridad, equipo restrictivo y disponibilidad para mantenimiento proactivo. Esta valoración de criticidad permite seguidamente identificar si es o no necesario tomar la decisión de contemplarlo en el modelo de mantenimiento. Posterior a la identificación de los activos a los cuales se contemplarán en el Modelo de Mantenimiento, los autores identifican los modos de falla a cada uno de estos a fin de más adelante entregar la frecuencia y tarea de mantenimiento propuesta.

Por último, se dispone el análisis financiero en el cual se contempla el valor total de mantenimiento de los activos críticos y su correlación con su valor de adquisición con el objetivo

de visualizar la importancia que trae a la empresa la implementación de un mantenimiento adecuado. Es así como gracias a la investigación realizada es posible plantear a la empresa un Modelo de Mantenimiento que logra disminuir en un 45% los costos de mantenimiento, aumentar el tiempo operativo de los equipos, 100% de confiabilidad y una fiabilidad del cliente representado en ingresos para la empresa.

Cabe resaltar que dentro de las consideraciones que generan aportado por esta investigación se identificaron los aspectos más importantes a tener en cuenta dentro de un modelo de mantenimiento, así como su debida implementación e inmersión en la gestión del mantenimiento una empresa.

5.1.3 El Modelo de Control Retroalimentado como Paradigma en la Administración del Mantenimiento Industrial.

Autores: Isaza Velásquez, E., & Herrera Sánchez, H.

Universidad Tecnológica de Pereira.

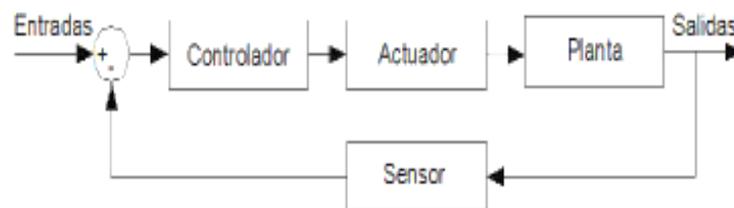
Colombia, 2006.

La investigación realiza el análisis de implementación de un Modelo de Control Retroalimentado en un campo de aplicación diferente a los usos electrónicos; como lo es la administración de la Gestión del Mantenimiento. Dispone de igual manera una correlación entre los dos tipos de implementación mencionados y un flujograma de control que permite a la administración tener un trazo para la correcta realización de sus actividades.

La meta estimada por los autores está sesgada por el desarrollo de un Modelo de Control Retroalimentado que permita a la administración de la Gestión del Mantenimiento tener un esquema claro y concreto de las actividades necesarias para garantizar el óptimo desarrollo de

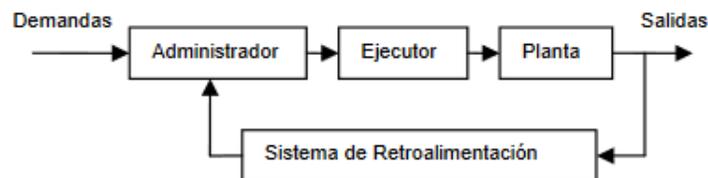
esta actividad en la industria que se desee. Para ello, los autores parten del diagrama de bloques de cualquier sistema eléctrico de control retroalimentado del cual establece cuáles son sus entradas, salidas, actuadores y demás sistemas funcionales. Seguidamente, los sistemas integrados del diagrama de bloques son correlacionados con la actividad administrativa del mantenimiento y se disponen las actividades básicas que este ejecutaría dentro del sistema

Figura. 1 Diagrama de bloques de un sistema de control retroalimentado.



Nota: En la figura se pueden identificar los elementos que componen un diagrama de bloques de un sistema de control retroalimentado para componentes eléctricos. Tomado de *El Modelo de Control Retroalimentado como Paradigma en la Administración del Mantenimiento Industrial*, por Velásquez & Sánchez, 2006, Universidad Tecnológica de Pereira.

Figura. 2 Diagrama de bloques de un sistema de administración y control de mantenimiento.



Nota: En la figura se pueden identificar la asimilación de elementos del diagrama de bloques de un sistema de control retroalimentado en una aplicación de gestión de mantenimiento. Tomado de *El Modelo de Control Retroalimentado como Paradigma en la Administración del Mantenimiento Industrial*, por Velásquez & Sánchez, 2006, Universidad Tecnológica de Pereira.

Así mismo, la investigación permite conocer las características con que debe contar el Modelo de Mantenimiento y los estamentos que componen el área de mantenimiento. Es en esta parte en donde las aplicaciones del esquema de retroalimentación como modelo de mantenimiento permiten clarificar una estrategia sencilla y útil para la industria, pues bien, la investigación entrega un diagrama que concreta las actividades a realizar por la alta gerencia, el control de mantenimiento, su ejecución, y el debido proceso de calidad y/o retroalimentación al proceso.

Por su parte, la investigación proporciona un alto valor inmersivo en cuanto al desarrollo de un flujograma de procesos como parte de un modelo que genere claridad a la organización para la ejecución y correcta gestión del proceso de mantenimiento contemplando dentro de su estructura la retroalimentación del sistema.

5.1.4 Plan de Mantenimiento Preventivo para los Motores Marca CUMMINS ISM de la Flota de Camiones Mixer Mezcladora de Concreto, para ciclos hasta dos (2) años.

León, F. H., España, C. A., Cepeda, C.O.

Universidad ECCI.

Colombia, 2019.

Por medio de este proyecto, los autores realizaron la construcción de un plan de mantenimiento preventivo para los motores de una flota particular de vehículos con la finalidad de reducir los costos de mantenimiento con relación a los acarreados a la fecha. Para ello, establecen la necesidad de identificar las características de los mantenimientos históricos realizados que les permitiese conocer el modo de falla del activo y sus sistemas suscritos y posteriormente elaborar requerimientos de mantenimiento específico que permitan a corto plazo

aumentar el tiempo entre fallas del motor y por consecuente hacer una disminución en los gastos de mantenimiento.

Una vez implementado el plan de mantenimiento los autores señalan que, dentro del proceso de mantenimiento, los beneficios que traerá para la empresa en cuestión será la disminución de \$10'613.182 de pesos mensuales en ahorro de mantenimientos lo cual correspondería a un aumento del retorno a la inversión del 49% con relación a los datos históricos.

La particularidad que permite identificar este proyecto respecto a la investigación propia radica en la necesidad de conocer la operación y las escaseces propias de la flota a estudiar, al igual que los veneficios que trae consigo plantear un plan de mantenimiento acorde a estas peculiaridades. Si bien, el objetivo de este trabajo de grado se enmarca en una propuesta de modelo de mantenimiento, el impacto que este trae dentro del plan de mantenimiento es tal que el estudio de cómo está siendo realizado no se debe dejar de lado.

5.1.5 Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento Basado en RCM para la Empresa Joliplas Caso de Estudio (Máquina Inyectora De Plástico).

Autores: Hernández, D. F., Puentes, W. A., & Sánchez Rodríguez, J.

Universidad ECCI.

Colombia, 2018.

El trabajo de grado realizado por los autores Hernández al et. para optar por el título de especialistas en gerencia del mantenimiento, establece el uso del mantenimiento basado en confiabilidad RCM como base para el logro de las operaciones de producción satisfactoria de la empresa Joliplas.

En primer lugar, posterior a la descripción de parámetros necesarios, se identificó el impacto operativo que trae consigo la parada de la máquina inyectora de plástico, estableciendo esta como un componente crítico dentro del proceso de producción y del cual surge la necesidad de efectuar un análisis RCM.

Es de esta manera como, luego de una etapa de campo, recolección de información y plena identificación del estado actual del proceso de mantenimiento para la máquina, los autores describen el comportamiento de esta, los subelementos que la componen, sus posibles modos de falla, y establecen la hoja de decisión para prevenir cada una de estas. Adicionalmente, como parte de los resultados, los autores proponen un conjunto de tareas de mantenimiento a desarrollar, su frecuencia necesaria y el personal requerido para su ejecución por cada uno de los sistemas que componen la máquina crítica.

Como conclusión y aspectos que influyeron en la selección de esta investigación, los autores señalan y dan inmersión para conocer la criticidad de los diferentes sistemas que componen una máquina, dentro del proceso productivo de la organización, y el proceso de estructurar efectivamente los planes de mantenimiento partiendo de la identificación del impacto en el funcionamiento de esta y la dirección de tareas en pro de su prevención.

5.1.6 Elaboración de un Plan de Mantenimiento para Motor Cummins ISX/450HP/15L en la Empresa “Servi Diesel Colombia” de Duitama (Boyacá).

Autor: Monroy Alvarado, F. L., & Veloza Gonzales, J. D.

Fundación Universidad de América.

Colombia, 2020.

Como proyecto realizado para su grado de ingeniería mecánica, los autores realizan un plan de mantenimiento para los motores Cummins de referencia ISX/450HP/15L de la empresa boyacense Servi Diesel Colombia. Esta investigación tuvo un desarrollo de tipo documental, teniendo como fuente de información primaria los manuales del motor y la información técnica con que cuenta la empresa para el desarrollo del mantenimiento. Adicionalmente, se identifica una amplia inmersión en los aspectos técnicos del motor, permitiendo desarrollar un trabajo más a fondo y dando más valor a este.

Para ello, inicialmente realizan una caracterización del estado actual, recolectando información tanto de la empresa como de los motores de estudio. Seguidamente, y como parte activa del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, los autores efectúan un análisis de criticidad, desglose de componentes y modos de falla que pueda presentar el motor para de esta manera plantear un plan de mantenimiento óptimo para sus condiciones identificadas.

Adicionalmente, y como innovación identificada dentro de la investigación, los autores proponen el uso y elaboran formatos de mantenimiento, al igual que formatos de ordenes de trabajo, hojas de vida del componente, y demás documentación técnica que resulta esencial para tener un pleno control y seguimiento del mantenimiento y estado del equipo. Estos últimos ítems permiten desglosar su uso para esta investigación y se espera que, con una implementación eficiente, proporcionen al equipo de competencias una mejora en la gestión del mantenimiento y vida útil de los motores F4R.

5.1.7 Modificaciones Mecánicas de un Motor de Encendido Provocado para Mejorar su Rendimiento.

Autor: Rey Lago, V.

Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar.

España, 2017

Partiendo de un motor de serie K2A del vehículo Citroën AX GT el presente proyecto de grado pretende realizar una serie de modificaciones mecánicas con el propósito de obtener un mejor rendimiento mecánico sin elevar sus prestaciones. Este proyecto, de tipo experimental, se encuentra dividido en 2 partes importantes; en primer lugar, el autor documenta las características originales del motor teniendo como material primario los manuales técnicos de este y como fuente secundaria el despiece del mismo, y seguidamente relaciona las mejoras realizadas y sus modificaciones. Como segunda parte, y en demostración de los objetivos establecidos, el autor señala los resultados posteriores a la ejecución de las modificaciones mecánicas del motor.

Dentro de las modificaciones efectuadas al motor se encuentra el reemplazo de caja de cambios, motoventilador, cambios de diámetro de cámara de compresión, sistema de inyección y alteraciones al bloque superior en general. De esta forma, en materia de resultados el motor K2A del vehículo Citroën AX GT pasó de presentar una potencia máxima de 61,5kw a 6400 rpm, a generar una potencia de motor equivalente a un 76,22% más que este motor de serie.

Como conclusiones del proyecto, el autor hace superior énfasis en la relación de modificaciones, las cuales no deben ser aleatorias sino metódicas considerando la consecuencia que trae cada una de ellas en el desempeño de otros elementos. Adicionalmente, señala que la sencillas de las modificaciones, y el presupuesto de adquisición para los componentes nuevos, significan la apertura a líneas futuras del proyecto, considerando el considerable aumento de potencia que trajo consigo las llamadas “alteraciones sencillas”.

El artículo proporciona gran valor en el desarrollo del proyecto gracias al cuerpo del enfoque y la correlación de alteraciones a un motor de serie. Adicionalmente, la fase de análisis previo a las modificaciones y el uso de las distintas fuentes para identificar el estado actual del motor permiten resaltar una ruta para contemplar dentro de la propuesta de modelo de mantenimiento objeto de esta investigación.

5.1.8 Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento y sus Principales Herramientas de Apoyo.

Autores: Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A.

Universidad de Tarapacá

Chile, 2013

En busca de garantizar el logro de los objetivos empresariales, Viveros et al. (2013) desarrollan una propuesta de modelo de mantenimiento que, desde el punto de vista estratégico y en materia de gestión, proporcione al interesado un sistema integral de mantenimiento con ciclo de mejora continua.

El desarrollo del modelo de mantenimiento propuesto se vio inmerso en una primera fase documental, dentro de la cual los autores correlacionaron los mejores atributos de varias propuestas de gestión de mantenimiento surgidas a lo largo de los años. Seguidamente, establecen los pasos para su desarrollo; Como etapa 1 disponen el *análisis de la situación actual de la empresa*, demarcando los objetivos que se quieren lograr, las estrategias dispuestas a implementar, y los compromisos en materia de mantenimiento dispuestos a incurrir. En esta misma etapa, se señala la necesidad de evaluar el entorno empresarial y propone como método de evaluación el seguimiento de los indicadores de mantenimiento MTTF (Mean Time To

Failure, por sus siglas en inglés) y MTBF (Mean Time Between Failure), subrayando la importancia de establecer KPIs particulares para la organización. Consecutivamente en la etapa 2 se brindó una jerarquización de los equipos usando como método el análisis de criticidad de los equipos dentro del proceso de la organización, para de esta forma en la etapa 3 definir un análisis de los puntos débiles de los equipos anteriormente identificados como críticos para el proceso. Ya para las últimas etapas, en la etapa 4 y 5 se enfatiza en el diseño del plan de mantenimiento y definición de los recursos necesarios, como también en la programación de las tareas y su designación de frecuencias y recursos necesarios. Así pues, de esta manera, el modelo de mantenimiento propuesto proporciona para los puntos 6 y 7 una evaluación continua y control de las actividades de mantenimiento realizadas, así como un análisis del ciclo de vida y la posibilidad de renovar el equipo.

Para cada una de las etapas anteriormente descritas, el modelo de mantenimiento señala las consideraciones que se deberán tener en cuenta, así como las herramientas con las que la organización se puede soportar para la gestión del mantenimiento.

Este modelo de 7 etapas proporciona a la investigación aspectos claves para su desarrollo. Inicialmente, permite identificar aspectos claves con que debe contar el modelo de mantenimiento, seguido por el debido proceso a efectuar y finalizando con la evaluación de la gestión y las herramientas a implementar. De esta forma, el modelo de mantenimiento que se propone para los motores modificados debe contar con un proceso lógico establecido, retroalimentado y basado en el estudio de la situación actual de Autostok Team.

5.1.9 Elaboración y Optimización de un Plan de Mantenimiento Preventivo.

Sacristán, F.

España, 2014.

Con el propósito de guiar a los lectores interesados en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, Sacristán expone en su artículo una serie de aspectos imprescindibles dentro del plan de mantenimiento; como lo son la identificación clara del grupo de trabajo con los perfiles y capacidades necesarias para ello, la identificación de las fallas potenciales de cada uno de los activos y su criticidad dentro del ciclo de producción y los métodos de resolución de estas fallas. De esta manera, lo expuesto por Sacristán en su modelo de elaboración de plan de mantenimiento, y sin dar mención de ello, es la implementación de una estrategia de mantenimiento RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad) junto con la elaboración de una óptima gestión del proceso de mantenimiento, identificando las posibles fallas y el nivel de intervención requerido, la frecuencia de trabajo al cual debe ser sometido, tiempo y requerimientos de intervención adicional tanto de personal como de software necesario.

Sus argumentos son resultado de la documentación de 4 libros de su propia autoría, los cuales estaban basados en la búsqueda de la eficiencia del sistema de producción de una empresa, el mantenimiento integral, la resolución de problemas productivos y la planificación y optimización del mantenimiento preventivo. De igual forma, señala como principal fuente de evidencia de sus afirmaciones, la experiencia personal que ha tenido frente a sistemas que contaban con la necesidad de implementar una estrategia de mantenimiento de este tipo y los logros obtenidos posterior a ser implementado, evaluado y mejorado continuamente.

Por conclusión, el autor señala que la debida implementación de un plan de mantenimiento que esté conforme a las capacidades, operaciones realizadas, condiciones específicas de operación y resultados requeridos, podrá inferir en una mejora del rendimiento operacional de las líneas de intervención en más de un 30%, la mejora de la eficiencia o productividad global de la compañía, la disminución de paradas por averías en un 50% y una disminución de costos de mantenimiento en un 30%.

Este artículo permite corroborar la relevancia que trae para las organizaciones implementar óptimamente los planes de mantenimiento para sus equipos y los beneficios que trae consigo. De esta manera, si bien el alcance de este proyecto no está dado por la elaboración de un plan de mantenimiento, el modelo de mantenimiento que se propone permitirá a Autostok Team establecer una gestión de mantenimiento que proporcione a futuro un punto de partida para el pleno desarrollo de los planes de mantenimiento para sus motores modificados.

5.2 Marco Teórico

Dentro del proceso de análisis de gestión, inmersión y contextualización al desarrollo de una propuesta de Modelo de Gestión al mantenimiento efectuada a los motores modificados F4R de Autostok Team, se determina imprescindible contar con una terminología básica que permita captar las nociones otorgadas por el presente proyecto. Por tal motivo, se propone la siguiente línea contextual, enmarca en los ámbitos del mantenimiento, gestión del mantenimiento, y entorno automotriz.

En primera instancia, y como centro de la temática abordada y la problemática a atacar, el *Mantenimiento* es una de las actividades más invaluable con las que debe contar una empresa cuya actividad misional involucre maquinaria y/o equipos. En línea con lo anterior, Olarte et al.

(2010) define a esta como un número de actividades cuyo propósito en particular es avalar el pleno funcionamiento de las máquinas y/o equipos que hacen parte de un mismo ciclo de productos y o servicios, generando así un valor intrínseco en fiabilidad de funcionamiento y calidad del producto o servicio.

Esta actividad, y acorde con la estrategia de gestión de mantenimiento implementada por la empresa, se puede dividir en diferentes tipos. Ortiz et al. (2013) señalan que el mantenimiento se puede dividir en los siguientes tipos; En primer lugar, el *Mantenimiento Correctivo* o también conocido como *Mantenimiento Reactivo*, consta por actividades a realizar en la máquina una vez esta haya sufrido una falla que le impida su correcto funcionamiento. Seguidamente, el *Mantenimiento Preventivo* o *Mantenimiento Programado* constituye las diferentes tareas de mantenimiento determinadas en lapsos fijos de tiempo y que prescindan de la condición particular en que se encuentra la máquina y/o equipo al momento de su ejecución. De igual forma, define otro Tipo de Mantenimiento que es el *Mantenimiento Predictivo* o *Mantenimiento por Condición* cuyo objetivo es la identificación de patrones, indicadores, señales o particularidades de los componentes y sistemas que constituyen la máquina y que puedan desencadenar en una falla, efectuando de esta manera las tareas de mantenimiento pertinentes antes de que esto ocurra.

Es importante resaltar que, antes de seleccionar y aplicar alguno de los mencionados Tipos de Mantenimiento dentro del sistema de gestión de mantenimiento de la compañía, y como es señalado por L. Mora (2012), se debe de conocer previamente las características gerenciales de la compañía, su cultura organizacional manejada, además de hacer un estudio del valor que pueda ofrecer este Tipo de Mantenimiento y las demás ventajas y desventajas que pueda traer consigo la implantación de este dentro del entorno gerencial, administrativo y productivo de la actividad de mantenimiento.

Los resultados obtenidos una vez seleccionado un Tipo de Mantenimiento deberían de proporcionar a la compañía una satisfactoria gestión de sus recursos y óptimos resultados dentro de su proceso productivo. Lo anterior es conocido como *Gestión de Mantenimiento*, en donde, según Amendola (como se citó en Ortiz, 2013) su principal finalidad es priorizar la disponibilidad de las máquinas y/o equipos de la compañía al mismo tiempo que se garantiza el óptimo funcionamiento de estos, y se mantiene un balance entre los costos asociados a esta actividad.

El proceso de Gestión de Mantenimiento abarca un conjunto de metodologías cuyo objetivo es brindar la certeza de entregar en alto grado de alistamiento los activos de las compañías, donde a su vez son de carácter opcional y deben ser estudiadas previamente para seleccionar la más conveniente para su implementación dentro de la compañía. Dentro de estas metodologías se encuentra la estrategia *Mantenimiento Basado en Confiabilidad* o *RCM* (por sus siglas en inglés Reliability Centered Maintenance) el cuál, para J. Moubray (como se citó en Campos et al., 2019) se define como el paso a paso a ejecutar dentro del proceso de gestión de mantenimiento

para garantizar que los activos, máquinas y/o equipos mantengan su correcto funcionamiento a lo largo de su operación.

Figura. 3 *Pasos del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.*



Nota: Cuestiones a tener en cuenta al momento de realizar la metodología RCM. Tomado de Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos, por Campos et al., 2019, Instituto Politécnico Nacional, México.

No obstante, el *RCM* dentro de la gestión de mantenimiento proporciona a la compañía una ayuda de toma de decisión basándose en los modos de falla, la criticidad del activo dentro del proceso productivo, y la oportunidad de realizar un tipo de mantenimiento diferente en consideración a su necesidad particular (Montilla et al., 2007). De igual forma es definido para Díaz, Villar & Cabrera (2016) dentro de su proceso de estudio de implementación *RCM*, quienes señalan que la metodología *RCM* es un proceso sistémico que permite identificar la forma adecuada de realizar mantenimiento para cada uno de los activos de la compañía teniendo en cuenta el entorno operacional que la define y generar parámetros de criticidad para la correcta priorización.

Como se ha mencionado anteriormente, la *Criticidad* se encuentra implícita en las estrategias de mantenimiento y resulta ser un atributo indispensable al momento de realizar una correcta gestión de mantenimiento. En concordancia con lo anterior, la Universidad Industrial de Santander UIS (2022) define la *Criticidad* como la relevancia que trae consigo una maquina y/o equipo dentro del proceso productivo de una compañía, la cual dependiendo de su resultado determina las condiciones específicas en las cuales debe ser realizadas las actividades de mantenimiento correspondientes a la prevalencia del optimo funcionamiento de este activo.

Por otra parte, en consideración con el entorno laboral y considerando las características operacionales propias de cada compañía, la metodología de gestión de mantenimiento 5S, según Venegas (2010) constituye una herramienta para la implementación del pensamiento Lean Manufacturing, la cual tiene como propósito generar un proceso de mantenimiento ordenado y limpio (como se citó en Moscoso & Díaz, 2020). Su desarrollo proviene de la traducción del japonés *Seiri* (*seleccionar/clasificar*), *Seiton* (*ordenar*), *Seiso* (*limpiar*), *Seiketsu* (*estandarizar*), *Shitsuke* (*disciplina*), y su aplicación en el ámbito laboral permitirá a la compañía tener un proceso más eficiente, seguro e higiénico.

Todo este proceso de gestión tiene como objetivo principal generar un alto índice de *Confiabilidad* de las máquinas y/o equipos que han sido contemplados dentro del sistema de mantenimiento de la compañía. Esta *Confiabilidad*, como es definida por Mesa, Ortiz & Pinzón en su artículo de investigación científica “*La Confiabilidad, la Disponibilidad y la Mantenibilidad, Disciplinas Modernas Aplicadas al Mantenimiento*” (2006) resulta ser la certeza puesta en el funcionamiento óptimo deseado de un activo de la compañía, dentro de un delimitado transcurso de tiempo, en donde de igual manera se puede considerar como el

porcentaje de probabilidad de que dicho activo ejecute su trabajo requerido dentro de condiciones y tiempo determinado.

Para efectuar seguimiento y control sobre el correcto ejercicio de la gestión de mantenimiento es importante establecer *Indicadores de Mantenimiento* o KPI's (por sus siglas en inglés *Key Performance Indicators*), los cuales corresponden a una atribución numérica sobre el comportamiento de la compañía, los procesos efectuados en esta (en este caso el proceso de mantenimiento), y las personas en su entorno operativo, contrarrestados frente a expectativas o índices estimados de resultados en materia de costos, calidad y tiempo de ejecución (Hernández & Navarrete, 2001). En este mismo ámbito, es común analizar detenidamente ciertos indicadores que permiten comprender el comportamiento de las fallas en los activos de la empresa, los tiempos que se generan debido a estas y la disponibilidad desencadenada por estos factores, realizando esto con el propósito de desarrollar estrategias de gestión que permitan mantener un nivel óptimo de funcionamiento de los procesos de la compañía y una completa prevalencia de las condiciones deseadas de operación de los activos.

Dentro de estos Indicadores de Mantenimiento podemos encontrar el *MTBF* (*Tiempo medio entre fallas*, por sus siglas en inglés *Mean Time Between Failures*) el cual proporciona una visión del promedio de tiempo que una máquina o equipo en particular ejecuta su trabajo normal sin mostrar alguna falla (Zegarra, 2016). Para su cálculo basta con tener el registro de horas trabajadas de la máquina a estudiar y el número de fallas presentadas durante dicho tiempo de trabajo, y su expresión matemática se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 1. Mean Time Between Failures.

$$MTBF = \frac{\text{Total horas trabajadas}}{\text{\# de fallas presentadas}}$$

*Nota: Ecuación para calcular el Tiempo medio entre fallas.
Elaboración propia.*

Por otra parte, un indicador que nos permite determinar el tiempo promedio que se tarda en realizar los procesos de reparación de una maquina o intervenciones necesarias en esta es el *MTTR (Tiempo medio para reparar* por sus siglas en inglés *Mean Time To Repair*) para el cuál se debe contemplar el número total de horas en reparaciones y el número de paradas efectuadas a la máquina (Zegarra, 2016).

Ecuación 2. Mean Time To Repair.

$$MTTR = \frac{\text{Total horas en reparaciones}}{\text{\# de paradas efectuadas}}$$

Nota: Ecuación para calcular el Tiempo medio para reparar. Elaboración propia.

Seguidamente, resulta indispensable conocer el tiempo promedio que trabaja una maquina previo a la configuración de una parada por motivo ajenos a su operación. Dicho indicador es conocido como *MTBS (Tiempo medio entre paradas* por sus siglas en inglés *Mean Time Between Shutdowns*) y su cálculo está dado por la relación entre el Total de horas trabajadas por la máquina, y el número de paradas que se presentaron en el mismo periodo de tiempo (Zegarra, 2016).

Ecuación 3. Mean Time Between Shutdowns.

$$MTBS = \frac{\text{Total horas trabajadas}}{\# \text{ de paradas}}$$

Nota: Ecuación para calcular el Tiempo medio entre paradas. Elaboración propia.

Como resultado de los Indicadores de Mantenimiento anteriormente dispuestos, se determina que una buena gestión de mantenimiento permite obtener un 90% en la *Disponibilidad* de sus activos (Zegarra, 2016) lo cual es obtenido mediante la relación dada por el Tiempo medio entre paradas (*MTBS*) y la sumatoria entre los indicadores de Tiempo medio entre paradas (*MTBS*) y Tiempo medio para reparar (*MTTR*).

Ecuación 4. Disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBS}{MTBS + MTTR}$$

Nota: Ecuación para calcular la Disponibilidad. Elaboración propia.

Los motores de combustión interna durante el tiempo han tenido un desarrollo bastante importante ya que en su comienzo contaba con una eficiencia térmica del 10% y hoy en día se ha logrado establecer entre el 35 % y el 45% de eficiencia térmica. Este notable cambio ha sido gracias a las nuevas tecnologías que se han implementado como sensores electrónicos y sistemas de inyección modernos, modificación en estructuras y sus materiales, mejoras en la mezcla de combustibles y aditivos de alto poder que ayudan a mejorar el rendimiento del motor.

La potencia entregada por un motor de combustión interna de ciclo otto es básicamente el resultado del trabajo realizado en sus 4 tiempos de combustión, los cuales son admisión,

compresión, combustión o explosión, y por último escape, de los cuales, dependiendo de la relación de compresión, mezcla aire combustible, la cilindrada del motor y el tipo de combustible se verá reflejada la potencia entregada.

Los principales sistemas para garantizar un óptimo funcionamiento del motor de combustión interna son los siguientes: Sistema de Lubricación, Sistema de Refrigeración y Sistema Electrónico e Inyección. Adicional a estos, la operación eficiente de todas las partes mecánicas móviles dentro del motor y la sincronía de sus tiempos, son los implicados en la entrega de potencia por el motor.

Para que obtengamos el funcionamiento del motor debemos tener como mínimo 3 factores que nos garantizan la combustión los cuales son: aire, chispa y combustible, inicialmente con esto ya podremos tener combustión del motor, pero detrás de estos hay varios elementos que hacen parte de cada uno de los sistemas que nos ayudan al óptimo funcionamiento del motor, ahora nombraremos las parte que componen cada sistema.

El Sistema de Lubricación se compone del Carter o depósito de aceite, bomba de aceite, rociadores y ductos de lubricación, filtro de aceite, decantador de aceite, la falla u obstrucción de alguno de ellos puede provocar el daño prematuro del motor.

Por otra parte, el Sistema de Refrigeración se compone de frasco de expansión de refrigerante, bomba de agua, termostato, mangueras o ductos de refrigeración, radiador, la falla o daño de cualquiera de ellos producirá un sobrecalentamiento en el motor.

El Sistema Eléctrico se compone de bujías, bobinas, cables de alta, sensores, inyectores, inyección, la falla de alguno de estos se reflejará en la inestabilidad del motor o falla de este.

Los componentes mecánicos del motor son bloque motor, cigüeñal, bielas, casquetes, pistones, anillos de pistón, culata, árboles de levas, impulsadores y balancines.

En los motores de combustión interna desarrollados para competencia se busca encontrar el límite máximo de potencia antes de que este falle, para esto se trabaja en la mejora de cada parte que integra cada uno de los sistemas del motor de combustión.

Los motores F4R de Renault utilizados para competencia en los Sanderos RS en el campeonato *TC 2000 Colombia* tienen que ser modificados para buscar un mejor desempeño en la pista, el cual está regido por un reglamento de campeonato en donde su naturaleza es incentivar el desarrollo de partes y componentes automovilísticos de manufactura colombiana. Para esta categoría *TC 2000*, cualquier vehículo debe de tener un motor de máximo 2000 cm³ y una potencia máxima de 160 HP, en uso de vehículos de serie y con comercialización previa dentro del país.

En este inicio del desarrollo de la ingeniería automotriz colombiana, se ha logrado operar motores que alcanzan una potencia de 220 HP gracias a modificaciones que se hacen prácticamente son ensayos de prueba y error, los cuales generan un sobre costo y en ocasiones no se logra identificar en qué momento fallarán.

Para lograr conseguir esa eficiencia en el motor de combustión interna se realizan una cantidad de trabajos en cada una de las partes que componen en motor, a continuación, nombraremos cada una de ellas en cada sistema del motor para comprender de mejor manera la implicación en el funcionamiento del motor.

Trabajos realizados en la parte baja del motor o también llamado $\frac{3}{4}$, en el cárter de aceite se adicionan rompe olas para garantizar que la bomba de aceite siempre este sumergida en aceite y en ningún momento se quede sin lubricación el motor, la bomba de aceite se fabrican piñones de más área para aumentar el caudal de aceite, en los rociadores de aceite originales se disminuye el orificio de dispersión para disminuir la perdida de presión de aceite, en el cigüeñal se hace un tratamiento de cementación y en los cojinetes de biela y cigüeñal se usan de competencia ACL RACE, las bielas se diseñan unos milímetros más largas de la medida original para mejorar la relación de palanca, los pistones se diseñan con un bulón de diámetro más pequeño y solo dos anillos para así compensar el nuevo largo de las bielas, adicional a esto se hace un recubrimiento cerámico(CERAKOTE) en la cabeza del pistón y se fabrican dentro del país.

En la parte alta de motor o culata se realizan trabajos como porting de culata tanto en admisión como en escape, se cambian los árboles de levas por unos que tengan mayor duración, cambio de resortes de válvulas por unos de mayor constante, se cambian las válvulas originales por unas de mayor diámetro y se hace un cepillado para aumenta la relación de compresión. Correas de distribución, rodamientos y sellos se utilizan los originales.

En la parte eléctrica y electrónica se usa una inyección que es programable y se pueden hacer correcciones mejoras o intervenciones en cualquier momento, las bujías convencionales que se usan se cambia por una de iridium y de una nomenclatura más fría, se adecua un amplificador para las bobinas de encendido para mejorar la chispa de encendido, los otros sensores que maneja la inyección son utilizados los originales.

Al ya estar modificado el motor también hay que tener en cuenta la modificación de entrada de aire y salidas de la combustión interna, para ellos en la admisión, se modifica el múltiple de admisión adicionando unas toberas de mayor diámetro y mayor longitud se cambia la disposición de los inyectores para así también mejorar la mezcla aire combustible antes de ingresar a la cámara de combustión del motor y en el múltiple de escape se hace un header que es una salida independiente por cada cilindro y del mismo largo en cada uno , luego se unes de manera 4 a 2 y para finalizar 2 a 1.

Al contar con tantas modificaciones el motor está en punto crítico que cualquier falla de alguno del sistema lo puede llevar a un deterioro prematuro o destrucción instantánea,

Para ellos planteamos una propuesta de plan de mantenimiento programado para los motores F4R en el cual se puedan obtener datos del antes y después de cada competencia para poder hacer un seguimiento y tener una trazabilidad de cada repuesto para saber en qué momento falla, cada motor cuenta con una inyección programable y un display AIM que nos permite tener comunicación de una vía y obtener información real en cada momento que el motor esté funcionando así se podrá identificar posibles fallas, adicional podemos implementar muestreos de aceite para identificar desgastes internos del motor y así poder garantizar un mayor ciclo útil del motor.

5.3 Marco Legal

5.3.1 Nivel Internacional

En el ámbito de las competencias automovilísticas, la FIA (Federación Internacional del Automóvil) es uno de los organismos que establece las reglamentaciones y normativa correspondientes a los eventos deportivos, escenarios, requisitos técnicos y homologaciones

relacionadas con la industria automovilística de competición. Un ejemplo claro de su normativa se muestra en su documento de regulaciones técnicas del vehículo que compiten en Formula 1 para el 2023(FIA, 2022), donde se describen todas las características técnicas y parámetros que debe cumplir el automóvil en competición. En su página web se pueden encontrar el repositorio de documentos relacionados con todos los eventos deportivos. Es de aclarar que cada evento deportivo o competición tiene sus propios lineamientos para participar, así como sus estándares técnicos y normativas, tal es el caso de la Formula 1 cuyas reglamentaciones son propias del evento, estas existen sin sobrepasar el nivel jerárquico la FIA.

5.3.2 Nivel nacional

La Federación colombiana de Automovilismo Deportivo (F.C.A.D) en el documento reglamento deportivo nacional (R.D.N) artículo 3 establece que todos los eventos deportivos relacionados con el automovilismo serán regidos por la F.C.A.D es sus reglamentos generales y particulares (Cruz, 2022). Así mismo en el mismo reglamento se estipula todos los requisitos de conformación de equipos, eventos de competición y lugares para realizar tales actividades. Es de resaltar que la federación forma parte de la FIA, por consecuente los lineamientos establecidos en el organismo internacional están dispuestos a nivel nacional por medio de la federación. Para las disposiciones de ley la federación en sus estatutos capitulo III artículo 8 establece que cualquier modificación y reforma están sometidas a la aprobación del instituto nación del deporte “COLDEPORTE” por tal motivo esta organización está alineada de manera gubernamental al Ministerio del Deporte. (Estatutos y reglamento interno de la FIA, 2012), en consecuencia, toda la normativa relacionada con los vehículos de competición no está reglamentada en el ministerio de tránsito y transporte ni en la ley 769 de 2002 código nacional de tránsito.

El presente proyecto va dirigido a los motores modificados F4R de los automóviles Renault, del equipo Autostok Team que participan en el evento TC2000, que se realiza en el Autódromo de Tocancipá. El club deportivo TC200 Colombia en su reglamento general establece los lineamientos de todos los eventos deportivos de las categorías participantes. Así mismo el club dispone en sus artículos primero y segundo del documento, que se reglamenta bajo la federación colombiana de automovilismo en sus parámetros técnicos de seguridad y deportivos (Federación Colombiana de Automovilismo Deportivo, 2022).

La participación del equipo Autostok Team en específico de los autos con los motores F4R modificados para el evento TC2000 Colombia es en la categoría TC2000 cuyos reglamentos técnicos están consolidados en un documento que es modificado año a año y en su índice 2 establece los detalles técnicos y modificaciones referentes a los motores, por tal motivo este proyecto está regido por los lineamientos que allí se consolidan (TC2000, 2022). Es de resaltar que para los programas o planes de mantenimiento no existe ningún tipo de reglamentación estipulada en estas organizaciones, sin embargo en el documento técnico índice 14 estipulan los medios de comunicación entre piloto y área de pits (mantenimiento) esto con el fin de conocer y recopilar datos durante la operación, esto se podría considerar un aparte en las tareas de mantenimiento teniendo en cuenta que las actividades de mantenimiento van relacionadas directamente con la operación.

6. Diseño Metodológico

6.1 Tipo de Investigación

Para el desarrollo de la investigación, y con el propósito de satisfacer los objetivos establecidos, se requiere estudiar de forma minuciosa las características, aspectos relevantes y

deficiencias de la gestión de mantenimiento que se le brinda a los motores modificados F4R de Autostok Team, aspectos por los cuales se refiere describir y estudiar específicamente un fenómeno dentro de un marco poblacional.

La Investigación Descriptiva, como metodología de investigación científica, proporciona un apoyo en cuanto a la descripción con exactitud y de forma metódica la población, contexto y problema identificado. Para McCombes (2022), este tipo de investigación logra responder al qué, dónde, cómo y cuándo de una pregunta problema inicial, utilizando una variedad de métodos de investigación para poner en claro una o más variables teniendo en cuenta que no se tiene influencia sobre ellas sino solamente las observa y mide, lo cual resulta óptimo para la realización de esta investigación una vez que su pregunta problema establecida está sesgada por ¿Cómo un modelo de gestión del mantenimiento aplicado a los motores modificados para competencia, del equipo Autostok Team, puede reducir los costos asociados al mantenimiento y aumentar la eficiencia operativa?. De esta forma, la investigación descriptiva es una opción apropiada en cuanto a la identificación de características y contexto de Autostok Team frente a su gestión de mantenimiento, contextualización inicial y resolución de la pregunta problema establecida, lo que posteriormente proporcionará los conocimientos iniciales necesarios para el desarrollo del modelo de gestión mantenimiento propuesto como objetivo.

6.2 Enfoque de Investigación

Dentro del proceso de investigación se abordó un enfoque de investigativo mixto, en el cual se realizó la recolección, análisis y documentación de información técnica de los motores modificados F4R de Autostok Team, así como también el proceso de gestión de mantenimiento

efectuado y los datos relativos a fallas, eficiencia operacional y costos de mantenimiento que acarrea el equipo de competencia.

Por su parte, el enfoque de investigación cuantitativa según Sampieri (2004) mediante la recopilación y análisis de datos numéricos y estadísticos que proporcionen un sistema de conteo, permite contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente con el fin de determinar el comportamiento en una población de estudio. Implementando este enfoque de investigación, fue posible realizar la recolección y análisis de los datos operacionales y relativos a los costos derivados de la gestión de mantenimiento y operación de los motores modificados F4R de Autostok Team.

Así mismo, el enfoque cualitativo, según Sampieri (2004) se basa en la recolección de datos no numéricos posterior a la observación y descripción del investigador, dando detalle de los atributos que mediante la observación se lograron identificar en un grupo poblacional anteriormente definido como marco de estudio. Dentro de este enfoque, la investigación realiza una plena descripción de los procesos y modelo de mantenimiento para la gestión del mantenimiento a realizar por el equipo de competición. De igual forma, la descripción de las modificaciones, características físicas y detalles de operación, son aspectos cualitativos que se enmarcan en este enfoque de investigación.

6.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información.

Para su desarrollo, el presente proyecto acogió técnicas e instrumentos de recolección de información que lograra segmentar información veraz, con bases técnicas correctas y de fácil adquisición.

En primer lugar, se incorporó la herramienta de *entrevista abierta* que permitiera entablar una reunión técnica de intercambio de información entre el personal idóneo y los investigadores. Su principal objetivo fue conocer desde la parte técnica como han sido las modificaciones indocumentadas de los motores F4R, siendo el personal técnico el único con el conocimiento sobre estas actividades de modificación y mantenimiento.

Por otra parte, el instrumento empleado para la identificación del estado actual del proceso de mantenimiento en el desarrollo de este proyecto fue el análisis de datos suministrados por *Autostok Team*, permitiendo identificar los puntos a mejorar en este proceso.

6.4 Metodología

El desarrollo del proyecto se vio inmerso en 3 fases definidas por los objetivos establecidos. El proceso que permite su ejecución y las actividades establecidas en cada uno de estos se describen a continuación:

Fase 1. Determinar el estado actual del proceso de gestión del mantenimiento y operación de los motores modificados utilizados en competencia.

Esta fase inicial está compuesta por los procesos de identificaciones de modificaciones, actividades de mantenimiento actuales y su clasificación, información operativa, y la clasificación de las fallas presenten en los motores modificados como parte del estudio de la condición inicial o actual de la gestión de mantenimiento de *Autostok Team*. Para llevar a cabo esta fase en primera instancia se realizan actividades de recolección y análisis de información, seguido por la determinación de procedimientos, elaboración de registros documentales a seguir, e implementación de herramientas de mantenimiento acordes que permitan la mejora de la gestión del mantenimiento.

Fase 2. Establecer las condiciones actuales de la eficiencia operativa de los motores modificados utilizados en competencia y los costos relacionados con la actual gestión del mantenimiento.

Componen esta fase los procesos relacionados con la determinación de la eficiencia operacional de los motores modificados, las posibles pérdidas relacionadas con esta, y los costos de mantenimiento acarreados a las actividades de mantenimiento. Esto es desarrollando mediante la ejecución de actividades de tipo analítico, documental y estratégico, cuya culminación permitió el desarrollo de nociones actuales de costos y eficiencias operacionales las cuales puedan mejorar mediante la implementación del modelo de gestión de mantenimiento.

Fase 3. Plantear un modelo de gestión del mantenimiento para los motores utilizados en competencia, acorde a las modificaciones y operaciones.

Una vez realizadas las 2 fases anteriores, identificado el problema técnico, de gestión y financiero, en la fase 3 se dispuso el desarrollo de las mejoras necesarias para el plan de mantenimiento de los motores modificados, seguido por el análisis del tipo de mantenimiento requerido para garantizar la operación de los motores modificados, y por último el desarrollo del modelo de gestión de mantenimiento adecuado para los motores modificados utilizados en competencia.

El desarrollo de estos procesos fue realizado gracias a actividades de tipo estratégico como la implementación de herramientas de gestión de mantenimiento, análisis técnico del proceso de mantenimiento, y la centralización en las necesidades operacionales de los motores modificados utilizados por Autostok Team.

En la siguiente tabla se podrá evidenciar el proceso metodológico anteriormente descrito, con cada una de las actividades requeridas que permitirán la obtención de una adecuada gestión y realización de mantenimiento a motores modificados.

Tabla 1. Metodología de la investigación

FASE	PROCESO	ACTIVIDADES
1. Determinar el estado actual del proceso de gestión del mantenimiento y operación de los motores modificados utilizados en competencia.	1.1. Identificar las modificaciones realizadas a los motores de competencia y las averías relacionadas	1.1.1. Determinar procedimientos de inspección para identificar modificaciones en los motores utilizados en competencia
		1.1.2. Determinar procedimientos de revisión de documentación relacionada con registros de modificaciones realizadas
		1.1.3. Establecer documentación para registro y control de modificaciones instaladas en los motores
		1.1.4. Determinar procedimientos para identificación de averías o fallas relacionadas a las modificaciones
		1.1.5. Establecer documentación para registro y control de averías presentadas en los motores modificados
		1.1.6. Consolidar proceso de identificar las modificaciones de un motor de competencia y averías relacionadas
	1.2. Identificar y clasificar las actividades de mantenimiento actuales realizadas a los motores modificados	1.2.1. Determinar procedimientos para obtener información de los registros y manuales de mantenimiento aplicables de los motores modificados
		1.2.2. Establecer documentación de registro y control de tareas de mantenimiento realizadas
		1.2.3. Determinar parámetros de clasificación de actividades de mantenimiento
		1.2.4. Establecer documentación de registro y control de actividades de mantenimiento por clasificación
	1.3. Recopilar información de operación del motor modificado	1.3.1. Determinar procedimientos para recopilar información referente a la operación del motor modificado
		1.3.2. Establecer documentación de registro y control de los parámetros de operación del motor modificado

2. Establecer las condiciones actuales de la eficiencia operativa de los motores modificados utilizados en competencia y los costos relacionados con la actual gestión del mantenimiento	2.1. Determinar la eficiencia de los motores modificados	2.1.1. Establecer procedimientos para determinar la disponibilidad de los motores modificados y su porcentaje de participación.
		2.1.2. Establecer lo procedimientos para determinar el rendimiento operativo de los motores utilizados en competencia
		2.1.4. Establecer la documentación de registro y control de eficiencia de los motores
	2.3 Analizar los costos relacionados con el mantenimiento actual	2.2.1. Establecer procedimientos para determinar los costos directos e indirectos en el mantenimiento actual de los motores modificados
		2.2.2. Establecer la documentación de registro y control de los costos relacionados con el mantenimiento de los motores modificados
3. Plantear un modelo de gestión del mantenimiento para los motores utilizados en competencia, acorde a las modificaciones y operaciones	3.1. Identificar las mejoras necesarias del plan de mantenimiento de acuerdo a las fallas presentadas en la operación	3.1.1. Aplicar 5s en los recursos del mantenimiento (humano y logístico)
		3.1.2. Establecer indicadores de control en el mantenimiento
		3.1.3. Establecer listas de chequeo en las actividades de mantenimiento
	3.2. Analizar qué tipo de mantenimiento son idóneos para garantizar la operación de los motores modificados	3.2.1. Establecer matriz de criticidad en las actividades de mantenimiento
		3.2.2. Establecer flujo grama para las actividades de mantenimiento realizadas
		3.2.3. Establecer procedimientos para la realización de tareas de mantenimiento
	3.3. Determinar un modelo de gestión de mantenimiento adecuado para los motores modificados utilizados en competencia	3.3.1. Establecer políticas de calidad en las actividades del mantenimiento
		3.3.2. Establecer procedimientos de gestión y control en los recursos del mantenimiento (humano y logístico)
		3.3.3. Establecer diagrama general del modelo de mantenimiento con los procesos involucrados
		3.3.4. Establecer el modelo según las necesidades del motor modificado

Nota: Esta tabla muestra las 3 fases que componen este proyecto con sus procesos y actividades correspondientes. Elaboración propia.

6.5 Cronograma

Tabla 2. Programación de actividades fase 1 del proyecto.

FASE	PROCESO	ACTIVIDADES	DURACION																									
			MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1. Determinar el estado actual del proceso de gestión del mantenimiento y operación de los motores modificados utilizados en competencia.	1.1. Identificar las modificaciones realizadas a los motores de competencia y las averías relacionadas	1.1.1. Determinar procedimientos de inspección para identificar modificaciones en los motores	█	█	█	█																						
		1.1.2. Determinar procedimientos de revisión de documentación relacionada con registros de modificaciones realizadas	█	█	█	█																						
		1.1.3. Establecer documentación para registro y control de modificaciones instaladas en los motores	█	█	█	█																						
		1.1.4. Determinar procedimientos para identificación de averías o fallas relacionadas a las modificaciones	█	█	█	█																						
		1.1.5. Establecer documentación para registro y control de averías presentadas en los motores modificados	█	█	█	█																						
	1.2. Identificar las actividades de mantenimiento actuales realizadas a los motores modificados	1.2.1. Determinar procedimientos para obtener información de los registros de actividades de mantenimiento realizadas	█	█	█	█																						
		1.2.2. Determinar procedimientos para obtener información de los manuales de mantenimiento de los motores modificados	█	█	█	█																						
		1.2.3. Establecer documentación de registro y control de tareas de mantenimiento realizadas	█	█	█	█																						
	1.3. Recopilar información de operación del motor modificado	1.3.1. Determinar procedimientos para recopilar información referente a la operación del motor modificado		█	█	█	█																					
		1.3.2. Establecer documentación de registro y control de los parámetros de operación del motor modificado		█	█	█	█																					
	1.4. Clasificar las actividades de mantenimiento actual	1.4.1. Determinar parámetros de clasificación y documentación de registro y control			█	█	█	█																				
		1.4.2. Aplicar 5s y documentar las actividades de mantenimiento			█	█	█	█																				
	1.5. Clasificar fallas según su relación con la operación	1.5.1. Realizar flujo grama de falla y determinar su origen			█	█	█	█																				
		1.5.2. Realizar matriz de falla y determinar su criticidad.			█	█	█	█																				
		1.5.3. Establecer documentación de registro y control para las fallas			█	█	█	█																				

Nota: En la tabla se puede observar la programación de actividades realizada para la fase

1 del proyecto con una duración de 2 meses. Elaboración propia.

Tabla 3. Programación de actividades fase 2 del proyecto

FASE	PROCESO	ACTIVIDADES	DURACION																								
			MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2. Establecer las condiciones actuales de la eficiencia operativa de los motores modificados utilizados en competencia y los costos relacionados con la actual gestión del mantenimiento	2.1. Determinar la eficiencia de los motores modificados	2.1.1. Establecer procedimientos para determinar la disponibilidad de los motores modificados y su porcentaje de participación.																									
		2.1.2. Establecer lo procedimientos para determinar el rendimiento operativo de los motores utilizados en competencia																									
		2.1.4. Establecer la documentación de registro y control de eficiencia de los motores																									
		2.3 Analizar los costos relacionados con el mantenimiento actual																									
		2.2.1. Establecer procedimientos para determinar los costos directos e indirectos en el mantenimiento actual de los motores modificados																									
	2.2.2. Establecer la documentación de registro y control de los costos relacionados con el mantenimiento de los motores modificados																										

Nota: En la tabla se puede observar la programación de actividades realizada para la fase 2 del proyecto con una duración de 3 meses. Elaboración propia.

Tabla 4. Programación de actividades fase 3 del proyecto

FASE	PROCESO	ACTIVIDADES	DURACION																							
			MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3. Plantear un modelo de gestión del mantenimiento para los motores utilizados en competencia, acorde a las modificaciones y operaciones	3.1. Identificar las mejoras necesarias del plan de mantenimiento de acuerdo a las fallas presentadas en la operación	3.1.1. Aplicar 5s en los recursos del mantenimiento (humano y logístico)																								
		3.1.2. Analizar el desarrollo o ejecución de las actividades de mantenimiento																								
		3.1.3. Establecer indicadores de control en el mantenimiento																								
		3.1.4. Establecer listas de chequeo en las actividades de mantenimiento																								
	3.2. Analizar qué tipo de mantenimiento son idóneos para garantizar la operación de los motores modificados	3.2.1. Establecer matriz de criticidad en las actividades de mantenimiento																								
		3.2.2. Establecer flujo grama para las actividades de mantenimiento realizadas																								
		3.2.3. Establecer procedimientos para la realización de tareas de mantenimiento																								
	3.3. Determinar un modelo de gestión de mantenimiento adecuado para los motores modificados utilizados en competencia	3.3.1. Establecer políticas de calidad en las actividades del mantenimiento																								
		3.3.2. Establecer procedimientos de gestión y control en los recursos del mantenimiento (humano y logístico)																								
		3.3.3. Establecer diagrama general del modelo de mantenimiento con los procesos involucrados																								
		3.3.4. Establecer el modelo según las necesidades del motor modificado																								

Nota: En la tabla se puede observar la programación de actividades realizada para la fase 3 del proyecto con una duración de 3 meses. Elaboración propia.

7. Resultados

7.1. Estado actual del proceso de gestión del mantenimiento y operación de los motores modificados utilizados en competencia.

Para determinar el estado actual del mantenimiento y la operación de los motores utilizados en competencia, es necesario realizar una serie de procedimientos, basados en inspecciones al motor, revisión de documentación relacionada a las modificaciones, y la recopilación de los datos relacionados a la operación y las fallas presentadas. Aunque el presente proyecto se basa en los motores modificados utilizados en competición por la empresa Autostok Team, todos los procedimientos y procesos aquí mencionados se pueden implementar en cualquier otro tipo de activo o motor que haya sido sometido a modificaciones para mejorar su rendimiento o largar su ciclo de vida y que no posea una adecuada gestión del mantenimiento.

7.1.1. Identificación modificaciones y averías relacionadas

Para conocer el estado actual del proceso de mantenimiento se requiere conocer las modificaciones realizadas al motor o equipo en cuestión y las fallas relacionadas. Para identificar las modificaciones es imperativo estandarizar los procedimientos de inspección buscando identificar las modificaciones que no fueron registradas previamente y crear la documentación para registro y control de los hallazgos. Así mismo se requiere verificar la documentación relacionada a las modificaciones y averías presentadas, de igual manera se requiere establecer los procedimientos y documentación requerida para un adecuado control de los hallazgos.

7.1.1.1. Procedimientos de inspección para determinar modificaciones del equipo o motor

Con el fin de estandarizar los procedimientos de inspección para identificar las modificaciones del equipo o motor en cuestión, se establecerá un procedimiento o conjunto de actividades enfocadas a cada sistema involucrado en el equipo y que está asociado o una modificación. Es de aclarar que el siguiente procedimiento es para aquellas modificaciones que no fueron registradas o documentadas. En la tabla 1. Se muestra el formato IM-1-1-1 Procedimiento De Inspección Para Identificación De Modificaciones En Equipos O Motores, donde se detalla las actividades para realizar las inspecciones requeridas de manera general a cualquier activo, para efectos de aplicabilidad cada empresa puede modificar su contenido de manera que se adapte a sus necesidades, o las necesidades del activo a inspeccionar, sin embargo de formaba general el formato debe contener los pasos, las actividades de seguridad y las específicas, y el responsable de la labor, es de aclarar que las siglas IM en la nomenclatura del formato hace referencia a Identificación de Modificaciones, y estas pueden ser modificadas según la necesidad de cada compañía. En la figura 1 se muestra el flujo grama F-1-1-1, requerido para identificar la modificación en el equipo o motor utilizando la información de diseño de fábrica del equipo o motor y comprándola con lo encontrando durante la inspección, es de aclarar que la F que se utiliza como prefijo en la nomenclatura hace referencia a la palabra Flujograma y esta puede ser modificada según la necesidad de cada compañía.

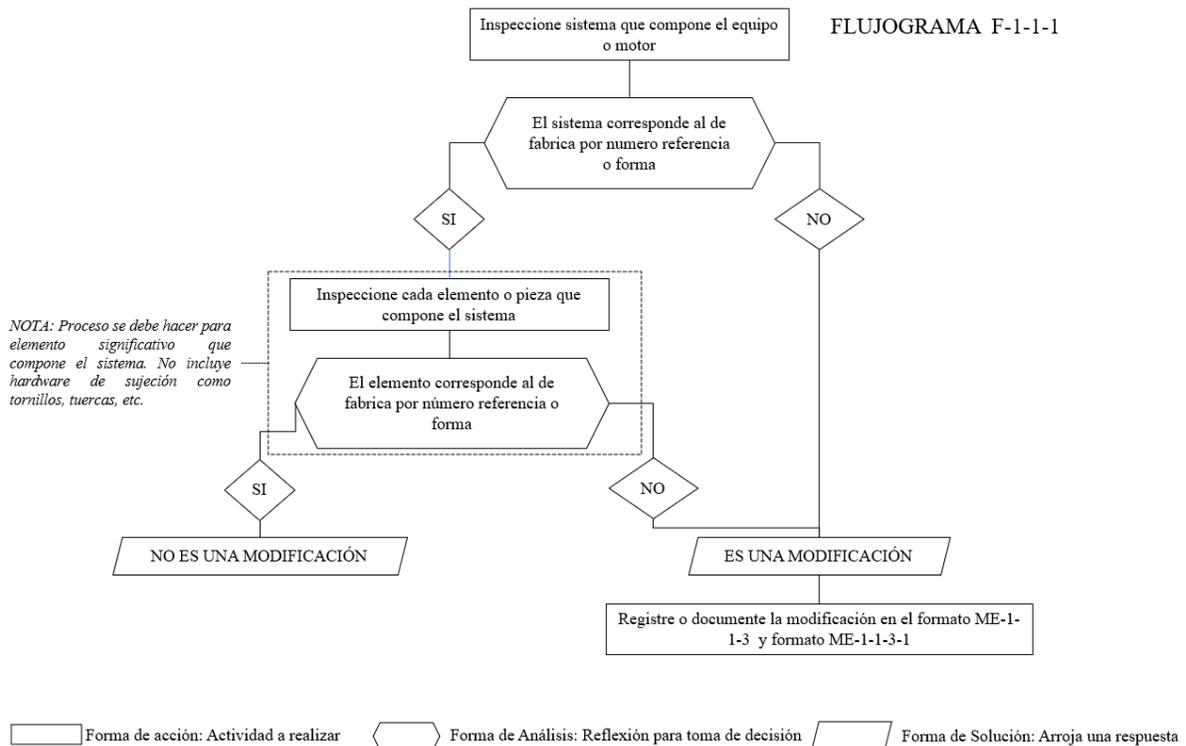
Tabla 5. Procedimiento de inspección para identificación de modificaciones en un equipo o motor.

FORMATO IM-1-1-1	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN PARA IDENTIFICACIÓN DE MODIFICACIONES EN EQUIPOS O MOTORES	FECHA	
ÍTEM	ACTIVIDAD	OBSERVACIÓN	RESPONSABLE
1	Prepare en área y verifique que se cumpla con las condiciones de seguridad requeridas.		
2	Prepare todos los epp requeridos como guantes, gafas, protectores aditivos etc.		
3	Prepare la herramienta y equipos requeridos para realizar una inspección (espejo, linterna, desarmador ,etc.)		
4	Retire los cobertores o tapas para ganar acceso a todas Las partes del equipo o motor		
5	Identifique cada uno de los sistemas que componen el motor o equipo		
6	Inspeccione cada uno de los componentes o elementos que conforman cada sistema y Aplique el flujo grama de identificación de modificaciones (ver figura 1)		
7	Registre las modificaciones halladas, en el formato ME-1-1-3 o documento equivalente y actualice el formato ME-1-1-3-1 o documento equivalente		
8	Coloque todos los cobertores retirados previamente		
9	Devuelva el equipo o motor en las condiciones iniciales y de operación		

Rubrica de llenado: **ÍTEM:** establece el numero de pasos. **ACTIVIDAD:** establece las tareas a realizar y pueden ser adaptadas a cada activo. **OBSERVACIÓN:** se coloca la palabra *CUMPLIDO* en caso de haber ejecutado la tarea, de lo contrario se coloca la novedad encontrada o motivo no cumplimiento. **RESPONSABLE:** se coloca la firma de la persona que ejecuto la tarea o coloco la observación.

Nota: Elaboración propia.

Figura. 4 Flujo grama de identificación de una modificación en un equipo o motor



Nota: Elaboración propia.

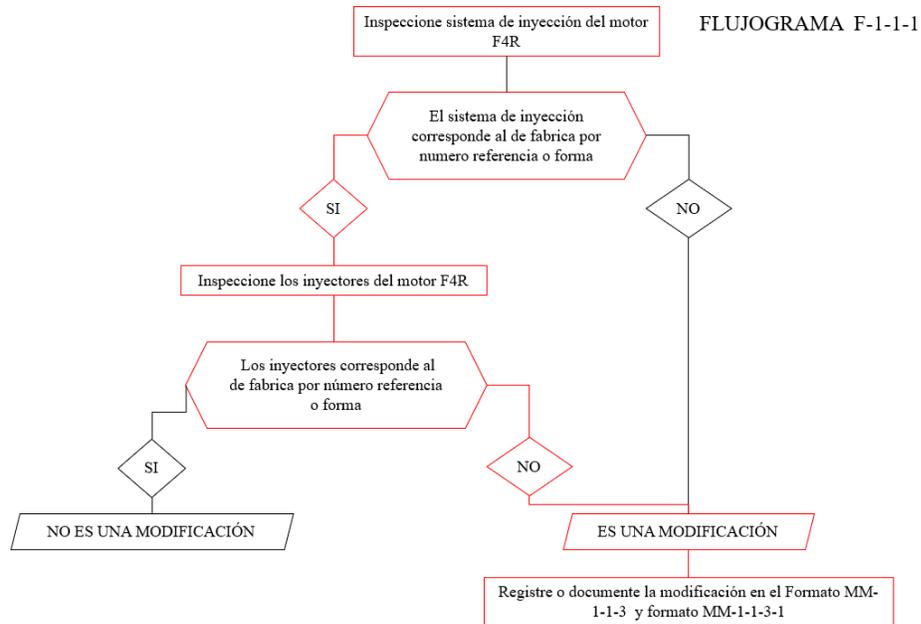
Para un mejor entendimiento de los procedimientos relacionados anteriormente en la tabla 6 y figura 4 se muestra un ejemplo de formato IM1-1-1 y flujograma F-1-1-1, aplicado al motor F4R modificado para competencia respectivamente.

Tabla 6. Ejemplo Formato IM-1-1-1 del motor F4R modificado utilizado en competencia.

FORMATO IM1-1-1	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN PARA IDENTIFICACIÓN DE MODIFICACIONES EN MOTOR F4R	AUTOSTOK TEAM	FECHA
ÍTEM	ACTIVIDAD	OBSERVACIÓN	RESPONSABLE
1	Apague y deje enfriar el motor		
2	Ubique el vehículo en un elevador hidráulico o en rampa para tener acceso a la parte inferior		
3	Prepare todos los epp requeridos como guantes, gafas, protectores auditivos etc.		
4	Prepare la herramienta y equipos requeridos para realizar una inspección (espejo, linterna, desarmador, etc.)		
5	abra el capot, retire los cobertores y tapas inferiores para ganar acceso a todas Las partes del equipo o motor		
6	inspeccione el sistema de inyección del motor F4R e identifique si es una modificación (ver flujograma de decisión)		
7	Inspeccione cada uno de los componentes o elementos que conforman el sistema de inyección e identifique si es una modificación (ver flujograma de decisión)		
8	Registre las modificaciones halladas, en el formato MM-1-1-3 y actualice el formato MM-1-1-3-1		
9	Coloque todos los cobertores y tapas inferiores retirados previamente y cierre el capot		
10	Retire el vehículo del elevador o rampa y estacione en lugar seguro		

Nota: Elaboración propia.

Figura. 5 Ejemplo Flujograma F-1-1-1 del motor F4R modificado utilizado en competencia.



Nota: Elaboración propia.

7.1.1.2. Procedimientos de revisión de documentación para identificar modificaciones.

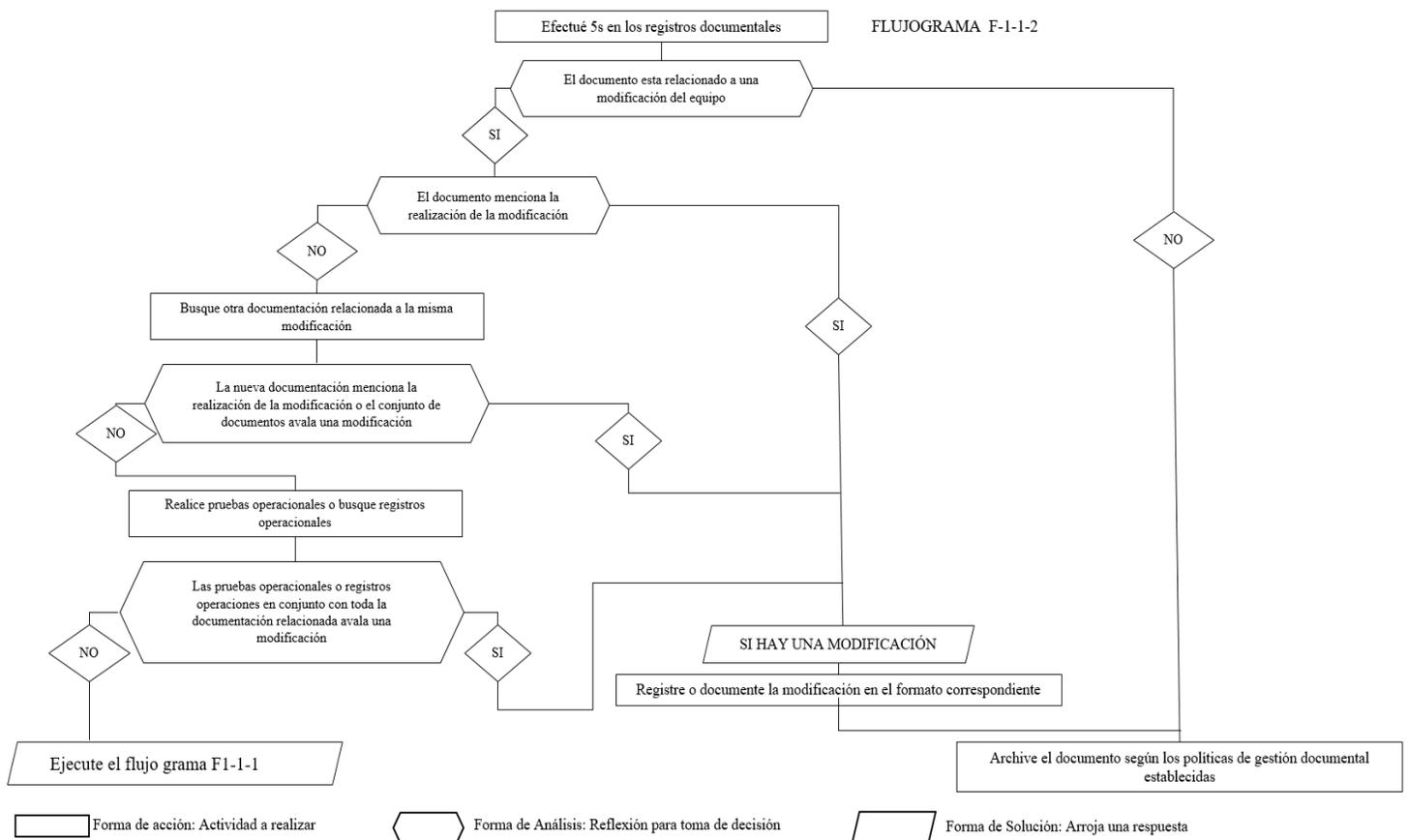
Una parte importante en el la gestión del mantenimiento es la información documentada, refiriéndose a los registro y documentos que sirven para apoyar los procesos y llevar un adecuado control de los procedimientos realizados a los activos(Rosal, 2017). En algunos equipos o motores modificados como en el caso del motor F4R, hay modificaciones que no son detectables realizando una simple inspección visual al activo. Para este tipo de modificaciones no visibles, el procedimiento para identificarlas requiere un trabajo más exhaustivo recurriendo a un desarme total del motor o equipo en cuestión, para tal caso el procedimiento descrito en el punto 1.1.1., llevaría actividades adicionales que conduciría a sobrecostos. Una manera más sencilla y práctica de verificar las modificaciones no visibles es revisar la documentación relacionada, como órdenes de compra de elementos no descritos en el manual de fabricante, ordenes de trabajo para la realización de las modificaciones de los sistemas del activo, registros de parámetros de operación con valores muy superiores en desempeño. Por ejemplo para el motor F4R una modificación no visible es la que se realiza al sistema de combustión o a elementos como pistón y biela, para identificar estas modificaciones, hacerlo de manera visual requiere de arduo trabajo, por otro lado la documentación asociada a órdenes de compra de los pistones o bielas cuya referencia es diferente a la de línea de fábrica, o, la orden de trabajo que cite la modificación de este tipo de elementos, o, un registro de parámetros de operación donde la potencia supera significativamente los valores de línea de fábrica, pueden ser válidas para identificar una modificación no visible.

Para hacer una buna identificación de la documentación relacionada a las modificaciones es necesario aplicar una metodología. La metodología de las 5s puede resultar muy útil en la

labor de clasificación de registros documentales (Lopez, 2022). Aplicando las 5s para gestión documental: Seiri-clasificar, se deben realizar un proceso de clasificación en toda documentación relacionada con el mantenimiento enfocándose en los registros relevante para la identificación de las modificaciones en el equipo o motor. Seiton- Organizar, se debe realizar un proceso de organización en la documentación ubicando los registros de sistemas similares un grupo, por ejemplo, si hay órdenes de compra y de trabajo para el sistema de inyección del motor F4R con la misma serie estos se deben ubicar en una sola clasificación. Seiso- Limpieza, es un proceso que se debe realizar al lugar donde se ubica la documentación, de la misma manera que se debe mantener unos registros documentales limpios, para garantizar su legibilidad. Seiketsu- Estandarizar, aplicar y mantener los anteriores lineamientos permiten alcanzar este punto, garantizando una constante mejora en los procesos de revisión de la documentación relacionada con las modificaciones de los equipos. Shitsuke- Disciplina, Se debe generar un hábito constante hacia el orden y estandarización de los registros documentales relacionados con el mantenimiento para poder mantener el control de los mismos.

Una vez se haga una adecuada clasificación de la documentación conviene realizar un procedimiento donde se establezcan y registren las modificaciones de los equipos o motores correspondientes. En la figura 3. Se muestra un flujo grama F-1-1-2 que permite identificar las modificaciones realizadas a un activo mediante la revisión de la documentación.

Figura. 6 Flujo grama de identificación de una modificación mediante revisión de documentación.

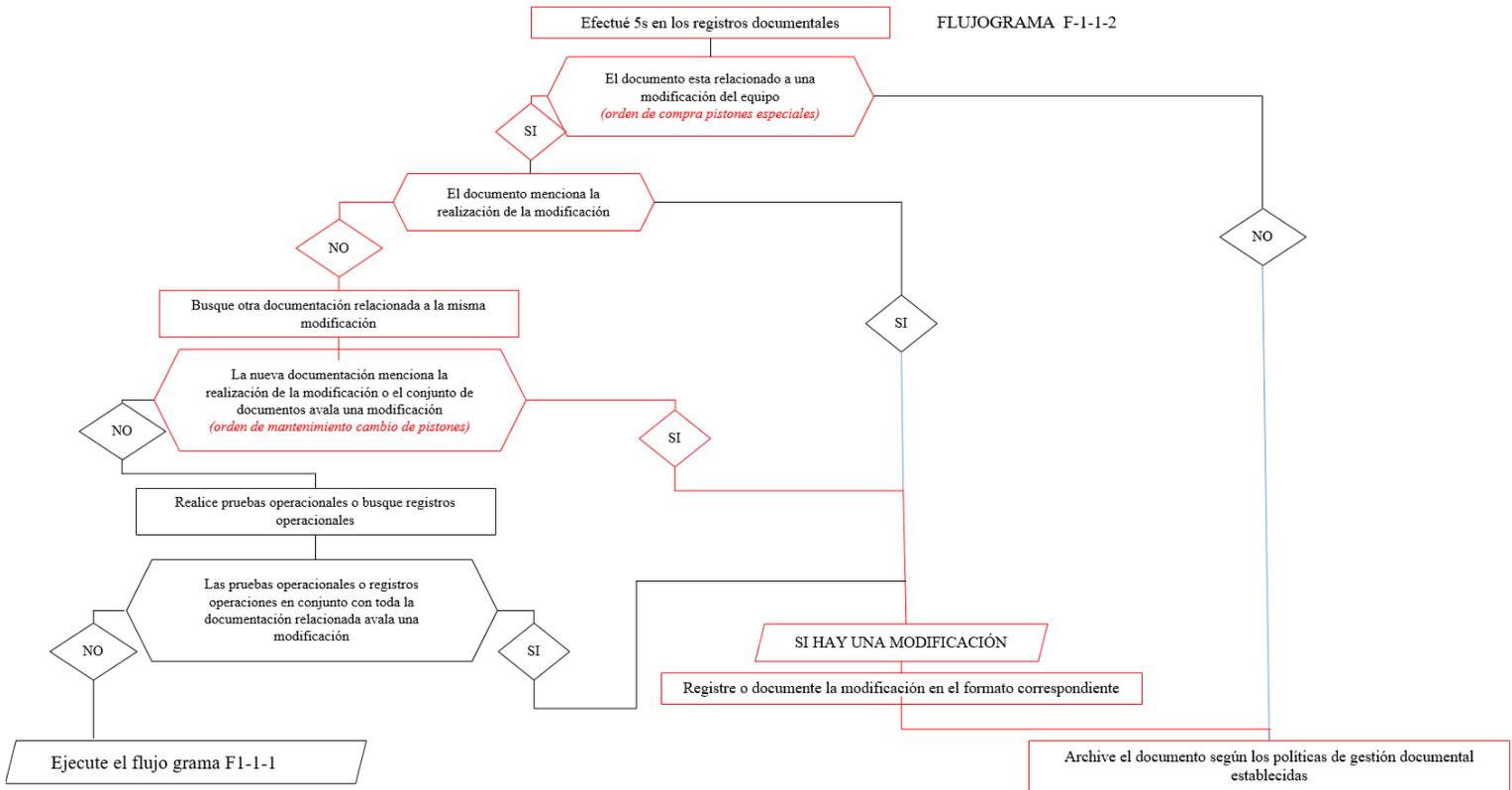


Nota: Elaboración propia.

Para un mejor entendimiento del flujograma F-1-1-2, y tomando como ejemplo el motor tipo F4R al cual se le realizan una serie de modificaciones a las bielas y pistones, es decir modificaciones no visibles, el flujograma puede proceder de distinta manera, dependiendo del conjunto de documentos, previamente clasificados. Supongamos que durante la implementación de las 5s a la documentación se encontraron 2 registros, el primero detalla una orden de compra de 4 pistones con características especiales y con numero de referencia distinta a la del fabricante, y el segundo una orden de ejecución de una tarea de mantenimiento relacionada a un cambio de pistones, de fábrica por unos con características especiales, cuya referencia es igual a

la establecida en la orden de compra anteriormente relacionada, en este caso se evidencia documental mente que hubo modificación y el proceder del flujo grama se muestra en la figura 6.

Figura. 7 Ejemplo flujograma de identificación de una modificación mediante revisión de documentación.



Nota: Elaboración propia.

7.1.1.3. Documentación para registro y control de modificaciones.

Los registros documentales son parte fundamental en la gestión del mantenimiento, dado que permiten llevar un mejor control de los activos en cuanto a condición y necesidades. Para los equipos modificados como los motores F4R utilizados por la empresa Autostok para competir, llevar un control sobre las todas las alteraciones realizadas permiten realizar un mejor análisis de las fallas presentadas y de las actividades de mantenimiento relacionadas, adicionalmente

permite efectuar una mejor gestión del inventario de repuestos requeridos inherentes a las modificaciones, de la misma manera que facilita el análisis de los costos relacionados.

En la tabla 7 se muestra el formato ME-1-1-3 Modificación Específica, donde se establece la información básica requerida para el registro de una modificación realizada en cualquier equipo, es de aclarar de las siglas ME utilizadas como prefijo en la nomenclatura del formato hacen referencia a Modificaciones de Equipo si se desea implementar este formato en un motor se podría utilizar las siglas MM en referencia a Modificaciones de Motor. La tabla 8 muestra el formato ME-1-1-3-1 Consolidado de modificaciones, donde se enlista todas las modificaciones realizadas en un mismo equipo. Para una mejor comprensión y aplicabilidad de los formatos ME-1-1-3 y ME-1-1-3-1 en la tabla 9 y 10 se muestra los formatos adaptados al motor f4R modificado respectivamente.

Tabla 7. Formato de registro de modificaciones específicas de un activo.

FORMATO ME-1-1-3	MODIFICACIÓN ESPECÍFICA DE UN EQUIPO		FECHA
EQUIPO:	MODELO: _____		SERIE: _____
UBICACIÓN:	TIPO: _____		POTENCIA: _____
SISTEMA MODIFICADO	Eléctrico <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
	Mecánico <input type="checkbox"/>	Cual: _____	
	Neumático <input type="checkbox"/>	_____	
	Hidráulico <input type="checkbox"/>	_____	
	MODIFICACIÓN TOTAL <input type="checkbox"/>		MODIFICACIÓN PARCIAL <input type="checkbox"/>
Descripción:	_____		Descripción: _____
Referencia:	_____		Referencia: _____
Fabricante:	_____		Fabricante: _____
Fecha de Modificación:	Inspeccionado por:	Firma:	
Rubrica de llenado: FECHA: Coloque la fecha de llenando del formato. EQUIPO: Nombre del activo. MODELO/SERIE: Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición. UBICACIÓN: Coloque la ubicación en la planta, línea de producción, para el caso de motores coloque el equipo(vehículo) al cual pertenece. TIPO: Coloque el tipo según su fuente de funcionamiento (eléctrico, gasolina, diésel, hidráulico, etc.) SISTEMA MODIFICADO: Seleccione con una "x" la casilla correspondiente al sistema que se modifico, en caso de no tener selección marque la casilla "otro" y describa cual. MODIFICACIÓN TOTAL: Marque esta casilla con una "x" si todo el subsistema anteriormente seleccionado fue cambiado por ejemplo si a un compresor de aire se le modifico el motor y la instalación eléctrica total. Descripción: Describa la modificación realizada. Referencia: indique el numero de referencia del elemento nuevo. Fabricante: indique el fabricante del elemento nuevo. estos tres últimos aplica de la misma manera para modificación parcial. MODIFICACIÓN PARCIAL: Marque esta casilla con una "x" cuando el subsistema solo fue modificado por cambio de algún elemento, por ejemplo en un sistema hidráulico solo se modificaron unas válvulas. FECHA DE MODIFICACIÓN: Coloque la fecha de la instalación de la modificación, si no se tiene, coloque la misma fecha de llenado del formato. Inspeccionado por: Coloque el nombre de la persona llena el formato. Firma: Firma de la persona que llena el formato.			

Nota: Elaboración propia.

Tabla 8. Formato de registro Consolidado de modificaciones específicas de un activo.

FORMATO ME-1-1-3-1	CONSOLIDADO DE MODIFICACIONES DE EQUIPO				FECHA ACTUALIZACIÓN
EQUIPO: _____		MODELO: _____		SERIE: _____	
UBICACIÓN: _____		TIPO: _____		POTENCIA: _____	
ÍTEM	MODIFICACIÓN	REFERENCIA	SISTEMA	FECHA MODIFICACIÓN	RESPONSABLE
1					
2					
3..					
<p>Rubrica de llenado: FECHA ACTUALIZACIÓN: Coloque la fecha de llenando del formato. EQUIPO: Nombre del activo. MODELO/SERIE: Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición. UBICACIÓN: Coloque la ubicación en la planta, línea de producción, para el caso de motores coloque el equipo(vehículo) al cual pertenece. TIPO: Coloque el tipo según su fuente de funcionamiento (eléctrico, gasolina, diésel, hidráulico, etc.). ÍTEM: consecutivo de la modificación. MODIFICACIÓN: describa la modificación como en el formato ME-1-1-3. REFERENCIA: coloque el numero de referencia de la modificación. SISTEMA: Coloque el sistema afectado. FECHA DE MODIFICACIÓN: Coloque la fecha de la instalación de la modificación, si no se tiene, coloque la misma fecha de llenado del formato o fecha de actualizacion. RESPONSABLE: firma de la persona que llena el formato</p>					

Nota: Elaboración propia.

Tabla 9. Formato de registro de modificaciones Especificas de motor F4R utilizado en competencia

FORMATO MM-1-1-3	MODIFICACIÓN MOTOR			AUTOSTOK TEAM	FECHA: 03-MAY-2023
EQUIPO: _____	Motor	MODELO: F4R	SERIE: _____	55JC34AB	
UBICACIÓN: _____	Vehículo 32 Sandero RS	TIPO: Gasolina	POTENCIA: _____	180CV	
SISTEMA	Bloque o potencia	<input type="checkbox"/>	Lubricación	<input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>
	Refrigeración	<input type="checkbox"/>	Eléctrico	<input type="checkbox"/>	Cual: _____
MODIFICADO	Admisión	<input type="checkbox"/>	Culata	<input checked="" type="checkbox"/>	_____
	Escape	<input type="checkbox"/>			_____
MODIFICACIÓN TOTAL <input type="checkbox"/>			MODIFICACIÓN PARCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		
Descripción: _____			Descripción: Cepillado de culata		
Referencia: _____			Referencia: 8200052311		
Fabricante: _____			Fabricante: RENAULT		
Fecha de Modificación: 3-may-23	Inspeccionado por: Yeyson Chitiva		Firma: _____		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 10. Formato de registro de Consolidado de modificaciones Especificas de motor F4R utilizado en competencia.

FORMATO MM-1-1-3-1	CONSOLIDADO DE MODIFICACIONES MOTOR			AUTOSTOK TEAM	FECHA ACTUALIZACIÓN 5-may-23
EQUIPO:	Motor	MODELO:	F4R	SERIE:	55JC34AB
UBICACIÓN:	Vehículo 32 Sandero RS	TIPO:	Gasolina	POTENCIA:	180CV
ÍTEM	MODIFICACIÓN	REFERENCIA	SISTEMA	FECHA MODIFICACIÓN	RESPONSABLE
1	Cepillado de culata	8200052311	Culata	3-may-23	Yeison Chitiva
2	Cambio de Válvulas de Admisión	MT539011	Culata	3-may-23	Yeison Chitiva
3	Cambio de Válvulas de Escape	MT539014	Culata	3-may-23	Yeison Chitiva
4	Cambio de resortes por unos de mayor dureza	ADM/ESC FZ 16	Culata	3-may-23	Yeison Chitiva
5	Porting de ductos de admisión	8200052311	Culata	3-may-23	Yeison Chitiva
6	Porting de ductos de escape	8200052311	Culata	4-may-23	Yeison Chitiva
7	Sustitución de pistones	APRCUSTOM125698	Bloque o potencia	4-may-23	Yeison Chitiva
8	Cambio de bielas por unas forjadas	APRF4RCUSTOM 346789	Bloque o potencia	4-may-23	Yeison Chitiva
9	Cambios de casquetes de cigüeñal por unos de competición	5M7807H	Bloque o potencia	4-may-23	Yeison Chitiva
10	Cambios de casquetes de biela por unos de competición	4B7820H	Bloque o potencia	4-may-23	Yeison Chitiva
11	Sustitución de múltiple de admisión	140037159R/Modificado para mayor flujo de aire	Admisión	5-may-23	Yeison Chitiva
12	Sustitución de múltiple de escape	8200137449/ Modificado para menor restricción	Escape	5-may-23	Yeison Chitiva

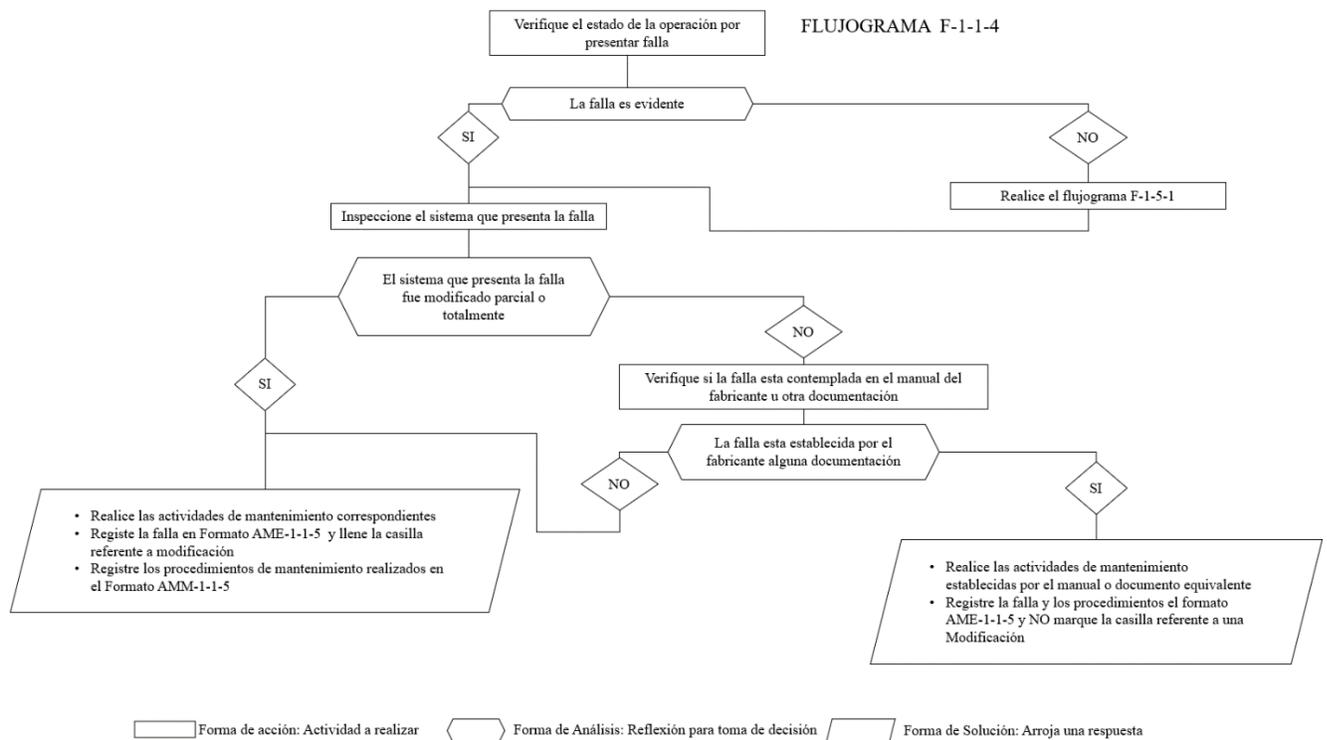
Nota: Consolidado de modificaciones del motor F4R. Elaboración propia mediante información de Autostok Team.

7.1.1.4. Procedimientos para determinar fallas o averías relacionada a las modificaciones de un equipo.

En el marco de la gestión del mantenimiento conocer las condiciones del activo es parte fundamental para el correcto desarrollo del mantenimiento que garanticen el adecuado funcionamiento. Identificar plenamente las fallas o averías presentadas, permite establecer las actividades de mantenimiento requeridas para devolver el equipo a la operación.

En un motor modificado utilizado para competencia como el F4R, muchas de las fallas en la operación pueden estar relacionada con las modificaciones realizadas o son fallas inherentes al diseño de fábrica. En la figura 7 se muestra el flujograma F-1-1-4, que establece un conjunto de pasos para identificar directamente las fallas relacionadas con las modificaciones realizadas a un equipo. Es de aclarar que el flujograma no describe pasos para identificar fallas, para estos casos se utilizan las tareas de mantenimiento e inspección previamente establecidas por el fabricante u operador del equipo, por otro lado, en el punto 7.1.5.1 se describirá el flujograma para determinar fallas y el origen de estas.

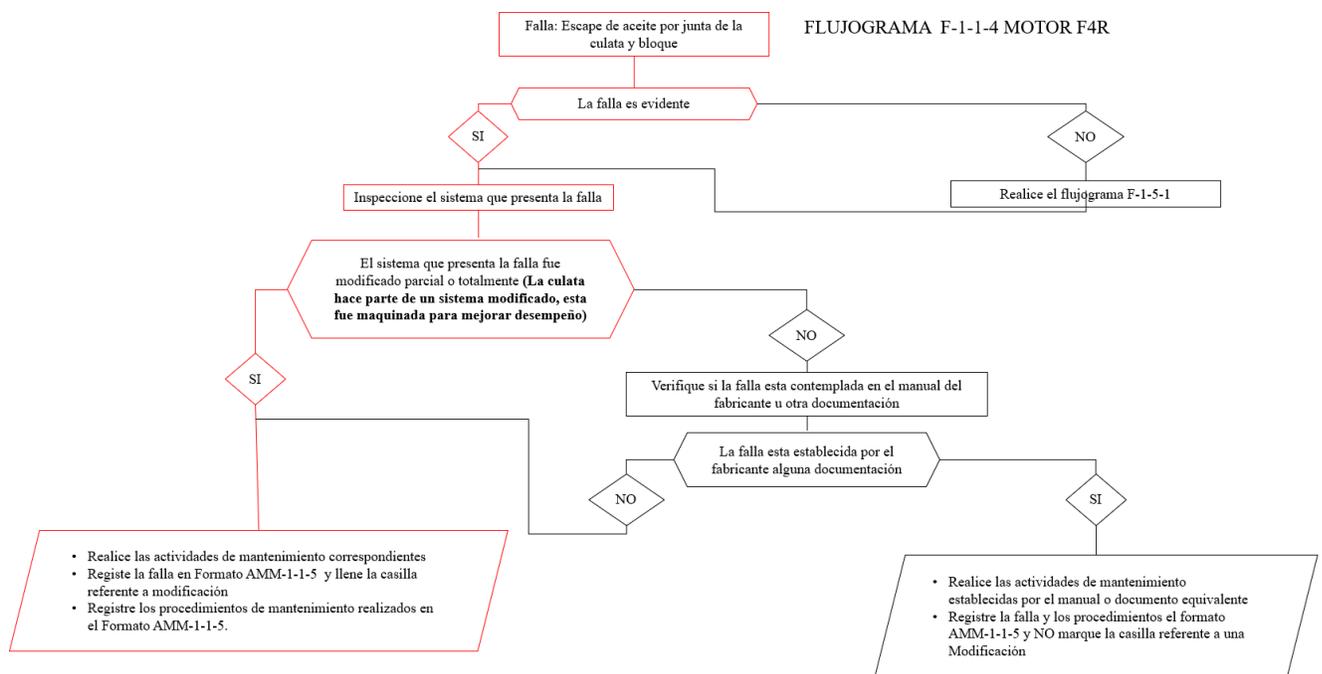
Figura. 8 *Flujograma de identificación de una falla relacionada con una modificación de un equipo.*



Nota: Elaboración propia.

Para el motor F4R modificado utilizado en competencia, cuando se presenta una falla, por ejemplo, en un escape por la junta de la culata al bloque, se puede representar en la figura 8 la aplicación del flujograma F-1-1-4.

Figura. 9 Flujo grama de identificación de una falla relacionada con una modificación en el motor F4R.



Nota: Elaboración propia.

7.1.1.5. Documentación de registro y control de averías presentadas en un equipo modificado.

Como ya se había mencionado en puntos anteriores los registros de mantenimiento son parte fundamental para adecuada gestión y los registros de averías o fallas presentadas no son la

excepción., dado que permite llevar el control de las fallas presentadas además de las actividades de mantenimiento realizadas para eliminar la falla y devolver el equipo a su estado operativo. En el formato AME-1-1-5 mostrado en la figura 9, se establece la documentación para ser registrada una falla al momento de ser hallada, así como también las actividades de mantenimiento relacionadas a la avería encontrada, de la misma manera se relaciona el material y equipo utilizado, y los responsables de la ejecución de la tarea e informe de falla. El formato tiene como prefijo AME en relación a Avería y actividades de Mantenimiento de un Equipo, y puede ser distinto dependiendo de las necesidades de cada compañía o taller. Con fines de optimizar la documentación relacionada con el mantenimiento el formato AME-1-1-5 funciona como una orden de trabajo para una actividad de mantenimiento imprevista y puede ser utilizado como libro de registro o logbook de eventos de mantenimiento del equipo junto con otros registros relevantes de mantenimiento. En la tabla 11 se muestra el procedimiento o rubrica de llenado del formato AME-1-1-5. Para una mejor comprensión del llenado y uso del formato AME-1-1-5, en la figura 10 se muestra un ejemplo para el motor F4R modificado utilizado en competencia que presento 3 averías. Algunas modificaciones al formato se aprecian en el prefijo AMM, que hace referencia a Avería y actividades de Mantenimiento de un Motor, además de la adición del nombre de la empresa.

7.1.1.6. Consolidado del proceso de Identificar las modificaciones realizadas a los motores de competencia y las averías relacionadas

Desde el numeral 7.1.1.1. hasta el 7.1.1.5, se establecido una serie de procedimientos y documentos para identificar las modificaciones de un activo, que para el caso de estudio es el motor F4R modificado utilizado por la empresa Autostok Team para competir, de la misma manera con la identificación de las averías relacionada con esas modificaciones. Cada paso que

se mencionó anteriormente no es independiente, y en conjunto muestran la condición actual de las modificaciones y las averías relacionadas. La figura 11(Flujograma F-1-1-6) en conjunto con la tabla 12 se detalla el flujo de acción y pasos, respectivamente, para compilar toda la información según las herramientas mencionadas desde el punto 7.1.1.1 hasta el punto 7.1.1.5.

Figura. 10 Formato para registro de averías y actividades de mantenimiento relacionadas.

FORMATO AME-1-1-5		AVERÍA Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE UN EQUIPO								CONSECUTIVO
EQUIPO:		MODELO:		SERIE:		UBICACIÓN:		TIPO:		
A1	REPORTADO POR	CARGO	INICIO AVERÍA		SÍMBOLO DE AVERÍA	FIN AVERÍA		ELEMENTO AFECTADO	REFERENCIA REMOV.	REFERENCIA INSTL.
			FECHA:	HORA:		FECHA:	HORA:			
	HRS DE OPERACIÓN	MOMENTO	PARADA DE OPERACIÓN		SISTEMA AFECTADO	HORAS HOMBRE	RESPONSABLE			
	ACUM:		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
	DUM:				MODIFICADO	<input type="checkbox"/>				
DESCRIPCIÓN AVERÍA O EVENTO					ACCIÓN DE MANTENIMIENTO					
										SUPERVISOR O INSPECTOR
										NOMBRE:
										FIRMA:
OT:		MM:			REALIZADO POR:			CARGO:		
A2	REPORTADO POR	CARGO	INICIO AVERÍA		SÍMBOLO DE AVERÍA	FIN AVERÍA		ELEMENTO AFECTADO	REFERENCIA REMOV.	REFERENCIA INSTL.
			FECHA:	HORA:		FECHA:	HORA:			
	HRS DE OPERACIÓN	MOMENTO	PARADA DE OPERACIÓN		SISTEMA AFECTADO	HORAS HOMBRE	RESPONSABLE			
	ACUM:		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
	DUM:				MODIFICADO	<input type="checkbox"/>				
DESCRIPCIÓN AVERÍA O EVENTO					ACCIÓN DE MANTENIMIENTO					
										SUPERVISOR O INSPECTOR
										NOMBRE:
										FIRMA:
OT:		MM:			REALIZADO POR:			CARGO:		
A3	REPORTADO POR	CARGO	INICIO AVERÍA		SÍMBOLO DE AVERÍA	FIN AVERÍA		ELEMENTO AFECTADO	REFERENCIA REMOV.	REFERENCIA INSTL.
			FECHA:	HORA:		FECHA:	HORA:			
	HRS DE OPERACIÓN	MOMENTO	PARADA DE OPERACIÓN		SISTEMA AFECTADO	HORAS HOMBRE	RESPONSABLE			
	ACUM:		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
	DUM:				MODIFICADO	<input type="checkbox"/>				
DESCRIPCIÓN AVERÍA O EVENTO					ACCIÓN DE MANTENIMIENTO					
										SUPERVISOR O INSPECTOR
										NOMBRE:
										FIRMA:
OT:		MM:			REALIZADO POR:			CARGO:		

Nota: La figura muestra un formato que fue adaptado de la forma FAC4-282T utilizado en Fuerza Aérea Colombiana. Elaboración propia.

Figura. 11 Formato para registro de averías y actividades de mantenimiento relacionadas del motor F4R.

FORMATO AMM-1-1-5		AVERÍA Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO MOTOR							AUTOSTOK TEAM	CONSECUTIVO 001
EQUIPO:		Motor	MODELO: F4R		SERIE: 55JC34AB	UBICACIÓN: Vehículo 32 Sandero RS		TIPO:	Gasolina	
A1	REPORTADO POR	CARGO	INICIO AVERÍA		SÍMBOLO DE AVERÍA	FIN AVERÍA		ELEMENTO AFECTADO	REFERENCIA REMOV.	REFERENCIA INSTL.
	Carlos Buelvas	técnico	FECHA:29/05/23	HORA:09:00	 	FECHA: 29/05/23	HORA: 16:00	Empaque de culata	7701471278	7701471278
KMS DE OPERACIÓN		MOMENTO	PARADA DE OPERACIÓN		SISTEMA AFECTADO	HORAS HOMBRE	RESPONSABLE			
ACUM: 50000		POS-OPER	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	14.0	técnico mecánico		
DUM: 8000						MODIFICADO			<input checked="" type="checkbox"/>	
DESCRIPCIÓN AVERÍA O EVENTO					ACCIÓN DE MANTENIMIENTO					
Durante la inspección post operativa de la carrera por la clasificación, se evidencio filtración excesiva de aceite por junta de culata					Se realizo cambio de empaquetadura de culata de acuerdo al procedimiento establecido en el manual de reparación de motor F4R					SUPERVISOR O INSPECTOR
										NOMBRE: Felipe Feo
										FIRMA:
OT: 290523001A1			MM: manual Renault de taller para reparación motor F4R			REALIZADO POR: Yeison Chitiva/ Carlos Buelvas		CARGO: técnico		
A2	REPORTADO POR	CARGO	INICIO AVERÍA		SÍMBOLO DE AVERÍA	FIN AVERÍA		ELEMENTO AFECTADO	REFERENCIA REMOV.	REFERENCIA INSTL.
	Felipe Feo	supervisor	FECHA:30/05/23	HORA: 07:00	 	FECHA: 30/05/23	HORA: 08:00			
KMS DE OPERACIÓN		MOMENTO	PARADA DE OPERACIÓN		SISTEMA AFECTADO	HORAS HOMBRE	RESPONSABLE			
ACUM: 50060		INSP-RTN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	técnico mecánico		
DUM:8060						Admisión			MODIFICADO	<input checked="" type="checkbox"/>
DESCRIPCIÓN AVERÍA O EVENTO					ACCIÓN DE MANTENIMIENTO					
Durante prueba preoperacional estando el motor en mínimas se siente pequeña vibración en la sección del múltiple de admisión					Se inspección múltiple de admisión , encontrando sueltos los pernos de soportes. Se apretaron los pernos aplicando 5.6NM de torque					SUPERVISOR O INSPECTOR
										NOMBRE: Felipe Feo
										FIRMA:
OT:300523001A2			MM: Manual Renault sección periféricos motor F4R			REALIZADO POR: Carlos Buelvas		CARGO: técnico		
A3	REPORTADO POR	CARGO	INICIO AVERÍA		SÍMBOLO DE AVERÍA	FIN AVERÍA		ELEMENTO AFECTADO	REFERENCIA REMOV.	REFERENCIA INSTL.
	Yeison Chitiva	Ing. equipo	FECHA: 3/06/23	HORA: 14:00	 	FECHA: 3/06/23	HORA: 20:00	Carter de aceite	8200973856	8200973856
KMS DE OPERACIÓN		MOMENTO	PARADA DE OPERACIÓN		SISTEMA AFECTADO	HORAS HOMBRE	RESPONSABLE			
ACUM:50160		OPER.MAX	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	12.0	técnico mecánico		
DUM:8160						Lubricación/blq potencia			MODIFICADO	<input checked="" type="checkbox"/>
DESCRIPCIÓN AVERÍA O EVENTO					ACCIÓN DE MANTENIMIENTO					
Durante operación de motor a 6000rpm se enciende luz de bajo nivel de aceite y baja presión de aceite					Se verifico cantidad de aceite y estaba por debajo del nivel mínimo, al inspeccionar parte baja del motor se evidencia escape por una fisura del cárter. Se realizo cambio de cárter de aceite según procedimiento de manual de taller motor sección parte baja.					SUPERVISOR O INSPECTOR
										NOMBRE: Felipe Feo
										FIRMA:
OT:03062023001A3			MM:manual renault reparación motor F4R sección parte baja			REALIZADO POR: Carlos Buelvas/Yeison Chitiva		CARGO: técnico		

Nota: Elaboración propia.

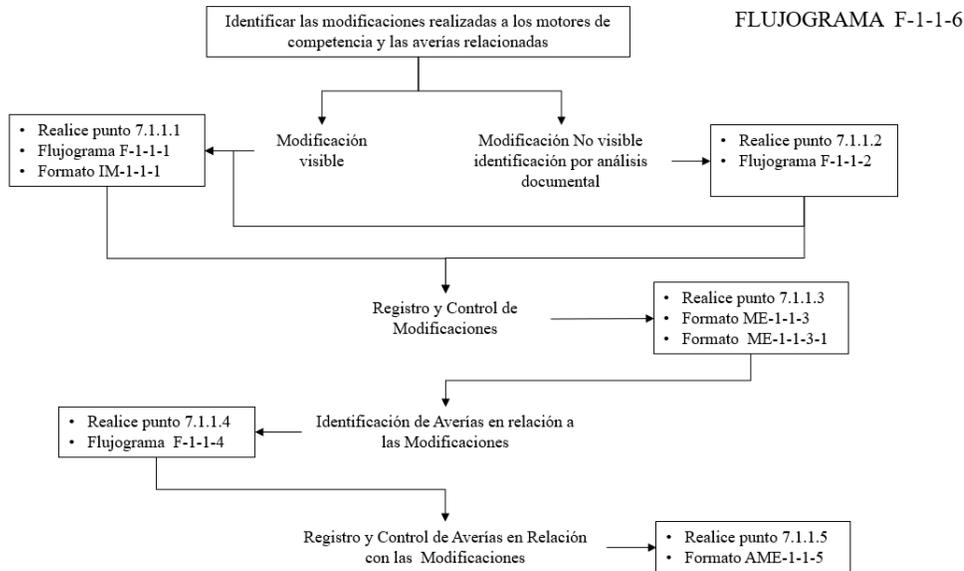
Tabla 11. Rubrica de diligenciamiento para el formato AME-1-1-5.

RUBRICA DE DILIGENCIADO Y SIMBOLOGÍA DEL FORMATO AME-1-1-5		
CASILLA	DESCRIPCIÓN DE LLENADO	RESPONSABLE DE DILIGENCIAR
CONSECUTIVO	Este es un número y tiene que ser estandarizado desde que se implementa el formato. Cada hoja debe tener un consecutivo único e irrepitible, aunque esta sea anulada o eliminada. Cada activo debe tener un paquete diferente por ejemplo un activo puede tener los consecutivos de 000 a 299 y otro de 300 a 599, de la misma forma con todos los activos, de tal manera que cada activo tendrá un libro o logbook específico. Si un activo llegase a completar dicho libro entonces se le asignara otro número de paquete de consecutivos y en la primera anotación de avería se registra el cambio, esto con el fin de NO repetir un consecutivo.	Jefe o Gerente de mantenimiento debe establecer el consecutivo y suministrar cada activo el paquete correspondiente
EQUIPO	Nombre del activo	Jefe o Gerente de mantenimiento que asigna el consecutivo
MODELO	coloque modelo y serie. Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición	
SERIE		
UBICACIÓN	Coloque la ubicación en la planta, línea de producción, para el caso de motores coloque el equipo(vehículo) al cual pertenece.	
TIPO	Coloque el tipo según su fuente de funcionamiento (eléctrico, gasolina, diésel, hidráulico, etc.).	
A1/A2/A3	Hace referencia a la Avería encontrada. Cada hoja se compone de 3, es decir que en cada hoja se pueden reportar 3 novedades.	NO APLICA es inherente al formato
REPORTADO POR	Nombre de la persona que encuentra la novedad y/o la que realiza la descripción de la avería o novedad	Técnico, operario, inspector o supervisor que encuentra la novedad
CARGO	Puesto de trabajo de la persona que encuentra la novedad y/o la que realiza la descripción de la avería o novedad	
INICIO DE AVERÍA	FECHA: Fecha que se encontró la avería o la novedad.	
	HORA: Hora que se encontró la avería o la novedad.	
SÍMBOLO DE AVERÍA	Coloque según Corresponda:	
	Guion (-): falla o avería no critica que involucra parte de un sistema. No resulta en una parada de operación	
	Diagonal (/): Falla o avería moderada que involucra parte de un sistema, pero sin estar en grado crítico. Resulta en parada de la operación	
	Equis (X): Falla o avería critica que paraliza el equipo y operación poniendo en riesgo la vida útil del equipo.	
HRS DE OPERACIÓN	ACUM: Coloque las horas de operación acumuladas hasta la fecha de encontrada la novedad, es decir las horas totales del equipo. Puede utilizar otro sistema de unidades	
	DUM: Coloque las horas de operación desde el ultimo mantenimiento mayor o parada mayor hasta la fecha de encontrada la novedad, . Puede utilizar otro sistema de unidades	
MOMENTO	Coloque según Corresponda:	
	OPER-MIN: Equipo encendido en operación normal	
	OPER-MAX: Equipo encendido en máxima operación o carga	
	POS-OPER: Después de apagado del equipo o inspección de rutina posoperativa	
	INSP-RTN: Inspección de rutina preoperativa	
	MAN-PRG: Mantenimiento programado	
MAN-NPRG: Mantenimiento no programado		

	EQP-LST: Equipo en estado de reposo, apagado y listo	
PARADA DE OPERACIÓN	SI: Marque esta casilla si la avería o novedad encontrada paraliza el equipo y/o la operación	Técnico u operario que realizo la actividad de mantenimiento que corrigió la avería.
	NO: Marque esta casilla si la avería o novedad encontrada no paraliza el equipo y/o la operación	
SISTEMA AFECTADO	Relacione el sistema o sistemas principales afectado según el formato ME-1-1-3	
	MODIFICADO: Marque esta casilla si el sistema o uno de los sistemas afectados tiene una modificación o alteración	
DESCRIPCIÓN AVERÍA O EVENTO	Describa la falla encontrada mencionando elemento, ubicación y tipo de avería, u otros detalles relevantes de la novedad.	
FIN DE AVERÍA	FECHA: Fecha en que se corrigió la avería o la novedad.	
	HORA: Hora en que se corrigió la avería o la novedad.	
HORAS HOMBRE	Relacione la cantidad total de horas hombre utilizadas en corregir la falla o avería	
RESPONSABLE	Relacione el taller o área responsable. De no haber taller responsable coloque la profesión encargada de corregir la avería. Por otro lado si la avería fue corregida por un tercero coloque la palabra contratado y el número de contrato correspondiente	
ELEMENTO AFECTADO	Relacione el nombre los elementos principales que fueron cambiados para corregir la avería o novedad	
REFERENCIA REMOV.	Coloque la referencia modelo o serie del elemento que fue removido y relacionado en la casilla de la izquierda (ELEMENTO AFECTADO)	
REFERENCIA INSTL.	Coloque la referencia modelo o serie del elemento que fue instalado y relacionado en la casilla de la izquierda (ELEMENTO AFECTADO)	
ACCIÓN DE MANTENIMIENTO	Describa todos los procedimientos de mantenimiento realizados para corregir la novedad	
OT	Coloque la orden de trabajo relacionada ya sea interna o externa si el trabajo fue contratado	
MM:	Relacione todos los documentos como manuales de mantenimiento y similares, que se utilizaron para realizar la corrección de la avería	
REALIZADO POR	Coloque el nombre y la firma de la persona o personas involucradas directamente en la corrección de la falla	
CARGO	Relacione el cargo de la persona que realizo la corrección	
SUPERVISOR O INSPECTOR	NOMBRE: Coloque el nombre del supervisor o inspector encargado	Supervisor o inspector encargado
	FIRMA: Firma del supervisor o inspector encargado	

Nota: La tabla muestra el método para diligenciar cada casilla del formato AME-1-1-5. Elaboración propia.

Figura. 12 Flujo grama para consolidar la información de modificaciones y averías relacionadas de un equipo.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 12. Pasos para consolidar la información de modificaciones y averías relacionadas de un equipo

PASO	DESCRIPCIÓN	DETALLES
1	Identificar una modificación	Para el caso que la modificación se pueda identificar con inspección visual, utilice los procedimientos del punto 7.1.1.1 apoyándose en el formato IM-1-1-1 y aplicando el flujograma F-1-1-1. Para el caso que la modificación NO se pueda identificar con inspección visual, utilice los procedimientos del punto 7.1.1.2 para análisis de documentación referente a la realización de una modificación en un equipo. utilice metodología 5S y aplique el flujograma F-1-1-2. Si no hay registros documentales entonces realice el flujograma F-1-1-1
2	Registro y Control de Modificaciones	Realice el procedimiento del punto 7.1.1.3 y utilice los formatos ME-1-1-3 y ME-1-1-3-1 para documentar todas las modificaciones halladas
3	Identificación de Averías en relación a las Modificaciones	Realice el procedimiento del punto 7.1.1.4 y aplique el Flujograma F-1-1-4
4	Registro y Control de Averías en Relación con las Modificaciones	Realice el procedimiento del punto 7.1.1.5 y utilice el formato AME-1-1-5 para documentar las averías relacionadas con las modificaciones encontradas

Nota: Elaboración propia.

7.1.2. Identificar y clasificar las actividades de mantenimiento actuales

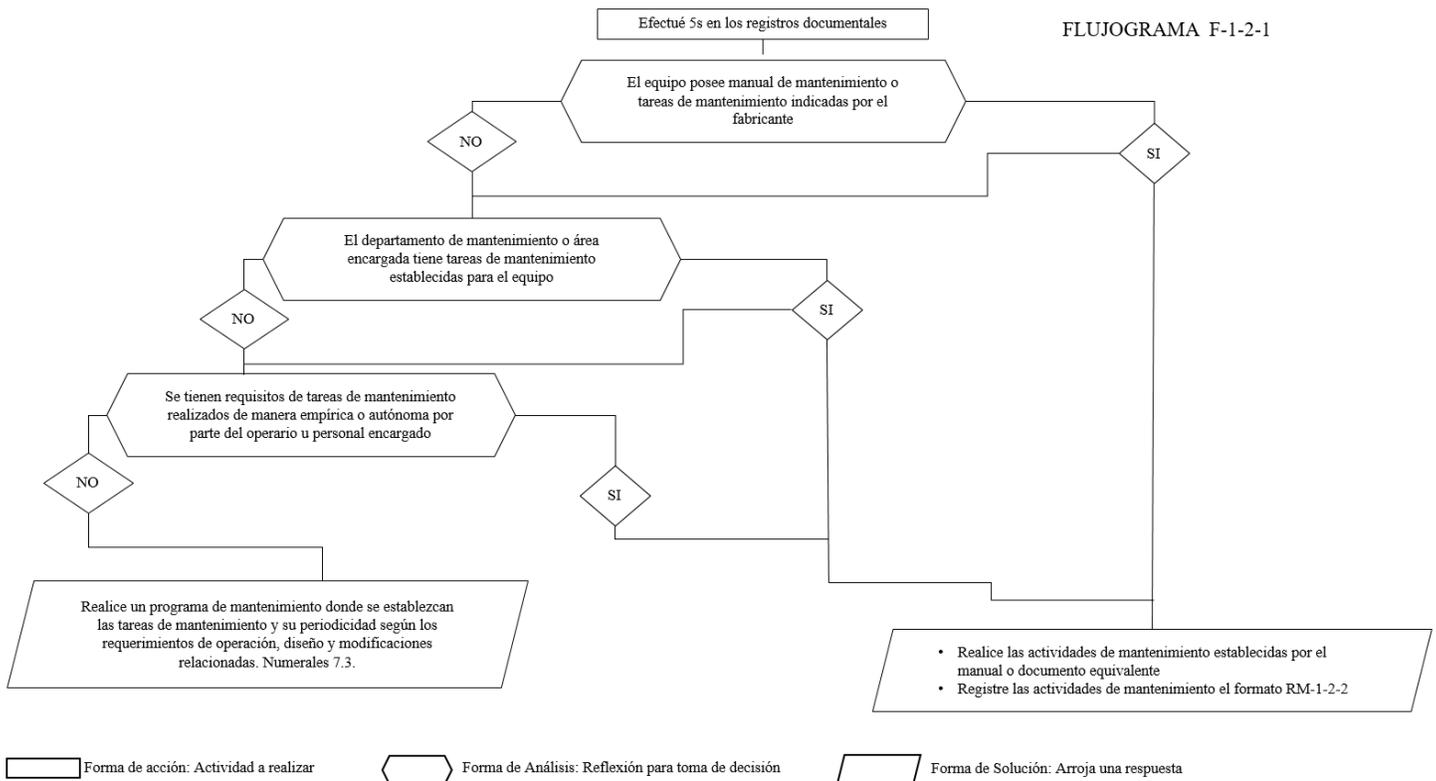
En el marco de la gestión de mantenimiento de un activo, todo proceso o actividad de mantenimiento debe ser registrado y documentado para garantizar un adecuado control tanto de la vida útil del activo, así como de los costos relacionados. Para un activo que se adquirió en condición de nuevo, en muchas ocasiones, el fabricante o proveedor suministran documentos relacionados con el proceso de mantenimiento, la clasificación y tipo de mantenimiento a ejecutar, así como las actividades o tareas de mantenimiento; lo anterior con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento y la vida útil del activo. Cuando un activo o equipo es modificado y esta modificación no es ordenada por el fabricante por actualización o repotenciación, las tareas y tipo de mantenimiento que originalmente ordenaba el fabricante puede que no sean aplicables o que estas no puedan ser ejecutadas en su totalidad, es imperativo entonces generar unas nuevas actividades de mantenimiento donde se contemplen estas modificaciones relacionadas de igual forma a la demanda operativa.

7.1.2.1. Procedimientos para obtener información de los registros y manuales de mantenimiento aplicables de los motores modificados

En el proceso de mantenimiento las actividades relacionadas con mantener el adecuado funcionamiento y vida útil del activo son suma importancia, en muchas ocasiones estas actividades están dadas por el fabricante, en otras circunstancias están establecidas por el operador o departamento encargado de mantenimiento, y por el operario del equipo (mantenimiento autónomo tipo LILA). Cualquiera que sea el ejecutor o administrador de las actividades de mantenimiento para una adecuada gestión de activos es imprescindible establecer, conocer y consolidar cada una de las actividades de mantenimiento que se están realizando en el

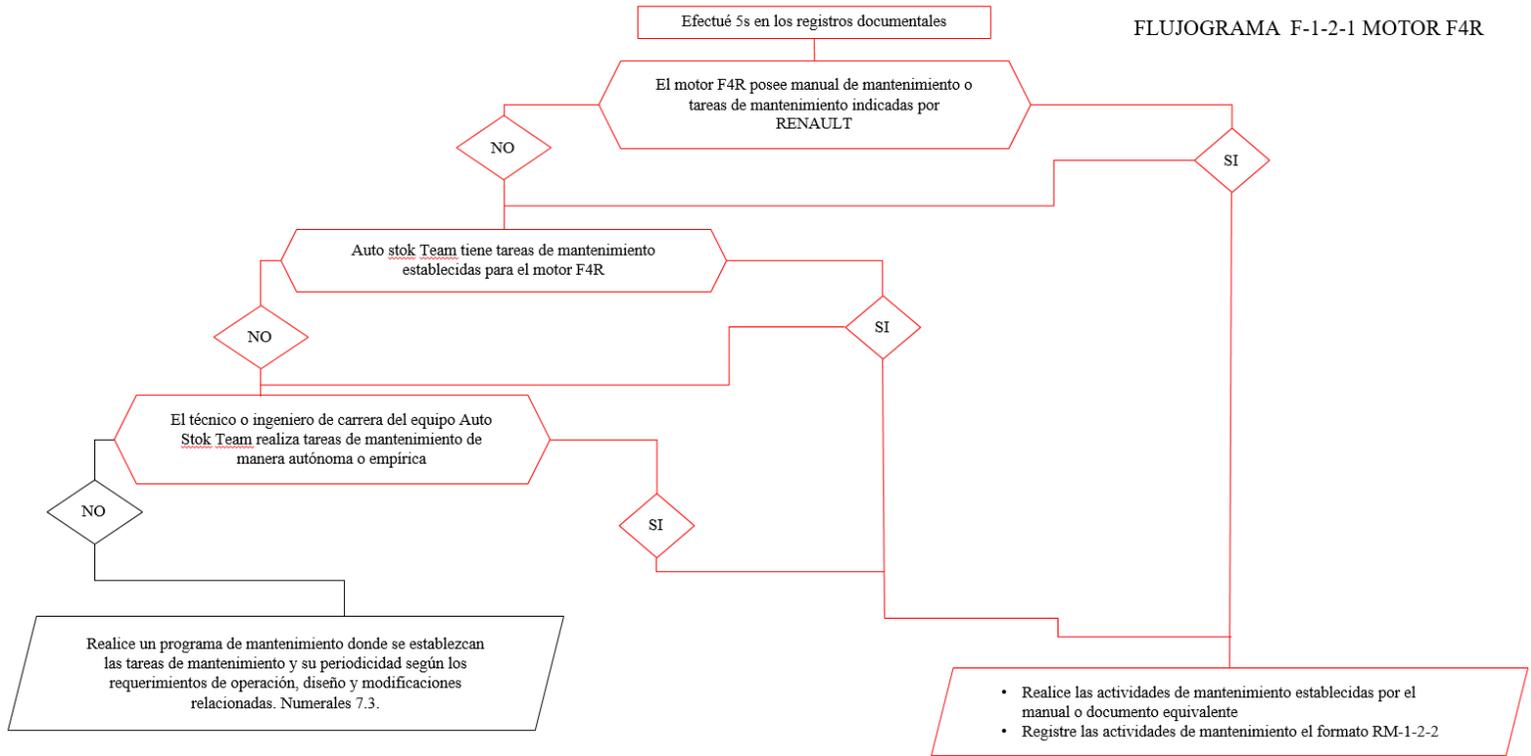
equipo o activo. En la figura 12 se detalla el flujograma F-1-2-1. donde se establecen los lineamientos para identificar las actividades de mantenimiento relacionadas a la procedencia de la documentación o ejecución del proceso de mantenimiento. El proceso del flujograma F-1-2-1. Para el motor modificado se detalla en la figura 13.

Figura. 13 *Flujo grama para identificar y registrar las actividades de mantenimiento de un equipo.*



Nota: Elaboración

Figura. 14 Flujo grama para identificar y registrar las actividades de mantenimiento del motor F4R.



Nota: Elaboración propia.

7.1.2.2. Documentación de registro y control de tareas de mantenimiento realizadas aplicables de los motores modificados

En el apartado 7.1.2. se describe la importancia de los registros de las actividades de mantenimiento para cualquier activo ya sea con condiciones originales de diseño o modificado para fines de operación. Contar con un adecuado formato o registro de tareas de mantenimiento permite que la gestión de recursos relacionados sea más simple y eficiente. En la tabla 13 se muestra el formato RM-1-2-2 (RM: Registro de Mantenimiento), donde se pueden registrar todas aquellas actividades de mantenimiento a las que haya lugar ya sea provenientes de un manual o las ejecutadas de manera autónoma o empírica, este formato resume todas las tareas de

mantenimiento a ejecutar en el programa de mantenimiento actual, es de resaltar que se utiliza un nuevo formato o folio cada vez que se cambie la fuente de la información o los intervalos del mantenimiento, por ejemplo en un solo formato se deben establecer todas las tareas indicadas por el fabricante cada 8000 km, otro para los 16000km y otro si la fuente ya no es el fabricante y es por ejemplo un plan propuesto por el encargado de mantenimiento con intervalos distintito, lo anterior con el fin de organizar todas las actividades de mantenimiento a las que haya lugar. En el marco del plan de mantenimiento del motor F4R el formato corresponde al RMM-1-2-2 (RMM: Registro de Mantenimiento Motor) como se muestra en la tabla 14 con la correspondiente rubrica de diligenciamiento en la tabla 15. Para aquellas tareas que no fueron cumplidas o no pueden ejecutarse por motivos logísticos o de recursos, se establece el formato RMNC-1-2-2-1(Registro de Mantenimiento No Cumplido), como se muestra en la tabla 16 este formato funciona como un listado que puede ir diligenciando de manera que no es necesario un nuevo formato cada vez que se inserte una tarea no cumplida, el cambio solo se hace cuando el listado sea ocupado en su totalidad, un ejemplo de utilización del formato de registro de mantenimiento No cumplidos para el motor F4R modificado se muestra en la tabla 17 con el formato RMNCM-1-2-2-1, el proceso de diligenciamiento del formato RMNC-1-2-2-1 se muestra en la tabla 18.

Tabla 13. Formato registro tareas de mantenimiento

FORMATO RM-1-2-2		REGISTRO ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				CONSECUTIVO
EQUIPO:		MODELO:	SERIE:	UBICACIÓN:	TIPO:	
FECHA		PLAN O PROGRAMA		TIPO DE MANTENIMIENTO:		
ÍTEM	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	MANUAL O PUBLICACIÓN UTILIZADA	OBSERVACIONES EN EL CUMPLIMIENTO	TÉCNICO / OPERARIO	INSPECTOR/ SUPERVISOR	
1						
2						
3						
4						
5						
...						

Nota: Elaboración propia.

Tabla 14. Formato registro tareas de mantenimiento para Motor F4R Modificado

FORMATO RMM-1-2-2		REGISTRO ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO MOTOR F4R				CONSECUTIVO
EQUIPO: MOTOR		MODELO: F4R	SERIE: 55JC34AB	UBICACIÓN: Vehículo 32 Sandero RS	TIPO: Gasolina	
FECHA 29/05/2023		PLAN O PROGRAMA:	Cambio de Aceite	TIPO DE MANTENIMIENTO: Preventivo Programado		
ÍTEM	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	MANUAL O PUBLICACIÓN UTILIZADA	OBSERVACIONES EN EL CUMPLIMIENTO	TÉCNICO / OPERARIO	INSPECTOR/ SUPERVISOR	
1	cambio de aceite	manual taller Renault motor f4r	cumplido sin novedad	técnico Chitiva	Felipe Feo	
2	Reemplazo de filtro de aceite	manual taller Renault motor f4r	cumplido sin novedad	técnico Chitiva	Felipe Feo	
3	Reemplazo aro tapón	manual taller Renault motor f4r	cumplido sin novedad	técnico Chitiva	Felipe Feo	
4	Inspección general visual	manual taller Renault motor f4r	cumplido con registro en formato AMM-1-1-5 consecutivo 001 A1	técnico Chitiva	Felipe Feo	
5	Limpieza general motor	manual taller Renault motor f4r	No cumplido registro RMNCM-1-2-2-1	técnico Chitiva	Felipe Feo	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 15. Rubrica de diligenciamiento para el formato RM-1-2-2.

RUBRICA DE DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO RM-1-2-2		
CASILLA	DESCRIPCIÓN DE LLENADO	RESPONSABLE DE DILIGENCIAR
CONSECUTIVO	Este es un número y tiene que ser estandarizado desde que se implementa el formato. Cada hoja debe tener un consecutivo único e irrepitable, aunque esta sea anulada o eliminada. Cada activo debe tener un paquete diferente por ejemplo un activo puede tener los consecutivos de 000 a 299 y otro de 300 a 599, de la misma forma con todos los activos, de tal manera que cada activo tendrá un libro o logbook específico. Si un activo llegase a completar dicho libro entonces se le asignara otro número de paquete de consecutivos y en la primera anotación de avería se registra el cambio, esto con el fin de NO repetir un consecutivo.	Jefe o Gerente de mantenimiento debe establecer el consecutivo y suministrar cada activo el paquete correspondiente
EQUIPO	Nombre del activo	Jefe o Gerente de mantenimiento que asigna el consecutivo
MODELO	coloque modelo y serie. Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición	
SERIE		
UBICACIÓN	Coloque la ubicación en la planta, línea de producción, para el caso de motores coloque el equipo(vehículo) al cual pertenece.	
TIPO	Coloque el tipo según su fuente de funcionamiento (eléctrico, gasolina, diésel, hidráulico, etc.).	
FECHA	Fecha de diligenciamiento	
PLAN O PROGRAMA	Coloque la fuente de información y plan relacionado, por ejemplo, puede colocar como fuente el nombre del fabricante y plan diario, semanal o mensual, o el intervalo a que haya lugar	
TIPO DE MANTENIMIENTO	Coloque si es programado, no programado, preventivo, correctivo o mejorativo.	
ÍTEM	Número y cantidad de tareas para cada evento de mantenimiento	Inherente al formato y depende de las tareas de mantenimiento
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	Coloque la tarea de mantenimiento correspondiente a la fuente, intervalo y tipo de mantenimiento requerido	Jefe o Gerente de mantenimiento
MANUAL O PUBLICACIÓN UTILIZADA	Coloque la fuente de información para desarrollar la actividad de mantenimiento	Técnico encargado de realizar la tarea
OBSERVACIONES EN CUMPLIMIENTO	Coloque "Cumplido sin Novedad" si en el desarrollo de la labor no ocurre ningún suceso que pueda generar el cumplimiento de tareas adicionales. Caso contrario coloque "cumplido con registro en formato AME-1-1-5 coloque el consecutivo y el número de A correspondiente", si la tarea no puede ejecutarse por problemas logísticos o de operación coloque " No Cumplido registro RMNC-1-2-2-1 " y registre la tarea en el formato RMNC-1-2-2-1 para el respectivo control.	
TÉCNICO/OPERARIO	Coloque nombre y firma del operario que realiza la tarea	
INSPECTOR /SUPERVISOR	Coloque nombre y firma del Inspector o supervisor de turno	Inspector o Supervisor de turno

Nota: La tabla muestra el método para diligenciar cada casilla del formato RM-1-2-2. Elaboración propia.

Tabla 16. Formato registro tareas de mantenimiento NO cumplidas.

FORMATO RMNC-1-2-2-1		REGISTRO ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO NO CUMPLIDAS					CONSECUTIVO
EQUIPO:		MODELO:	SERIE:	UBICACIÓN:		TIPO:	
ÍTEM	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO NO CUMPLIDA	FECHA NO CUMPLIMIENTO	PLAN O PROGRAMA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	INSPECTOR/SUPERVISOR	
1							
2							
3							
4							
5							
...							

Nota: Elaboración propia.

Tabla 17. Formato registro tareas de mantenimiento NO cumplidas para Motor F4R Modificado

FORMATO RMNCM-1-2-2-1		REGISTRO ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO NO CUMPLIDAS					CONSECUTIVO
EQUIPO:		MOTOR	MODELO: F4R	SERIE: 55JC34AB	UBICACIÓN: Vehículo 32 Sandero RS		TIPO: Gasolina
ÍTEM	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO NO CUMPLIDA	FECHA NO CUMPLIMIENTO	PLAN O PROGRAMA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	INSPECTOR/SUPERVISOR	
1	Limpieza general motor	29/05/2023	Cambio de Aceite	Preventivo Programado	29/06/2023	Felipe Feo	
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Nota: Elaboración propia.

Tabla 18. Rubrica de diligenciamiento para el formato RMNC-1-2-2-1.

RUBRICA DE DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO RMNC-1-2-2-1		
CASILLA	DESCRIPCIÓN DE LLENADO	RESPONSABLE DE DILIGENCIAR
CONSECUTIVO	Este es un número y tiene que ser estandarizado desde que se implementa el formato. Cada hoja debe tener un consecutivo único e irrepetible, aunque esta sea anulada o eliminada. Cada activo debe tener un paquete diferente por ejemplo un activo puede tener los consecutivos de 000 a 299 y otro de 300 a 599, de la misma forma con todos los activos, de tal manera que cada activo tendrá un libro o logbook específico. Si un activo llegase a completar dicho libro entonces se le asignara otro número de paquete de consecutivos y en la primera anotación de avería se registra el cambio, esto con el fin de NO repetir un consecutivo.	Jefe o Gerente de mantenimiento debe establecer el consecutivo y suministrar cada activo el paquete correspondiente
EQUIPO	Nombre del activo	Jefe o Gerente de mantenimiento que asigna el consecutivo
MODELO	coloque modelo y serie. Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición	
SERIE		
UBICACIÓN	Coloque la ubicación en la planta, línea de producción, para el caso de motores coloque el equipo(vehículo) al cual pertenece.	
TIPO	Coloque el tipo según su fuente de funcionamiento (eléctrico, gasolina, diésel, hidráulico, etc.).	Inspector o Supervisor de turno
ÍTEM	Número y cantidad de tareas para cada evento de mantenimiento	
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO NO CUMPLIDA	Coloque la tarea de mantenimiento correspondiente a la fuente, intervalo y tipo de mantenimiento requerido NO cumplida	
FECHA DE NO CUMPLIMIENTO	Fecha de no cumplimiento de actividad esta debe estar relacionada con la fecha de diligenciamiento del formato RM-1-2-2	
PLAN O PROGRAMA	Coloque la fuente de información y plan relacionado, por ejemplo, puede colocar como fuente el nombre del fabricante y plan diario, semanal o mensual, o el intervalo a que haya lugar Y debe estar relacionado con el formato RM-1-2-2	
TIPO DE MANTENIMIENTO	Coloque si es programado, no programado, preventivo, correctivo o mejorativo. Y debe estar relacionado con el formato RM-1-2-2	
FECHA DE CUMPLIMIENTO	Coloque la fecha estimada de cumplimiento o próximo intervalo lo que ocurra primero, según criterio y logística relacionada	
MANUAL O PUBLICACIÓN UTILIZADA	Coloque la fuente de información para desarrollar la actividad de mantenimiento	
INSPECTOR /SUPERVISOR	Coloque nombre y firma del Inspector o supervisor de turno	

Nota: La tabla muestra el método para diligenciar cada casilla del formato RMNC-1-2-2-1. Elaboración propia.

7.1.2.3. Parámetros de clasificación de actividades de mantenimiento

En la clasificación de tipos de mantenimiento, determinar la correcta caracterización de los conceptos puede no ser fácil, ya que depende de factores como: los conceptos del autor, aplicabilidad de las organizaciones, distintos softwares de mantenimiento con conceptos no estandarizados, etc. Según Ing. Luis Sexto en su artículo, tipos de mantenimiento ¿Cuántos y cuáles son?, la norma europea EN 13306: 2017 establece una clasificación de tipos de mantenimiento según dos escenarios, el primero es la clasificación según la modificación de las características originales diseño donde se obtiene el Mantenimiento Mejorado, Mantenimiento Preventivo (antes de la falla) y el Mantenimiento Correctivo (después de la falla), en el segundo escenario establece la clasificación según la asignación de fechas y recursos para la ejecución del mantenimiento donde se obtiene el Mantenimiento Programado y el Mantenimiento No programado (Sexto, 2017). Una vez establecido el estándar de clasificación de los tipos de mantenimiento se determinó que para un equipo modificado como lo es el motor F4R utilizado por la empresa Auto Stok Team para competir en carreras, la adecuada clasificación toma conceptos macro de los dos escenarios presentados en el mencionado artículo, dando como resultado, que los tipos de mantenimiento aplicables son: Mantenimiento Mejorado, Mantenimiento preventivo programado, y Mantenimiento Correctivo programado y no programado.

Con el fin de aclarar los conceptos de los tipos de mantenimientos estandarizados para los motores F4R modificados se considerará una serie de escenarios posibles.

- Mantenimiento en intervalos establecidos (8000km, 16000km, etc.): Se considerará Mantenimiento Preventivo Programado y se registrara en el formato

RM-1-2-2 y para las tareas que no puedan cumplirse se relacionaran el formato RMNC-1-2-2-1 de las tablas 14 y16 respectivamente

- Mantenimientos donde se realice una mejora o modificación para elevar el desempeño operativo: se considerará Mantenimiento Mejorativo y dependiendo de la actividad y la logística asociada será programado o no programado. Para el mantenimiento programado se utilizará el formato RM-1-2-2 de la tabla 14 y formatos de registro de modificación como lo son el formato ME-1-1-3 y el formato ME-1-1-3-1 de la tabla 7 y 8 respectivamente; para los mantenimientos no programados se utilizará el formato AME-1-1-5 de la figura 9.
- Mantenimientos donde se realice corrección de una falla: se considerará Mantenimiento Correctivo y dependiendo de la actividad y la logística asociada será programado o no programado. Para el mantenimiento no programado se utilizará el formato AME-1-1-5 de la figura 9 y para el mantenimiento programado se utilizará los formatos RM-1-2-2 y el formato RMNC-1-2-2-1 de las tablas 14 y16 respectivamente. Es de aclarar que durante la ejecución de una actividad de mantenimiento Preventivo Programado, como por ejemplo una inspección visual, puede llegarse a encontrar una novedad no contemplada, esta entraría en la clasificación de mantenimiento correctivo no programado y se realizaría los registros correspondientes.

7.1.2.4. documentación de registro y control de actividades de mantenimiento por clasificación

Para establecer un adecuado programa de mantenimiento es fundamental crear los registros documentales donde se establezcan todos aquellos mantenimientos clasificados

adecuadamente, según lo indicado en el numeral 7.1.2.3, donde se consoliden todos aquellos tipos de mantenimientos e intervalos de cumplimiento que requiera el equipo durante toda su vida útil es decir los mantenimientos programados. En tabla 19 se establece el formato PM-1-2-4 (PM: Programa de Mantenimiento) donde se describen todos los Mantenimientos Programados aplicables a un equipo, y para un mejor entendimiento del diligenciado, en la tabla 20 se describe tal procedimiento. Dado que el equipo de estudio es el motor F4R modificado de la empresa Auto Stok Team, en la tabla 21 se consolida los mantenimientos Programados aplicables para este equipo en el formato PMM-1-2-4 (PMM: Programa de Mantenimiento Motor), estableciendo así el programa de mantenimiento. Es de aclarar que este formato solo contempla los mantenimientos programados ya sean Preventivos, Correctivos o Mejorativos, para aquellos mantenimientos no programados se recurre al formato AME-1-1-5 de la figura 9 como ya se había mencionado en el numeral 7.1.2.3.

Tabla 19. Formato Programa de Mantenimiento de un equipo

FORMATO		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO				CONSECUTIVO
PM-1-2-4						
EQUIPO:		MODELO:	SERIE:	UBICACIÓN:	TIPO:	
ÍTEM	PLAN O PROGRAMA	INTERVALO DE CUMPLIMIENTO	FECHA PROGRAMADA	FECHA DE CUMPLIMIENTO	INSPECTOR/SUPERVISOR	
1						
2						
3						
4						
5						
...						

Nota: Elaboración propia.

Tabla 20. Rubrica de diligenciamiento para el formato PM-1-2-4.

RUBRICA DE DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO PM-1-2-4		
CASILLA	DESCRIPCIÓN DE LLENADO	RESPONSABLE DE DILIGENCIAR
CONSECUTIVO	Este es un número y tiene que ser estandarizado desde que se implementa el formato. Cada hoja debe tener un consecutivo único e irrepetible, aunque esta sea anulada o eliminada. Cada activo debe tener un paquete diferente por ejemplo un activo puede tener los consecutivos de 000 a 299 y otro de 300 a 599, de la misma forma con todos los activos, de tal manera que cada activo tendrá un libro o logbook específico. Si un activo llegase a completar dicho libro entonces se le asignara otro número de paquete de consecutivos y en la primera anotación de avería se registra el cambio, esto con el fin de NO repetir un consecutivo.	Jefe o Gerente de mantenimiento debe establecer el consecutivo y suministrar cada activo el paquete correspondiente
EQUIPO	Nombre del activo	Jefe o Gerente de mantenimiento que asigna el consecutivo
MODELO	coloque modelo y serie. Si el activo solo posee un número de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición	
SERIE		
UBICACIÓN	Coloque la ubicación en la planta, línea de producción, para el caso de motores coloque el equipo(vehículo) al cual pertenece.	
TIPO	Coloque el tipo según su fuente de funcionamiento (eléctrico, gasolina, diésel, hidráulico, etc.).	
ÍTEM	Número y cantidad de tareas para cada evento de mantenimiento	Inherente al formato y depende de las tareas de mantenimiento
PLAN O PROGRAMA	Coloque la fuente de información y plan relacionado, por ejemplo, puede colocar como fuente el nombre del fabricante y plan diario, semanal o mensual	Jefe o Gerente de mantenimiento que asigna el consecutivo
INTERVALOS DE CUMPLIMIENTOS	Coloque los intervalos establecidos por el plan o programa, en caso de tener dos frecuencias como kilometraje y tiempo (semana, mes, año), se deberá realizar el que ocurra primero estos se deberán separar por una diagonal "/"	
FECHA PROGRAMADA	Fecha Programada de cumplimiento	
FECHA DE CUMPLIMIENTO	Coloque la fecha en que se cumplido el plan o programa	Inspector o Supervisor de turno
INSPECTOR /SUPERVISOR	Coloque nombre y firma del Inspector o supervisor de turno	

Nota: La tabla muestra el método para diligenciar cada casilla del formato PM-1-2-4. Elaboración propia.

Tabla 21. Formato Programa de Mantenimiento Motor F4R modificado

FORMATO PMM-1-2-4		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MOTOR F4R				CONSECUTIVO 001
EQUIPO:		MOTOR	MODELO:	SERIE:	UBICACIÓN:	TIPO:
		F4R		55JC34AB	Vehículo 32 Sandero RS	Gasolina
ÍTEM	PLAN O PROGRAMA	INTERVALO DE CUMPLIMIENTO	FECHA PROGRAMADA	FECHA DE CUMPLIMIENTO	INSPECTOR/ SUPERVISOR	
1	Cambio de Aceite	Después de cada carrera	Según Carrera			
2	Inspección precompetencia	Antes de cada Carrera	Según Carrera			
3	Inspección poscompetencia	Después de cada carrera	Según Carrera			
4	Plan único de mantenimiento Renault 8000 excepto cambio de aceite	8000 km / 6meses	29/05/2023			
5	Plan único de mantenimiento Renault 16000 cambio de aceite	16000km / 12meses	29/11/2023			
6	Cambio correa Accesorios	Después de cada Temporada / 12 meses	29/05/2024			
7	Cambio Kit de Distribución	Después de cada Temporada / 12 meses	29/05/2024			
8	Cambio Bujías	Después de cada Temporada / 12 meses	29/05/2024			
9	Cambio Liquido Refrigerante	Después de cada Temporada / 12 meses	29/05/2024			
10	Plan único de mantenimiento Renault 24000 cambio de aceite	24000km / 18 meses	29/05/2024			
11	Plan único de mantenimiento Renault 32000 cambio de aceite	32000km / 24 meses	29/11/2024			
12	Plan único de mantenimiento Renault 40000 cambio de aceite	40000km / 30meses	29/05/2025			
13	Plan único de mantenimiento Renault 48000 cambio de aceite	48000km / 36 meses	29/11/2025			
14	Plan único de mantenimiento Renault 56000 cambio de aceite	56000km / 42 meses	29/05/2026			
15	Plan único de mantenimiento Renault 64000 cambio de aceite	64000km / 48 meses	29/11/2026			

Nota: Elaboración propia.

7.1.3. Información referente a la operación del Motor modificado

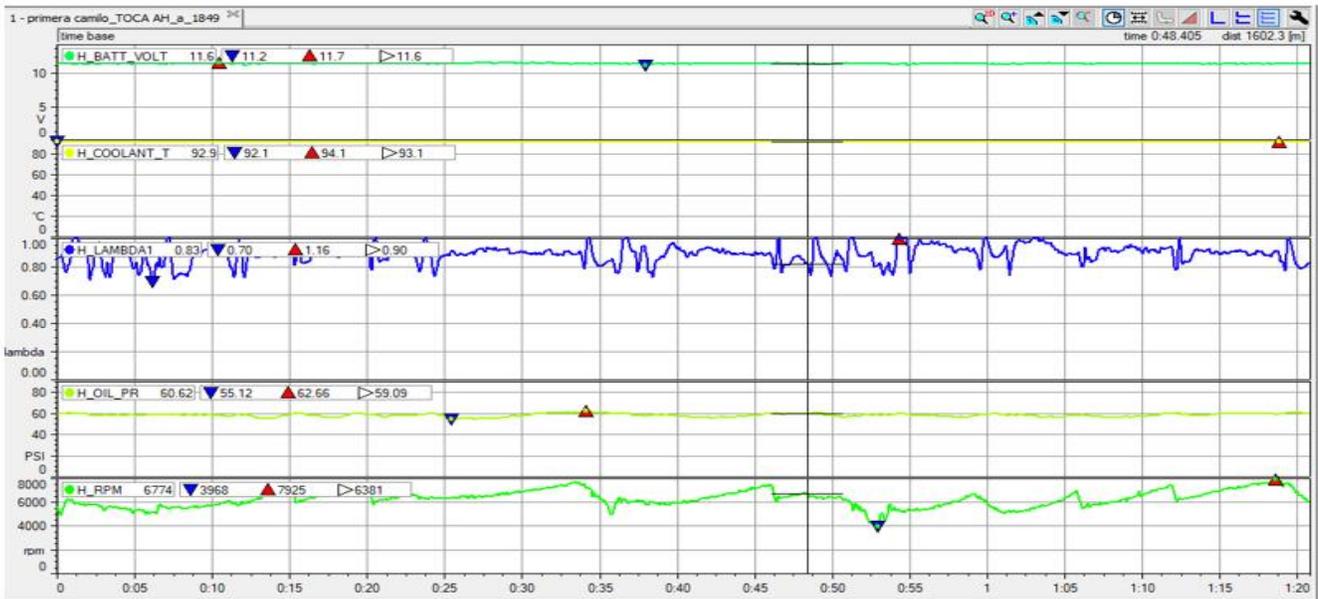
Todos los activos que estén en funcionamiento en una compañía que hagan parte de un proceso productivo tienen una operación establecida y esta es inherente al diseño y a la función que cumplen. Determinar las condiciones de operación de cada equipo es fundamental para el diseño de un correcto plan de mantenimiento, en otras palabras si un equipo trabaja bajo condiciones operativas mínimas ya sea carga de trabajo o tiempo de operación, el plan de mantenimiento se verá modificado adaptándose a esa carga operativa en este caso posiblemente

aumentado los intervalos de intervención; por otra parte si el activo trabaja bajo condiciones superiores de carga o tiempo, los intervalos de las intervenciones van a ser más recurrentes, lo mismo ocurre cuando se modifica el equipo ,en tal caso es imperativo la modificación del programa o plan de mantenimiento como se mencionó en el numeral 7.1.2.4 para el motor F4R modificado.

7.1.3.1. Procedimientos para recopilar información referente a la operación del motor modificado

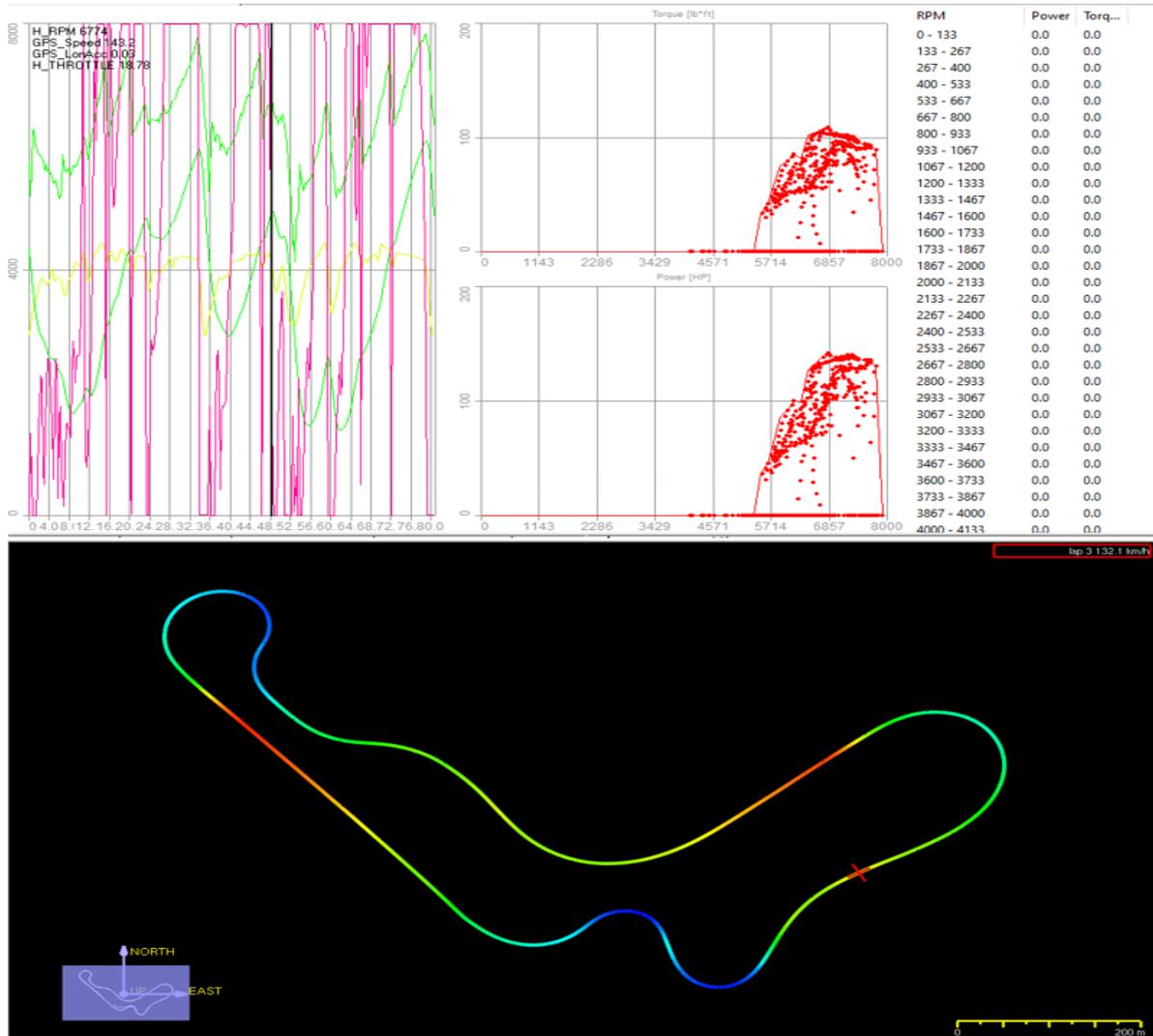
El motor F4R modificado para carreras tiene una operación mucho más exigente que los de diseño original utilizados en vehículos de calle, por tal razón el plan de mantenimiento original establecido por el fabricante requiere ser modificado y adaptado según la operación actual. Para conocer los rangos de operación del motor modificado durante una carrera la empresa Auto stock Team implementa un software que acompañado de un conjunto de sensores y la computadora del vehículo puede brindar todas las condiciones de operación en cada punto de la carrera, estos softwares son Race Studio 2 para descargar los datos de operación y Race Studio Graphs para observar las graficas de desempeño en cada circuito de competencia. Los datos obtenidos de estos softwares son, RPM en cada punto del circuito, Consumo de combustible, Torque del motor, Potencia, Aceleración y Velocidad, cantidad y presión de aceite, nivele de refrigerante, voltaje de batería, condiciones de operación con valores que se comparan con un estándar establecido, lo anterior para determinar el estrés operativo al cual es sometido el motor durante la carrera. En la figura 14 y 15 se muestran los datos arrojados por los softwares Race Studio 2 y Race Studio Graphs.

Figura. 15 Datos de operación del motor F4R en competencia.



Nota: Datos de Race studio 2 y Race studio análisis. Autostok Team (2023)

Figura. 16 Graficas de operación del motor F4R en competencia.



Nota: Datos de Race studio 2 y Race studio análisis. Autostok Team (2023)

El procedimiento para obtener la información operativa de los motores F4R modificado se resume en la descarga y análisis de los datos arrojados por los softwares, es importante que ingeniero a cargo de esta labor tenga el conocimiento y experiencia requerido para interpretar los datos adecuadamente garantizando así el correcto control de la información y toma de decisión referente al mantenimiento.

7.1.3.2. Documentación de registro y control de los parámetros de operación del motor F4R modificado

Determinar las condiciones operativas del motor F4R modificado es fundamental para la toma de decisión tanto a nivel de mantenimiento como operativo, como ya se había mencionado en el numeral 7.1.3.2. Descargar y analizar los datos arrojados por los softwares no es suficiente para toma de decisiones a largo plazo en el programa de mantenimiento, es necesario documentar los datos principales de operación de cada carrera para crear una base de datos robusta que nos permita adecuar un correcto plan o programa de mantenimiento. Se consideraría entonces después de cada carrera y una vez los datos sean analizados y promediados, plasmar estos, en un documento como el formato DOM-1-3-2, donde se establecen los principales datos de operación con los valores promedio en cada carrera. En la tabla 22 se muestra el formato DOM-1-3-2 y en la tabla 23 se muestra el procedimiento para diligenciar el mencionado formato.

Tabla 22. Formato de registro de datos operativos Motor F4R Modificado

FORMATO DOM-1-3-2	DATOS DE OPERACIÓN MOTOR F4R				CONSECUTIVO
					001
EQUIPO:	MOTOR	MODELO:	F4R	SERIE:	55JC34AB
		UBICACIÓN:	Vehículo 32 Sandero RS		TIPO: Gasolina
FECHA DE CARRERA:		CIRCUITO DE COMPETICIÓN:		PILOTO:	
PARÁMETRO	RANGO ESTÁNDAR	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO	INGENIERO JEFE
POTENCIA					
RPM					
TORQUE					
ACELERACIÓN					
VELOCIDAD					
CONSUMO COMBUSTIBLE					
NIVEL ACEITE					
PRESIÓN ACEITE					
NIVEL REFRIGERANTE					
VOLTAJE BATERÍA					

Nota: Elaboración propia.

Tabla 23. Rubrica de diligenciamiento para el formato DOM-1-3-2.

RUBRICA DE DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO DOM-1-3-2		
CASILLA	DESCRIPCIÓN DE LLENADO	RESPONSABLE DE DILIGENCIAR
CONSECUTIVO	Este es un número y tiene que ser estandarizado desde que se implementa el formato. Cada hoja debe tener un consecutivo único e irrepetible, aunque esta sea anulada o eliminada. Cada activo debe tener un paquete diferente por ejemplo un activo puede tener los consecutivos de 000 a 299 y otro de 300 a 599, de la misma forma con todos los activos, de tal manera que cada activo tendrá un libro o logbook específico. Si un activo llegase a completar dicho libro entonces se le asignara otro número de paquete de consecutivos y en la primera anotación de avería se registra el cambio, esto con el fin de NO repetir un consecutivo.	Jefe o Gerente de mantenimiento debe establecer el consecutivo y suministrar cada activo el paquete correspondiente
EQUIPO	Nombre del activo	Jefe o Gerente de mantenimiento que asigna el consecutivo
MODELO	coloque modelo y serie. Si el activo solo posee un número de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo	
SERIE	coloque la fecha de fabricación o adquisición	
UBICACIÓN	Coloque la ubicación en la planta, línea de producción, para el caso de motores coloque el equipo(vehículo) al cual pertenece.	
TIPO	Coloque el tipo según su fuente de funcionamiento (eléctrico, gasolina, diésel, hidráulico, etc.).	
FECHA DE CARRERA	Coloque la fecha de competición o descarga de datos	Ingeniero jefe
CIRCUITO DE COMPETICIÓN	Coloque el nombre del circuito donde se compitió	
PILOTO	Coloque el nombre del piloto que compitió en la carrera	
PARÁMETRO	Parámetros de datos para analizar	Jefe o Gerente de mantenimiento que asigna el consecutivo
RANGO ESTÁNDAR	Coloque el rango de valores predeterminados o estándares establecidos para una operación normal de competición	Ingeniero jefe
VALOR MÁXIMO	Coloque el valor máximo del parámetro que arroja el software durante toda la carrera	
VALOR MÍNIMO	Coloque el valor mínimo del parámetro que arroja el software durante toda la carrera	
VALOR PROMEDIO	Coloque el valor promedio entre el máximo y mínimo del parámetro analizado	
INGENIERO JEFE	Coloque nombre y firma del ingeniero encargado de analizar los datos dados por el software	

Nota: La tabla muestra el método para diligenciar cada casilla del formato DOM-1-3-2. Elaboración propia.

7.2 Condiciones actuales de la eficiencia operativa de los motores modificados utilizados en competencia y los costos relacionados con la actual gestión del mantenimiento.

Para determinar las condiciones actuales de la eficiencia operativa de los motores modificados F4R como resultado de las actividades de mantenimiento realizadas por Autostok Team y los costos relacionados en su respectiva gestión, surge la imperiosa necesidad de realizar procedimientos para la recolección de datos relativos a la operación del motor modificado que

permitan identificar el comportamiento de este, patrones dentro de su funcionamiento que admita establecer variaciones en sus atributos y su estudiar su relación con un posible malfuncionamiento del equipo.

7.2.1 Eficiencia de los motores modificados.

Para conocer la eficiencia de los motores modificados, relativa a su desempeño dentro de la competencia y correlacionándolo con el proceso de mantenimiento, se requiere en primera instancia determinar la disponibilidad de los motores modificados con relación a su participación en las carreras efectuadas en la temporada 2022 y las correspondientes 8 fechas que la conforman. Lo anterior, permitirá conocer el comportamiento respecto a disponibilidad de los motores F4R modificados y dar atribuciones necesarias dentro del modelo de gestión de mantenimiento que permita que esta disponibilidad se incremente o mantenga. Posteriormente, y con el fin de generar una retroalimentación en el sistema de mantenimiento para los F4R modificado, se establecerán los procedimientos requeridos para determinar su rendimiento operativo, lo cual permitirá establecer una gran herramienta para su gestión de mantenimiento.

7.2.1.1 Establecer procedimientos para determinar la disponibilidad de los motores modificados y su porcentaje de participación.

Con el fin de estandarizar los procedimientos para determinar la disponibilidad de los motores modificados y su porcentaje de participación, se establecerá igualmente un procedimiento o conjunto de actividades enfocadas al seguimiento y documentación de la operación de los motores en cuestión, posibles fallas mecánicas que le surjan dentro de su proceso operativo y anotaciones dispuestas para el proceso de mantenimiento.

En la tabla 24 se muestra el formato DIS-1-1 Seguimiento operativo motores modificados – Disponibilidad Parcial, donde se establece la información básica requerida para el registro de los datos operativos que permitirán determinar la disponibilidad parcial de los motores modificados y anotaciones relativas a una posible falla mecánica. Es de aclarar de las siglas DIS utilizadas como prefijo en la nomenclatura del formato hacen referencia a Disponibilidad, si se desea implementar este formato en un motor se podría utilizar las siglas correspondientes según el sistema de calidad de la empresa.

De forma similar, la tabla 25 muestra el formato DIS-1-2 Seguimiento operativo motores modificados – promedio de disponibilidad temporada, donde se establece la información básica para la documentación de la disponibilidad total de la temporada según los tipos de operaciones efectuadas, y se realiza un promedio de disponibilidad que tuvo el motor para la correspondiente fecha. Para una mejor comprensión y aplicabilidad de los formatos DIS-1-1 y DIS-1-2 en la tabla 26 y 27 se muestra los formatos adaptados al motor F4R modificado respectivamente.

Tabla 24. Seguimiento operativo motores modificados – Disponibilidad Parcial

FORMATO DIS-1-1	SEGUIMIENTO OPERATIVO MOTORES MODIFICADOS DISPONIBILIDAD PARCIAL				FECHA Y HORA INICIO
EQUIPO:		MODELO:		SERIE:	
UBICACIÓN:		TIPO:		POTENCIA:	
TEMPORADA	TIPO DE OPERACIÓN		TIEMPO DE OPERACIÓN hrs		
DISPONIBILIDAD	$= \frac{\text{hrs totales programadas de OP} - \text{hrs paradas por mantenimiento}}{\text{hrs totales programadas de OP}}$				
ANOTACIÓN DE DISPONIBILIDAD					
DESCRIPCIÓN:					
Referencia:			Tiempo:		
Fabricante:					
	Inspeccionado por:		Firma:		
<p>Rubrica de llenado: FECHA Y HORA INICIO: Coloque la fecha y hora de inicio de la operación. EQUIPO: Nombre del activo. MODELO/SERIE: Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición. UBICACIÓN: Coloque la ubicación en la que se encontraba realizando el tipo de operación requerida TIPO DE OPERACIÓN: Coloque el tipo según su operación realizada (práctica, clasificación, carrera, calentamiento, prueba) TEMPORADA: Indique la temporada a la cual corresponde la operación. TIEMPO DE OPERACIÓN: Indique el tiempo en horas de la operación dispuesta. DISPONIBILIDAD: Teniendo en cuenta el tiempo de operación realizado y si se presentó un tiempo en anotación de disponibilidad realice el cálculo de la disponibilidad para dicho tipo de operación DESCRIPCIÓN: Describa la novedad presentada. Referencia: indique el numero de referencia del elemento que presentó novedad. Fabricante: indique el fabricante del elemento. estos tres últimos aplica de la misma manera para modificación parcial. tiempo: Indique el tiempo por mantenimiento dentro de la operación. FECHA Y HORA FIN. Coloque la fecha y hora de finalizacion de la operación. Inspeccionado por: Coloque el nombre de la persona llena el formato. Firma: Firma de la persona que llena el formato.</p>					

Nota: Elaboración propia.

Tabla 25. Seguimiento operativo motores modificados – promedio de disponibilidad temporada.

FORMATO DIS-1-2	SEGUIMIENTO OPERATIVO MOTORES MODIFICADOS PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD TEMPORADA				FECHA		
EQUIPO:		MODELO:		SERIE:			
UBICACIÓN:		TIPO:		POTENCIA:			
TEMPORADA :				PARÁMETROS DE DISPONIBILIDAD			
VALIDA		DISPONIBILIDAD PARCIAL					
1							
2						0<30	II
3						30<60	I.P
4						60<90	S.I
5						90<100	S.S
6							
7							
PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD							
Inspeccionado por:			Firma:				
<p>Rubrica de llenado: FECHA. Coloque la fecha . EQUIPO: Nombre del activo. MODELO/SERIE: Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición. UBICACIÓN: Coloque la ubicación en la que se encontraba realizando el tipo de operación requerida VALIDA: Coloque la valida a la cual pertenecen los datos TEMPORADA: Indique la temporada a la cual corresponde la operación. DISPONIBILIDAD PARCIAL: Coloque en frente de cada tipo de operación de disponibilidad parcial calculada por cada valida participada. PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD: Calcule el promedio de disponibilidad para toda la temporada. Referencia: indique el numero de referencia del elemento que presentó novedad. Inspeccionado por: Coloque el nombre de la persona llena el formato. Firma: Firma de la persona que llena el formato. PARÁMETROS DE DISPONIBILIDAD 0<30 II (Inspeccionar Indicador) 30<60 I.P (Inspeccionar Parcialmente) 60<90 (Solucion Inspeccionada) 90<100 (Solución Sobresaliente).</p>							

Nota: Elaboración propia.

Tabla 26. Seguimiento operativo motores modificados, Temporada 2022 Autostok Team.

FORMATO DIS-1-1	SEGUIMIENTO OPERATIVO MOTORES MODIFICADOS DISPONIBILIDAD PARCIAL					FECHA Y HORA INICIO 2022-31-12
EQUIPO:	Equipo 32 Sandero RS	MODELO:	F4R	SERIE:	55JC34AB	
UBICACIÓN:	Tocancipá	TIPO:	Gasolina	POTENCIA:	180CV	
TEMPORADA	TIPO DE OPERACIÓN		TIEMPO DE OPERACIÓN hrs			
2022	Práctica		3			
DISPONIBILIDAD	$= \frac{308mn/60 - 18mn/60}{308mn/60} =$					94%
ANOTACIÓN DE DISPONIBILIDAD						
DESCRIPCIÓN:	En la valida 01 presentó novedad requerimiento de mantenimiento con retraso de 18mn para retornar a operación					
Referencia:	F4R		Tiempo:	18mn		
Fabricante:	Renault modificado					
	Inspeccionado por:	Felipe Feo		Firma:	<i>Felipe Feo</i>	

Nota: La tabla muestra la disponibilidad parcial de la temporada 2022 durante una práctica. Adaptación de información de Autostok Team (2023). Elaboración propia.

Tabla 27. Seguimiento operativo motores modificados, Disponibilidad Temporada 2022 Autostok Team.

FORMATO DIS-1-2	SEGUIMIENTO OPERATIVO MOTORES MODIFICADOS PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD TEMPORADA					FECHA 2022-31-12
EQUIPO:	Equipo 32 Sandero RS	MODELO:	F4R	SERIE:	55JC34AB	
UBICACIÓN:	Tocancipá	TIPO:	Garolina	POTENCIA:	180CV	
TEMPORADA :	2022					
VALIDA	DISPONIBILIDAD PARCIAL		PARÁMETROS DE DISPONIBILIDAD			
1	94%					
2	100%		0<30	I.I		
3	100%		30<60	I.P		
4	96%		60<90	S.I		
5	100%		90<100	S.S		
6	100%					
7	93%					
PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD	98%					
	Inspeccionado por:	Felipe Feo		Firma:	<i>Felipe Feo</i>	

Nota: La tabla muestra la disponibilidad del motor en estudio para la temporada 2022. Adaptación de información de Autostok Team (2023). Elaboración propia.

Como se observa anteriormente, el porcentaje de disponibilidad significativo para la temporada 2022 de los motores modificados F4R de Autostok Team presentaron un valor satisfactorio correspondiente a un igual o superior de 90% de disponibilidad, lo cual infiere un óptimo desarrollo de su actividad dentro de las operaciones de carrera. Sin embargo, se identifica que la estrategia de mantenimiento por la cual se ejecuta todo su proceso de conservación de vida útil no contempla las características especiales que se dispusieron en el objetivo específico número 1 y su desencadenante puede llegar a influir en su disponibilidad total. Por lo anterior, identificada la disponibilidad de estos motores dentro de su ambiente operativo, es de recalcar que la implementación del modelo de mantenimiento que contempla las ya mencionadas modificaciones puede lograr mantener en el tiempo y a lo largo de las temporadas esta disponibilidad satisfactoria para sus carreras.

7.2.1.2 Establecer los procedimientos para determinar el rendimiento operativo de los motores utilizados en competencia.

Para esta actividad, y en cumplimiento del objetivo mencionado, se trazarán los procedimientos a seguir por el personal táctico y estratégico con el fin de estandarizar los procedimientos para determinar el rendimiento operativo de los motores. En primera instancia, y gracias al sistema de sensores con que cuenta el motor del vehículo, se dará uso al software Race Studio 2 y Race Studio Graphs con el objetivo de conocer los parámetros de RPM, Temperatura, PSI, y Voltaje con que el motor funciona a lo largo de su operación. Una vez obtenidos estos valores se dispondrá a realizar una correlación con la minería de datos que a partir de su implementación generará este modelo, de la cual se podrá estimar valores máximos, mínimos e ideales de operación junto con actividades de mantenimiento que permitan garantizar dichos valores.

Figura. 17 *Proceso de determinación del rendimiento operativo.*



Nota: Proceso de determinación del rendimiento operativo.

En la figura 17 se muestra el procedimiento para la determinación del rendimiento operativo, donde se establece la información básica requerida para el registro de los datos operativos que permitirán determinar el rendimiento de los motores modificados y contrarrestarlo con valores deseados de rendimiento.

7.2.1.3 Establecer la documentación de registro y control de eficiencia de los motores.

Como se ha expuesto anteriormente, dentro de la gestión del mantenimiento hace parte fundamental conocer las condiciones del activo para el desarrollo del mantenimiento que garantice su preservación. Para la documentación de registro y control de la eficiencia de los motores modificados en el formato EF-1-1 se realiza la correspondiente gestión de datos de eficiencia de los motores F4R. Es de aclarar de las siglas EF utilizadas como prefijo en la nomenclatura del formato hacen referencia a Eficiencia, si se desea implementar este formato en un motor se podría utilizar las siglas correspondientes según el sistema de calidad de la empresa.

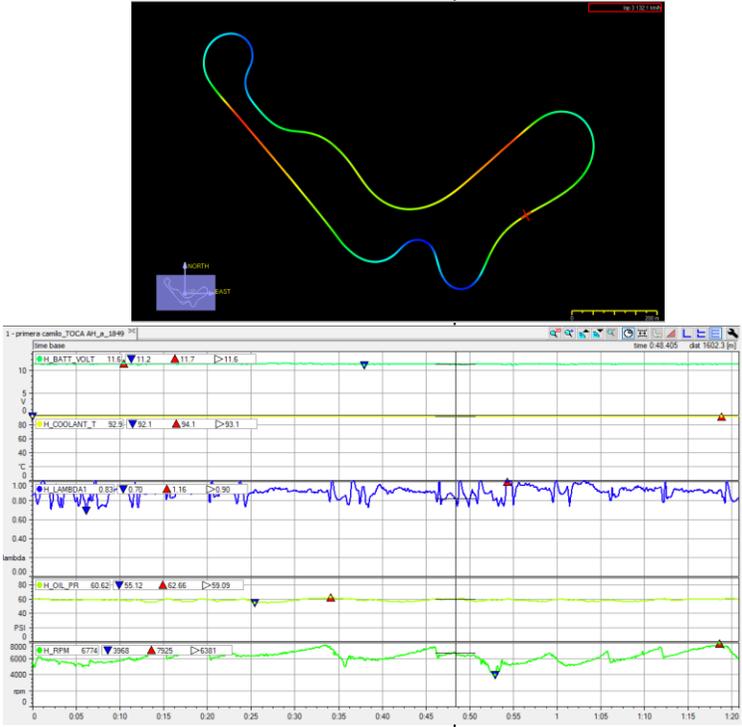
Así mismo, en la tabla 28 se dispone el formato para la gestión documental de los datos de eficiencia del motor, la cual tiene como principal fuente de recolección de datos los aportados por el sistema Racerstudio con que está dotado el vehículo. Adicionalmente, se contempla la importancia del piloto que efectúa la operación ya que se debe considerar que cada uno de los pilotos no operan de la misma forma el vehículo y se debe tender a una armonización dentro de las prácticas de conducción.

Tabla 28. Gestión documental de los datos de eficiencia del motor

FORMATO EF-1-1	REGISTRO Y CONTROL EFICIENCIA OPERACIONAL MOTORES MODIFICADOS					FECHA
EQUIPO:		MODELO:	SERIE:			
UBICACIÓN:	Tocancipá	TIPO:	POTENCIA:			
PILOTO:						
TEMPORADA	TIPO DE OPERACIÓN		TIEMPO DE OPERACIÓN hrs			
				Mínimo	Máximo	
DATOS OPERATIVOS						
	RPM	Minima	Máxima			
	Max. RPM					
	Voltaje					
	Lambda					
	PSI					
	Temperatura					
ANOTACIÓN DE NOVEDAD:						
Referencia:	F4R					
Fabricante:	Renault modificado					
RACERSTUDIO 2 / RACER GRAPHS						
Inspeccionado por:			Firma:			
<p>Rubrica de llenado: FECHA : Coloque la fecha y hora de inicio de la operación. EQUIPO: Nombre del activo. MODELO/SERIE: Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición. PILOTO: Coloque el nombre del piloto del automovil UBICACIÓN: Coloque la ubicación en la que se encontraba realizando el tipo de operación requerida TIPO DE OPERACIÓN: Coloque el tipo según su operación realizada (práctica, clasificación, carrera, calentamiento, prueba) TEMPORADA: Indique la temporada a la cual corresponde la operación. TIEMPO DE OPERACIÓN: Indique el tiempo en horas de la operación dispuesta. DATOS OPERATIVOS: RPM. Coloque las RPM máxima y mínima durante la operación. MAX. RPM. Coloque el máximo RPM sostenido durante la operación. VOLTAJE. Coloque el valor del voltaje de la batería. LAMBDA. Coloque el valor de Lambda. PSI. Coloque el valor de PSI TEMPERATURA. Coloque el valor de la temperatura. Máximo y Mínimo. Corresponde a los valores determinados como ideales luego del estudio de la eficiencia operativa. ANOTACIÓN DE NOVEDAD: Describa la novedad presentada. Referencia: indique el numero de referencia del elemento que presentó novedad. Fabricante: indique el fabricante del elemento. estos tres últimos aplica de la misma manera para modificación parcial. RACERSTUDIO 2 / RACER GRAPHS. Introduzca una captura de los datos operacionales aportados por el software. Inspeccionado por: Coloque el nombre de la persona llena el formato. Firma: Firma de la persona que llena el formato.</p>						

Nota: Elaboración propia.

Tabla 29. Gestión documental de los datos de eficiencia del motor.

FORMATO EF-1-1	REGISTRO Y CONTROL EFICIENCIA OPERACIONAL MOTORES MODIFICADOS				FECHA
EQUIPO:	Equipo 32 Sandero RS	MODELO:	F4R	SERIE:	55JC34AB
UBICACIÓN:	Tocancipá	TIPO:	Gasol	POTENCIA:	180CV
PILOTO:					
TEMPORADA	TIPO DE OPERACIÓN		TIEMPO DE OPERACIÓN hrs		
2022	Práctica		3		
DATOS OPERATIVOS			Mínimo	Máximo	
RPM	3968	7925			
Max. RPM	6381				
Voltaje	11,6 V				
Lambda	0,9				
PSI	59,09				
Temperatura	93,1 °C				
ANOTACIÓN DE NOVEDAD:					
Ejercicio de prueba de motor posterior a cambio de válvulas de admisión					
Referencia:	8200052311				
Fabricante:	Renault modificado				
RACERSTUDIO 2 / RACER GRAPHS					
					
Inspeccionado por:		Felipe Feo	Firma:	<i>Felipe Feo</i>	

Nota: La tabla muestra el formato EF-1-1 realizado teniendo en cuenta los datos operativos del motor F4R. Adaptación de Autostok Team (2023). Elaboración propia.

Como se observa anteriormente, el porcentaje de disponibilidad significativo para la temporada 2022 de los motores modificados F4R de Autostok Team presentaron un valor satisfactorio correspondiente a un igual o superior de 90% de disponibilidad, lo cual infiere un óptimo desarrollo de su actividad dentro de las operaciones de carrera. Sin embargo, se identifica que la estrategia de mantenimiento por la cual se ejecuta todo su proceso de conservación de vida útil no contempla las características especiales que se dispusieron en el objetivo específico número 1 y su desencadenante puede llegar a influir en su disponibilidad total. Por lo anterior, identificada la disponibilidad de estos motores dentro de su ambiente operativo, es de recalcar que la implementación del modelo de mantenimiento que contempla las ya mencionadas modificaciones puede lograr mantener en el tiempo y a lo largo de las temporadas esta disponibilidad satisfactoria para sus carreras.

Por otra parte, las características dadas de eficiencia del motor se estudian y mencionan en este proyecto dando hincapié en la necesidad de mantener una minería de datos que permita contrarrestar los valores presentes y pasado del comportamiento del motor durante la respectiva operación. De igual forma se debe apoyar de la herramienta Racerstudio como gestor de información para esta actividad, y velar por mantenerlo actualizado, con preparación para el personal técnico y estratégico que lo maneje, y establecer sus propios valores de tolerancia para evaluar el comportamiento de los motores.

7.2.2 Analizar los costos relacionados con el mantenimiento actual.

Por su parte, el análisis del costo de mantenimiento actual permite dar una noción del manejo del proceso de mantenimiento. Las siguientes tareas van encaminadas a la determinación del proceso documental de costos de mantenimiento que con su implementación

ayuden a la compañía identificar costos a reducir dentro de su proceso y establecer estrategias para que sus egresos sean lo más bajos posibles.

7.2.2.1 Establecer procedimientos para determinar los costos directos e indirectos en el mantenimiento actual de los motores modificados.

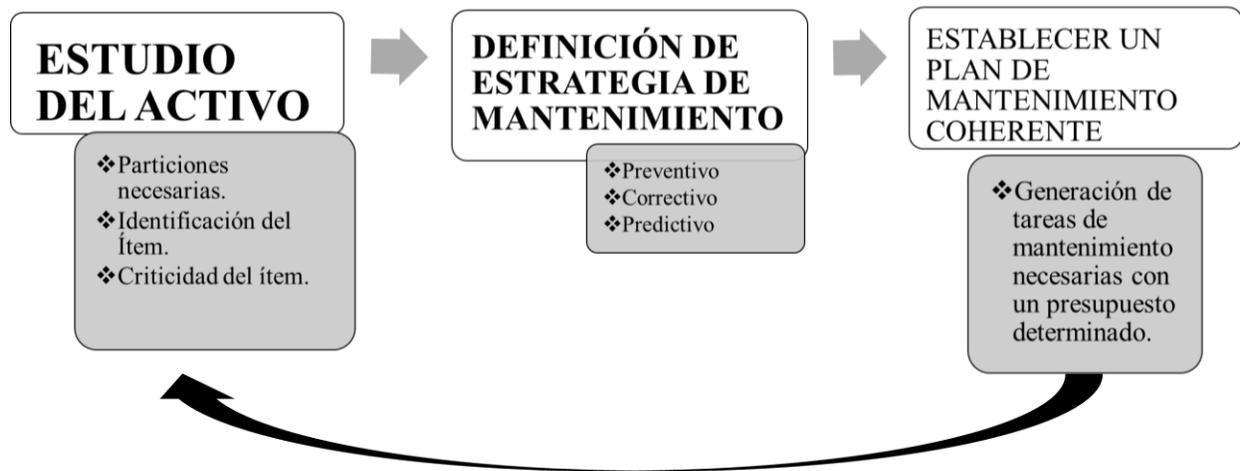
Los costos que acarrearán las tareas de mantenimiento de Autostok Team están dados por actividades rutinarias de mantenimiento preventivo asociadas a una ausencia de plan de mantenimiento definido. Por tal motivo, las actividades de preservación son realizadas con el objetivo desafiante de no presentar ninguna falla durante la carrera, ya que se estima que cada minuto que se visualice por televisión el Automóvil tiene un Free Press de \$ 5.000.000 COP los cuales por carrera de un auto de punta oscila entre los 15 minutos por carrera, logrando una publicidad para cada uno de patrocinadores del equipo y retribuyendo de esta manera al equipo. En caso contrario, las retribuciones a los patrocinadores se verían bajas, generando que la intención de apoyo al equipo se vea disminuida y con ello la capacidad financiera de este último.

Por otra parte, para establecer los procedimientos que ayuden a determinar el costo en el mantenimiento se establece que inicialmente se debe conocer el activo al cual se realizará el mantenimiento y la estrategia de mantenimiento a ejecutar, si corresponde a una estrategia de mantenimiento preventiva, correctiva o predictiva. Seguidamente, es pertinente asociar esta estrategia a un debido plan de mantenimiento que permita desglosar las actividades a realizar y el correspondiente costo que estas generarán y de esta forma acotar un presupuesto para esta actividad. Posteriormente, se recomienda crear un sistema retroalimentado que como política de calidad genera valor a su proceso por medio de autoevaluación del sistema de mantenimiento,

reduciendo costos que se logren identificar como desperdicios y optimizando las operaciones de esta actividad de preservación.

En la figura 18 se observa el procedimiento para determinar costos en el mantenimiento actual de los motores modificados F4R.

Figura. 18 Procedimiento para determinar costos en el mantenimiento.



Nota: Procedimiento para determinar costos en el mantenimiento. Elaboración propia.

7.2.2.2 Establecer la documentación de registro y control de los costos relacionados con el mantenimiento de los motores modificados.

Como parte del proceso de análisis de costos, mantener documentado este proceso permitirá a Autostok Team mantener una visión clara de sus actividades de preservación de activos. Para ello, es importante determinar los costos que conforman la gestión del mantenimiento de los motores F4R modificados, la estrategia que establecen ellos para su conservación de características deseadas, y los demás ejercicios de planificación presupuestal que ejecutan.

Autostok Team, como equipo de competencia automovilística participante de la TC2000, cuenta con vehículos Sandero RS motorizados por un Renault F4R modificado. Durante este proceso de investigación se identificaron los diversos costos asociados a esta tarea y se identifica como patrón general la presencia de modificaciones mayores que salen de las características originales del motor, lo cual permite ver la necesidad de contemplar dichas partes nuevas dentro de un sistema planificado de mantenimiento que desglose su ejercicio de preservación a lo largo de su vida útil.

En la table 30 se pueden apreciar los distintos componentes adicionados al equipo y modificaciones efectuadas junto con la relación de precios atribuidos y la referencia con que es identificado dentro del sistema de mantenimiento de la empresa. De igual manera de estos componentes y sus costos asociados se identifica que el costos de las modificaciones efectuadas corresponden a un 97% del valor total del motor F4R original, lo cual representa para Autostok Team una inversión de \$20.126.600 COP (valores amortizados al año 2022) y cuya estrategia de prevalencia de condiciones ideales contempla actividades que no corresponden a su nueva condición, lo cual puede desencadenar en el peor de los casos una pérdida de \$ 40.930.100 COP en motor sin contemplar los sistemas adicionales a los que pueda generar una avería o pérdida total.

Tabla 30. Costos de motor F4R.

COSTO DE MOTOR F4R		
ITEM	REFERENCIA	COSTO
Motor Completo Original	100017528R	\$ 20.803.500
Modificación Piñones De Bomba	NA	\$ 1.680.000
Casquetes de Bancada Racing	5M7807H	\$ 586.200
Casquetes Biela Racing	4B7820H	\$ 265.400
Ducto Rociador Aceite Izquierdos	8200138004	\$ 130.000
Ducto Rociador Aceite Derechos	8200138002	\$ 130.000
Tratamiento Cigüeñal	TERMICO	\$ 910.000
Conjunto Bielas en H de Competencia	SAINZ	\$ 3.700.000
Juego de Pistones y Anillos APR	NA	\$ 4.630.000
Bruñido Bloque Motor	NA	\$ 237.000
Inyectores	166007733R	\$ 1.344.000
Riel de Inyección	8200053030	\$ 180.000
Porting Culata y Armado	CNC	\$ 2.350.000
Válvulas de admisión y escape	NA	\$ 1.850.000
Tratamiento Árboles de levas	NA	\$ 780.000
Intercambiador de Aceite	NA	\$ 964.000
Modificación de Decalador Admisión	NA	\$ 390.000
TOTAL		\$ 40.930.100

Nota: Costos de modificación F4R. Datos aportados por Autostok Team. Elaboración Propia.

Dentro del proceso de mantenimiento efectuado a este motor, se identificó que las tareas de mantenimiento realizadas solamente corresponden a las establecidas en el objetivo 1 y no contemplan verificaciones adicionales a los componentes modificados siempre y cuando no generen fallas o sospecha de ello. En este sentido, los costos asociados a esta actividad se relacionan a continuación en la tabla 31.

Cabe resaltar que, en materia de consumibles, Autostok Team realiza cambio total de los líquidos consumibles del motor con el objetivo de prevenir cualquier falla. Sin embargo, no se establece una estrategia de mantenimiento diagnóstico como análisis de aceites que indique la condición interna del motor y posibilidad de disminuir la frecuencia de cambio de aceite,

disminuyendo costos, o realizar una reparación adicional que a lo largo del tiempo signifique un ahorro por prevención.

Tabla 31. Costo día de carrera. Mantenimiento F4R modificado.

COSTO DIA DE CARRERA	
ITEM	COSTO
Gasolina	\$ 800.000
Aceite Motor	\$ 540.000
Filtro Aceite	\$ 45.000
Aceite De Caja	\$ 225.000
Alineacion	\$ 320.000
Alimentación	\$ 700.000
Trasporte y Logística	\$ 450.000
Equipo Técnico	\$ 2.000.000
Refrigerante	\$ 184.000
Inscripción	\$ 350.000
Set De Llantas	\$ 5.360.000
TOTAL	\$ 10.974.000

Nota: Costos de mantenimiento en operación del F4R modificado. Datos aportados por Autostok Team. Elaboración Propia.

Para una eficiente gestión documental, seguimiento, y calidad de los costos asociados al mantenimiento, se sugiere implementar un formato estándar y asociado al sistema de calidad que permita asociar todos los datos primordiales de costos de mantenimiento. Dicho formato puede ser digital o físico y su uso está centrado en el seguimiento y control del mantenimiento efectuado a los motores. Si el análisis de costos de mantenimiento arroja un alto costo puede significar que un ítem dentro del sistema se encuentra desalineado con los objetivos de preservación de la compañía.

Por otra parte, este formato o sistema de mantenimiento debe estar alineado con las características propias de Autostok Team en referencia a sus capacidades, limitaciones, y elementos que la conforman, preservando la noción de claridad y sencillas de la información.

En la tabla 32 podemos observar un ejemplo de sistema de registro y control de los costos relacionados con el mantenimiento, para lo cual se ha tenido en cuenta la información que posea Autostok Team y los vacíos de gestión que presenta y que se pretenden mejorar con el estudio de la implementación de un modelo de mantenimiento focalizado en su propio proceso.

Los procesos de mantenimiento realizados en Autostok Team deben estar focalizados en la prevalencia del buen funcionamiento de sus equipos y con una cultura de prevención de la falla lo cual permita que el vehículo en competencia continúe remunerando a su compañía. Se estima que cada minuto que se visualice por televisión el auto tiene un Free Press de \$5.000.000 COP, los cuales por carrera para un auto que lidere la válida se encuentra alrededor de 15 minutos por carrera que generaría publicidad a cada uno de los patrocinadores del equipo, y de esta manera retribuir a la rentabilidad de Autostok Team (Autostok Team, 2023).

Tabla 32. Sistema de registro y control de los costos relacionados con el mantenimiento.

REGISTRO Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO														
ASOCIACIÓN DE COSTOS														
FORMATO														
EF-1-1														
EQUIPO:	Equipo 32 Sandero RS			MODELO:	F4R	SERIE:	55JC34AB	TIPO:	Gasolina	POTENCIA:	180CV	AUTOSTOK TEAM		
PARTE NUMERO	TIPO ACTIVIDAD	DESCRIPCION	RESPONSABLE	ADICIONAL	FRECUENCIA	MAQUINA	TIEMPO hrs	FRECUENCIA	FECHA INICIO	FECHA FIN	COSTO PARTE	COSTO MANO DE OBRA	COSTO NO ESP.	COSTO TOTAL

RUBRICA DE LLENADO: EQUIPO. Nombre del activo. **MODELO/SERIE:** Si el activo solo posee un numero de referencia coloque ésta en la casilla de serie y en la casilla modelo coloque la fecha de fabricación o adquisición. **TIPO.** Coloque el tipo de combustible del vehículo. **POTENCIA.** Coloque la potencia nominal del motor. **PARTE NÚMERO.** Coloque la referencia de la parte que se realiza el mantenimiento. **TIPO DE ACTIVIDAD.** Coloque el tipo de actividad de mantenimiento a realizar (I/F Inspección Funcional, L/C Lubricación, C/C Cambio Componente, M/P Mantenimiento Programado). **DESCRIPCIÓN.** Describa brevemente la actividad que realiza. **RESPONSABLE.** Coloque el tipo de responsable requerido para la tarea (Eléctrico, Mecánico, Soldador, Metalmecánico), **ADICIONAL.** Coloque un responsable adicional si se requiere. **FRECUENCIA.** Coloque la frecuencia con que se debe realizar la tarea. **MAQUINA.** Coloque si la máquina debe estar apagada o encendida. **TIEMPO hrs.** Coloque el tiempo que se tarda en realizar la actividad. **# FRECUENCIAS.** Coloque el numero de frecuencias que se debe realizar esa actividad. **FECHA INICIO. FECHA FIN.** Coloque la respectiva fecha de inicio y finalización de la actividad. **COSTO PARTE.** Coloque el costo de la parte o activo nuevo instalado. **COSTO MANO DE OBRA.** Coloque el costo de la mano de obra. **COSTO NO ESP.** Coloque costos adicionales no especificados en el formato. **COSTO TOTAL.** Coloque el costo total de la actividad.

Nota. Formato de registro y control del mantenimiento, asociación de costos. Adaptación propia de Leguizamón (2022).

7.3 Plantear un modelo de gestión del mantenimiento para los motores utilizados en competencia, acorde a las modificaciones y operaciones.

Este modelo de mantenimiento basado en los motores F4R de competencia busca mitigar las fallas operacionales durante la competencia y poder garantizar mayor disponibilidad y reducción de costos mediante la gestión de mantenimiento, logrando identificar cada una de las modificaciones y así mismo asignar el tipo de mantenimiento que requiere cada uno de ellos.

7.3.1. Identificar las mejoras necesarias del plan de mantenimiento de acuerdo a las fallas presentadas en la operación.

7.3.1.1. Aplicar 5s en los recursos del mantenimiento (humano y logístico).

La aplicación y el cumplimiento de cada una de las 5S nos garantiza poder tener un mayor seguimiento sobre cada uno de los componente internos y externos que componen el motor F4R de competición, y así mismo por medio de los registros planear el mantenimiento preventivo a cada uno de los sistemas para prevenir desgastes prematuros o fallas durante competencia u operación del motor.

En la siguiente tabla podemos observar las implicaciones de las 5S dentro del sistema de mantenimiento de Autostok Team enmarcados dentro de sus recursos humanos y logísticos.

Tabla 33. 5S en los recursos del mantenimiento.

5s	Humano	Logístico
Clasificación	Nombrar las modificaciones realizadas a cada uno de los sistemas que componen el motor	Verificar que partes de los sistemas se modifican y cuales se usan de manera original
Organización	Llevar un control y registro de cada una de las modificaciones realizadas	Documentar y archivar la información relacionada con cada partes o modificación que integran el motor
Limpieza	Mantener organizada la trazabilidad de cada uno de los registros de modificaciones de cada sistema que componen al motor	Digitalizar los archivos para garantizar su legibilidad
Estandarizar	Hacer seguimiento a cada subsistema para garantizar la disponibilidad del motor	Organizar el control y registro despues de cada uso del motor
Disciplina	Organizar y priorizar las rutinas de mantenimiento y recambio de piezas por tiempo o ciclos de vida	Actualización de datos en bitácoras de trabajo y cada registro de modificación realizada al motor

Nota: Elaboración propia.

7.3.1.2 Establecer indicadores de control en el mantenimiento

Es necesario tener un control de mantenimiento sobre cada uno de los sistemas que componente el motor F4R de competición y se deben realizar algunas tareas antes y después de cada uso de motor para tener un mayor control sobre cada sistema o subsistema que compone el motor.

De igual forma, es necesario un formato de tareas requeridas después de cada operación del motor, el cual permita subsanar a tiempo todas las discrepancias identificadas durante la operación, y si no se cumple con alguna de estas tareas se debe dejar registro en el formato anteriormente dispuesto RMNC -1-2-2-1.

Tabla 34. Indicadores de control de mantenimiento.

FORMATO INDICADORES DE CONTROL	FECHA	
Tareas requeridas	Realizadas	No realizadas
Recopilar los datos de funcionamiento despues de cada uso del motor para verificar que sistema o pieza puede requerir mantenimiento o sustitución		
Test de bateria		
Medición de compresión en cada uno de los cilindros de motor		
Verificar estanqueidad del motor y perifericos adicioneles		
Registrar el tiempo de funcionamiento para la trazabilidad de mantenimiento		
Cambio de aceite y filtros		
Registro y control para sustitución de partes por desgaste por tiempo o kilometraje recorrido		
Modificaciones en programa de inyección dependiento del rendimiento que se requiere		

Nota: Elaboración propia.

7.3.1.3. Establecer listas de chequeo en las actividades de mantenimiento.

Para verificar las listas de chequeo de las actividades de mantenimiento remítase a la actividad 7.1.2.3, en la cual se exponen cada uno de los tipos de mantenimiento que se utilizarán para el mantenimiento del motor F4R del equipo Autostok Team, y el correspondiente chequeo de sus actividades.

7.3.2. Analizar qué tipo de mantenimiento son idóneos para garantizar la operación de los motores modificados

7.3.2.1. Establecer matriz de criticidad en las actividades de mantenimiento

Con el fin de establecer el nivel de criticidad de cada subsistema del motor F4R, se debe clasificar como riesgo alto, riesgo medio o riesgo bajo con un nivel de criticidad, y así mismo

poder establecer estrategias para mitigarlas falencias y poder garantizar una mayor confiabilidad operativa de este motor para cada competencia.

En la tabla 35 podemos identificar los criterios a tener en cuenta en caso de presentar alguna falla dentro de las tarreas, su nivel de impacto para la operación, y la correspondiente tarea de mantenimiento a evaluar en conjunto con el plan de mantenimiento establecido según sea una parte modificada u original del motor F4R.

Tabla 35. Criticidad de eventos y su correspondiente mantenimiento.

6	Ruptura de motor	Cambio de motor o reparación motor
5	Perdida de presión de aceite, fallas en sistema de inyección	Corregir fallas, cambiar partes defectuosas o hacer cambio de motor
4	fallas en sistemas electricos,refrigeracion, alimentacion de combustible	Se deben corregir fallas antes de la operación del motor
3	Sistemas periféricos o que no permiten el funcionamiento del auto independientes al motor tales como caja de cambios, embrague, sistema de suspensión o frenado	se deben hacer las correcciones necesarias para el buen funcionamiento del auto completo
2	Reparaciones en cableados eléctricos	Reparar antes de la competencia para garantizar confiabilidad y evitar fallas de operación
1	Humedad o pequeñas fugas	Tanto el motor como periféricos pueden operar para competencia pero despues de esta se debe realizar el mantenimiento preventivo

Nota: Elaboración propia.

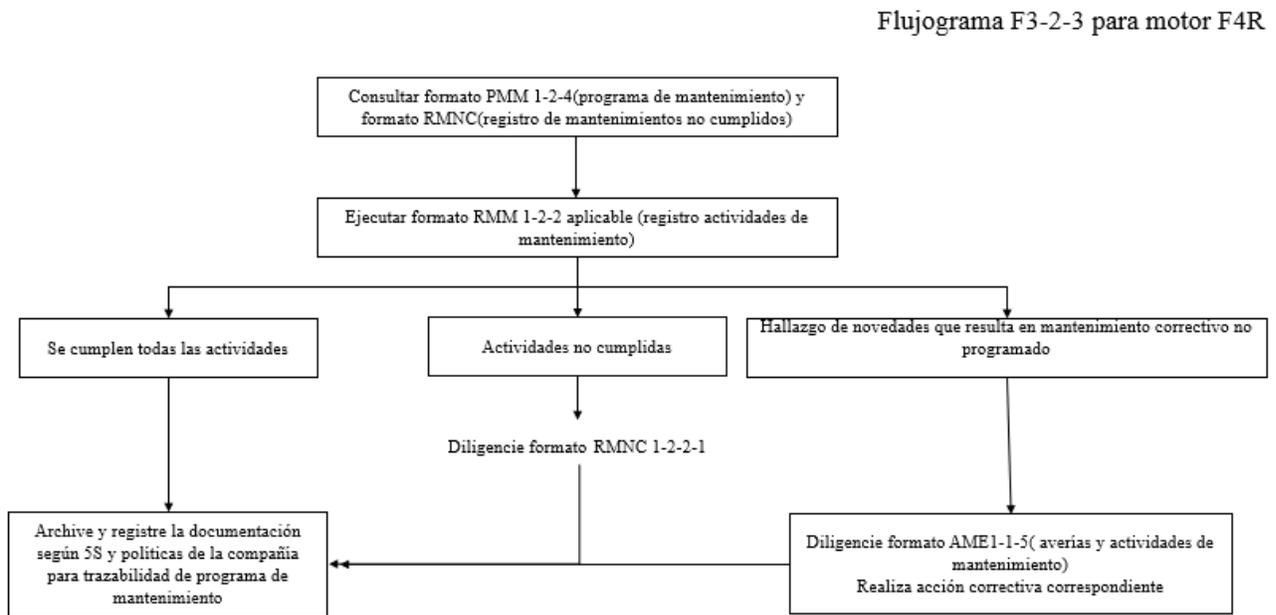
Dentro de esta tabla, se identifica que los valores de criticidad se encuentran dispuestos desde el más crítico 6 (ruptura de motor), 5 como valor de alto impacto (perdida de presión de aceite, fallas en sistema de inyección), 4 como criticidad tendiente alta (fallas en sistemas eléctricos, refrigeración, alimentación de combustible), 3 como criticidad media, 2 como criticidad

moderada (reparaciones en cableado eléctrico) y 1 como criticidad mínima (humedad o pequeñas fugas).

7.3.2.2. Establecer flujo grama para las actividades de mantenimiento realizadas.

Se indica según plan de mantenimiento las actividades relacionadas con los intervalos de los mantenimientos preventivo programado y no programado, mantenimiento correctivo programado y no programado, como se establece en el numeral 7.1.2.3. que hace referencia a los parámetros de clasificación de actividades de mantenimiento.

Figura. 19 *Flujograma proceso de mantenimiento*



Nota: Elaboración propia.

El flujograma de la figura 19 indica el orden de archivo de información o diagnósticos o análisis de información, gestión de mantenimiento que se a realizado con anterioridad para tener los parámetros o

control de cada parte que integra el motor F4R y así mismo seguir retroalimentándolo para futuras modificaciones.

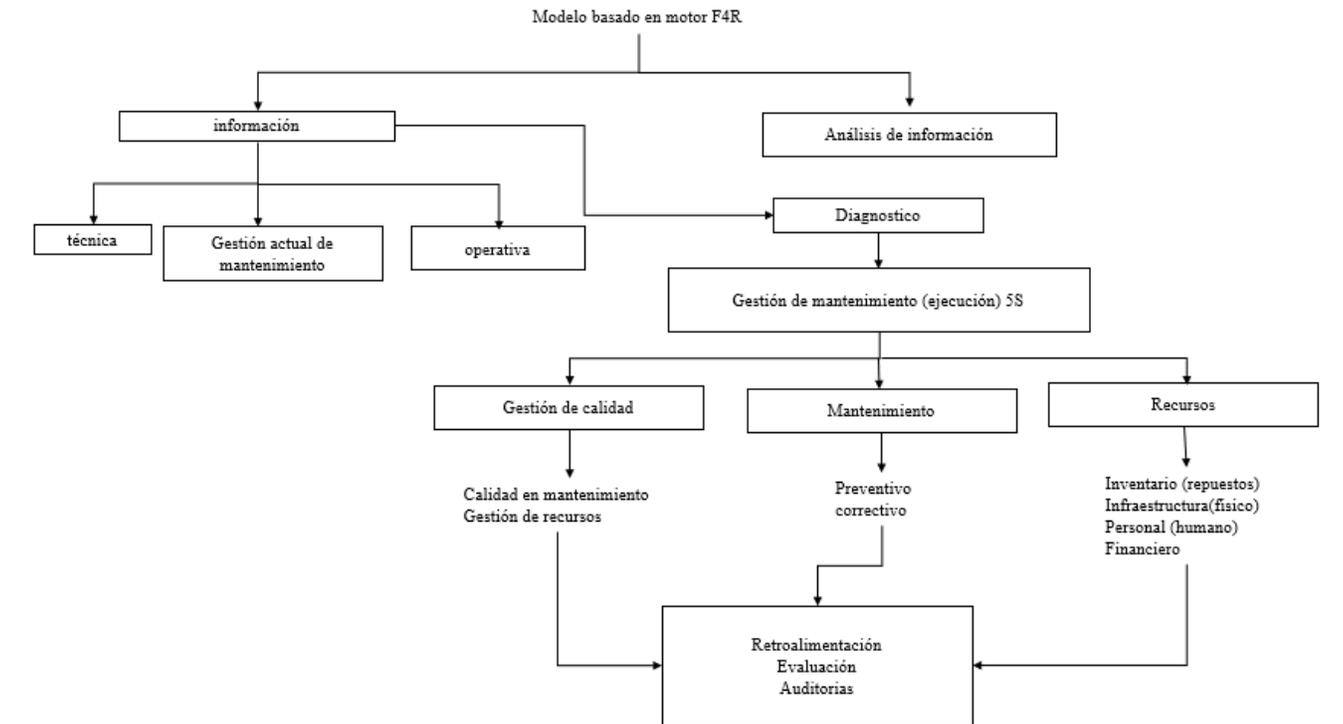
7.3.2.3. Establecer procedimientos para la realización de tareas de mantenimiento.

Para establecer y tener garantías sobre cada procedimiento realizado con el motor de competencia F4r se debe tener un orden el cual nombraremos a continuación cada uno de los pasos a seguir para el mantenimiento:

- Consultar formato de mantenimiento PM-1-4
- Posterior en la realización de mantenimiento formato RM1-2-2
- Para las tareas no cumplidas usar formato RMNC -1-2-2-1
- Para los mantenimientos no programados usar formato AME-1-1-5
- El formato PM establece los programas de mantenimiento
- El formato RM establece las actividades a realizar por plan de mantenimientos
- El formato AME 1-1-5 indica el mantenimiento no programado.

Adicional a estos formatos se establece el siguiente flujograma de formatos tareas de mantenimiento con el fin de garantizar el orden y la trazabilidad de cada trabajo realizado y de cada repuesto cambiado al motor F4R o periféricos.

Figura. 20 Esquema Modelo de mantenimiento planteado



Nota: Elaboración propia.

El modelo de gestión de mantenimiento para los motores F4R está diseñado acorde para mejorar e implementar nuevas modificaciones y operación en competencia de este motor, así mismo, organizar y archivar la trazabilidad de cada uno de los procedimientos efectuados tanto interno como externo al motor, con estas herramientas se busca minimizar los fallos causados en operación, maximizar el desempeño, alargar la vida útil del motor, disminuir el desgaste prematuro.

7.3.3. Modelo de gestión de mantenimiento Motor F4R modificado.

En una compañía donde la labor de mantenimiento juega un papel fundamental para lograr los objetivos institucionales, es necesario que la gestión de mantenimiento tenga todos los lineamientos para el cumplimiento de los procesos involucrados, así como de los recursos necesarios. Para la Empresa Autostok Team donde uno de los objetivos principales es participar

en la competencia de carreras automovilísticas, la gestión del mantenimiento de sus equipos ocupa un lugar importante y apoya en el cumplimiento de esa misión. Es entonces que establecer un modelo de gestión del mantenimiento para sus motores F4R modificados es necesario para reducir costos en el mantenimiento, evitar retrabajos, organizar todo el proceso de mantenimiento y garantizar la máxima disponibilidad para competir.

El modelo de mantenimiento planteado considera las modificaciones realizadas a los motores F4R, las exigencias operativas, los recursos de mano de obra, herramienta y material requeridos, los tipos de mantenimiento aplicables, los procesos de control como indicadores operativos y de mantenimiento, y las políticas de calidad en el proceso de mantenimiento, lo anterior basado en una estructura cíclica de mejora continua, donde se evalúa y se retroalimenta constantemente el proceso.

7.3.3.1. Políticas de calidad en las actividades del mantenimiento

En la ejecución de las tareas de mantenimiento en general en toda la implementación del programa de mantenimiento es necesario aplicar el concepto de calidad en todo proceso, según el autor del libro TPM en industrias de proceso en su capítulo 7 establece que el mantenimiento de calidad es realizar los procesos o actividades de tal manera que no se produzcan defectos de la calidad en el producto final (Suzuki, 2017), para las actividades de mantenimiento el producto es la tarea finalizada y para garantizar la calidad de ese producto es necesario que la ejecución o el proceso de ejecución cumpla con unos parámetros relacionados con la calidad tales como:

- **Personal calificado y capacitado:** Hace referencia al personal que realiza la tarea de mantenimiento, este debe tener las habilidades y entrenamiento requerido para efectuar la labor con calidad.

- Herramienta adecuada y calibrada: Hace referencia a la herramienta utilizada para efectuar la tarea de mantenimiento, esta debe ser empleada según su función, si la actividad requiere de herramienta susceptible de calibración esta debe cumplir mencionado requisito.
- Material trazable: Hace referencia a los repuestos utilizados en el mantenimiento, estos deben ser originales u homologados con la documentación que avale su condición de servicial.
- Manuales adecuados y actualizados: Hace referencia a la documentación que indica el procedimiento o paso a paso de ejecución de la tarea de mantenimiento, estos deben ser dados por el fabricante o establecidos por el departamento de mantenimiento.
- Infraestructura adecuada: Hace referencia al lugar y logística donde se ejecuta las labores de mantenimiento, estos deben estar con condiciones óptimas y contar con la logística necesaria para realizar las actividades de mantenimiento con calidad.

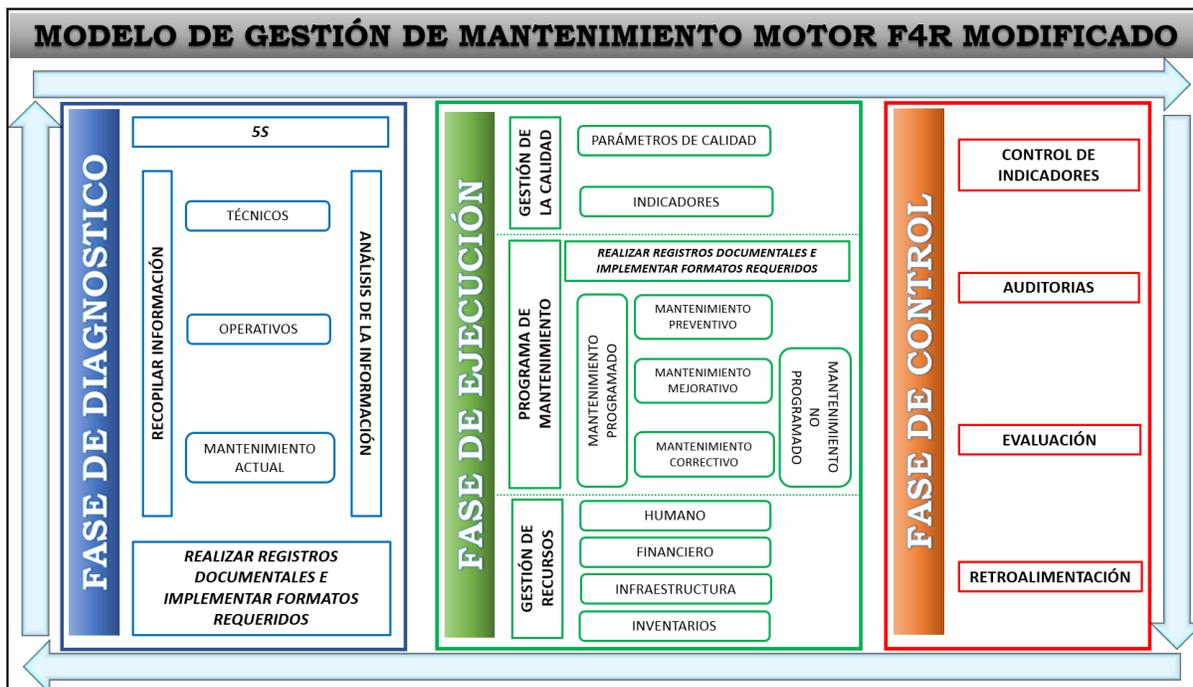
Los anteriores parámetros de calidad fueron adaptados de los atributos de calidad del mantenimiento de la fuerza Aérea Colombiana descritos en el manual de mantenimiento aeronáutico (MAMAE), en su parte dos capítulo 1 numeral 1.7 Atributos de Calidad en el Mantenimiento (FAC, 2016). En la ejecución de las actividades de mantenimiento del motor F4R modificado se debe cumplir con los anteriores parámetros de calidad para garantizar así un mantenimiento de calidad, que resulta en reducción de costos asociados al mantenimiento por retrabajos o garantías, lo que se resume en hacer el trabajo de manera adecuada una sola vez.

7.3.3.3. Diagrama general del modelo de mantenimiento.

Un modelo de gestión de mantenimiento es un conjunto de procesos y actividades relacionadas con una finalidad establecida, que es la de administrar de manera eficaz y eficiente todos los recursos disponibles para mantener los activos o equipos funcionando según las características de diseño y que puedan alcanzar la vida útil establecida por el fabricante. En muchas ocasiones la descripción literal de cada proceso y su relación con otro, puede resultar algo compleja. Una manera de simplificar la estructura de un modelo de gestión es mediante un diagrama general donde se muestren los procesos principales, su contenido y la relación entre ellos, de tal manera que sea más comprensible.

Para el caso del modelo de gestión de mantenimiento para los motores F4R modificados en la figura 20 se muestra la estructura general, los procesos y subprocesos involucrados acorde a todas las necesidades previamente establecidas.

Figura. 21 Diagrama del Modelo de Gestión de Mantenimiento del motor F4R Modificado.



Nota: La figura muestra la estructura general del modelo de gestión de mantenimiento motor F4R modificado. Elaboración propia.

7.3.3.4. Estructura Modelo de gestión de mantenimiento Motor F4R modificado

En la numeral 7.3.3.3 se establece el diagrama general del modelo de gestión de mantenimiento para los motores F4R modificados utilizados en competencia por la empresa Autostok Team, como se muestra en la figura 20. En esa estructura se tiene tres pilares o procesos fundamentales.

El primer proceso principal es la fase de diagnóstico donde se desarrollan subprocesos para recopilar y analizar la información actual de los datos técnicos, operativos y de mantenimiento, aplicando subprocesos transversales como las 5s y la implementación de registros documentales y formatos previamente establecidos en el numeral 7.1.

Una vez este consolidada y documentada toda la información sigue el segundo proceso principal o fase de ejecución, esta consta de subprocesos tales como gestión de la calidad, programa de mantenimiento, gestión de recursos; buscando describir cada subproceso tenemos entonces que, para la gestión de la calidad se deben estructural las políticas o parámetros de medición y ejecución en las actividades de mantenimiento así como la implementación de indicadores que brinden información de cumplimiento del estado operativo y de proceso de mantenimiento; para el programa de mantenimiento, según las necesidades operativas y técnicas del moto F4R modificado se estableció un mantenimiento programado que abarca un mantenimiento preventivo, mantenimiento mejorativo y un mantenimiento correctivo, y un mantenimiento no programado que abarca solamente el mantenimiento mejorativo y el mantenimiento correctivo ,en el numeral 7.1.2.3 se describen mejor cada tipo, el subproceso de programa de mantenimiento esta apoyado por un subproceso trasversal de implementación de registros documentales y formatos establecidos para un correcta implementación del programa de mantenimiento; para la gestión de los recursos, hace referencia a la adecuada administración

del recurso humano como capacitación y remuneración, de infraestructura como herramientas y equipos, de inventarios como material trazable o insumos requeridos, y financiero como los costos relacionados al proceso de mantenimiento, este subproceso está ligado al subproceso de calidad mediante las políticas o parámetros establecidos en la gestión del mantenimiento.

El tercer y último proceso, es la fase de control, con la implementación de subprocesos de control de indicadores, auditorias, evaluación y retroalimentación, que brindan las herramientas necesarias para controlar la eficacia del modelo de gestión permitiendo así la toma de decisiones y realizar las modificaciones en los procesos de gestión necesarios para alcanzar los objetivos del mantenimiento.

Es de resaltar que la estructura general está establecida cíclicamente, es decir se considera como un modelo de mejora continua donde los procesos pueden ser modificados acorde las necesidades y continuos cambios requeridos del motor F4R en cuanto a operación y mantenimiento, lo anterior se puede resumir describiendo el modelo planteado como un modelo adaptativo donde se van alterando el proceso acorde a las exigencias del producto que en este caso es el motor F4R modificado para competencia. De igual forma se destaca que la elaboración de este modelo de gestión se ha soportado en las bases teóricas identificadas dentro del análisis documental preliminar de esta investigación, los modelos generados por Velásquez (2006), Arias (2018), y Melo (2022), siempre teniendo en cuenta las condiciones particulares del sistema de mantenimiento de Autostok Team y con el objetivo de acoger las modificaciones efectuadas a sus motores.

8. Análisis presupuestal.

Cómo se plasmó en el objetivo 2 (numeral 7.2.2.2) la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento para Autostok Team permitiría preservar su inversión en materia de

activos e investigación dedicada a las modificaciones de los motores, su inversión de \$40.930.100 COP en desarrollo de motores con mejores características de desempeño para carreras automovilísticas y a su vez, acatadas las indicaciones respecto a la mejora del plan de mantenimiento, Autostok Team puede continuar lucrando a partir de su actividad sin interrupción alguna debida fallas en el motor F4R modificado, obteniendo los más de \$15.000.000 COP por válida y Free Press adicional por patrocinios deportivos que permitan no solo mantenerse en competencia sino seguir innovando y desarrollando mejores investigaciones en materia automotriz.

Por otra parte, la inversión dedicada al estudio y desarrollo del modelo de gestión de mantenimiento y plan de mantenimiento que contemple las respectivas modificaciones del motor, representa una inversión en 2 aspectos fundamentales; en primer lugar, los conocimiento y habilidades que debe adquirir el personal técnico y estratégico para su desarrollo, aspectos que se deben adquirir por medio de capacitaciones adicionales que representan un costo aproximado para la compañía de \$3.000.000 COP. Como segundo aspecto encontramos las modificaciones necesarias al plan de mantenimiento, lo cual puede acarrear costos asociados a equipos, herramientas y tiempo en mano de obra adicional, lo cual puede oscilar en una inversión aproximada para Autostok Team de \$11.500.000 COP. Esta suma de inversiones si bien generan un incremento en los gastos de la compañía, hace parte de la mejora que debe presentar para poder generar futuras ganancias como se señala anteriormente, y su retorno se vería reflejado aproximadamente en 3 validas representativas para el equipo.

9. Conclusiones y recomendaciones.

Las contantes exigencias técnicas y operativas en las competencias automovilísticas requiere que cada equipo o escudería tenga sus automóviles y los motores utilizados, que en

general son motores modificados como el F4R, en el punto de máximo de desempeño y disponibilidad; uno de los factores determinantes para alcanzar esto, es implementado una adecuada gestión del mantenimiento donde se consideren todas las necesidades y requerimientos que permitan consolidar procesos ideales de gestión encaminadas a alcanzar los objetivos planteados en el marco de las competencias automovilísticas. Con el presente modelo de gestión de mantenimiento se busca consolidar una adecuada administración del mantenimiento, planteado procesos de mejora continua que se adapten y evolucionen a los constantes requerimientos técnicos y operativos de las carreras automovilísticas. Según Suzuki al implementar el TPM se logran mejoras significativas en las áreas productiva con aumento productividad 1,5 a 2 veces, en el área operativa con aumento de 1,5 a 2 veces la eficiencia global, en el área de seguridad con cero accidentes e incidentes, en el área financiera con reducción de los costes en un 30%, en el área de calidad descenso de la tasa de defectos en un 90%, así como también logros importantes en las áreas de trabajo y desarrollo general de toda la organización (Suzuki, 2017); con el presente modelo no se pretende alcanzar los niveles de mejora que puede lograr un TPM, pero en contraste si se pueden obtener un progreso significativo en aspectos fundamentales en el mantenimiento como lo son la calidad y los costos, traduciéndose en mejores resultados en competencia y aumento de vida útil del activo intervenido como lo es el motor F4R modificado.

Adicionalmente, y en materia de recomendación, es importante que el proceso de mantenimiento ejecutado por Autostok Team introduzca a su sistema una gestión documental que abarque el seguimiento, control y guía de las respectivas tareas de mantenimiento, así como también la adaptación del plan o programa de mantenimiento acorde con las variaciones dispuestas en el original a razón de las modificaciones realizadas en los motores F4R.

Para Autostok Team su retorno de inversión se encuentra dado por el desempeño en carrera, el cual, para lograrlo, el equipo de competición y su alta gerencia debe generar pensamiento estratégico en el manejo de sus activos. En este punto, se sugiere el estudio e implementación de un modelo de gestión de mantenimiento como el aquí dispuesto, el cual logre generar una adecuada disposición de sus activos y la captación de los ingresos deseados a partir del buen desempeño de sus vehículos.

10. Referencias

Autostok Team (2023).

FAC. (2016). *Manual de Mantenimiento Aeronáutico (MAMAE)*. Fuerza Aérea Colombiana.

Lopez, J. D. (2022). “*Propuesta de implementación de un modelo basado en la teoría de las «5S» para mejorar la gestión documental del área de Control físico en la Oficina asesora de planeación de la Alcaldía Municipal de Sevilla-Valle del Cauca*”.

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/22179>

Rosal, D. E. M. (2017). *ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL CONTROL DE LA INFORMACIÓN DOCUMENTADA EN UNA EMPRESA DEDICADA A SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL, BASADO EN LA NORMA ISO 9001:2015*.

Sexto, L. F. (2017). Tipos de mantenimiento:¿ cuántos y cuáles son. *Revista Mantenimiento en Latinoamérica*.(9), 4, 14-17.

Suzuki, T. (2017). *TPM en industrias de proceso*. Routledge.

David, G. C. (2016). *Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Sacristán, F. R. (2014). *Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo*.

León Alfonso, F. H., España Cañón, C. A., & Cepeda Díaz, C. O. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo para los motores marca CUMMINS ISM de la flota de camiones Mixe mezcladora de concreto, para ciclos hasta dos (2) años*.

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2840>

Castro Melo, F. A., Espitia Suárez, N., & López Carreño, J. S. (2022). *Diseño de un modelo de mantenimiento para la flota de buses eléctricos de la empresa mueve Fontibón S.A.S*.

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3277>

Cala Arias, L. M., & Hernández Rodríguez L. V. (2018). *Diseño de un Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) Caso de Estudio: Sistema Eléctrico en los Activos Inmobiliarios de Terranum*.

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2504/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, D. F., Puentes, W. A., & Sánchez Rodríguez, J. (2018). *Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento Basado en RCM para la Empresa Joliplas Caso de Estudio (Máquina Inyectora De Plástico)*.

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2590/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.

Universidad de Tarapacá. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125-138.

Monroy Alvarado, F. L., & Veloza González, J. D. (2020). *Elaboración de un plan de mantenimiento para motor cummins ISX/450HP/15L en la empresa “Servi Diesel Colombia” de Duitama (Boyacá)* [BachelorThesis, Fundación Universidad de América].

<https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8156>

Rey Lago, V. (2017). *Modificaciones mecánicas de un motor de encendido provocado para mejorar su rendimiento*. Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar.

<http://calderon.cud.uvigo.es/handle/123456789/163>

Velásquez, E. I., & Sánchez, H. H. (2006). *El Modelo De Control Retroalimentado Como Paradigma En La Administración Del Mantenimiento Industrial*. *Scientia Et Technica*, XII(32), 219-224.

McCombes, S. (2022). Descriptive Research | Definition, Types, Methods & Examples.

Scribbr. <https://www.scribbr.com/methodology/descriptive-research/>

Sampieri, H. (2004). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. *McGraw-Hill Interamericana*, 2. <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2017/03/Metodologia-de-la-Investigacion.pdf>

Olarte C., W., Botero A., M., & Cañón A., B. (2010). *Importancia Del Mantenimiento Industrial dentro de los Procesos de Producción*. *Scientia Et Technica*, XVI (44), 354-356.

Ortiz Useche, A., Rodríguez Monroy, C., & Izquierdo, H. (2013). *Gestión de mantenimiento en pymes industriales*. *Revista Venezolana de Gerencia*, 18(61), 86-104.

Mora Gutiérrez, L. A. (2012). *Tipos de mantenimiento? -no! -gestiones!*. *Revista Universidad EAFIT*, 26(78), 15–26. Recuperado a partir de <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1545>

Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., & Tolentino-Eslava, R. (2019). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos*. *Científica*, 23(1), 51-59.

Montilla M., C. A., Arroyave, J. F., & Silva M., C. E. (2007). *Caso de aplicación centrado en la confiabilidad RCM, previa existencia de mantenimiento preventivo*. *Scientia Et Technica*, XIII(37), 273-278.

Díaz-Concepción, A., Villar-Ledo, L., Cabrera-Gómez, J., Gil-Henríquez, A. S., Mata-Alonzo, R., & Rodríguez Piñeiro, A. J. (2016). *Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica*. *Ingeniería Mecánica*, 19(3), 137-142.

Mesa, D. H., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). *La Confiabilidad, la Disponibilidad y la Mantenibilidad, Disciplinas Modernas Aplicadas al Mantenimiento*. *Scientia et Technica*, 30. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4830901.pdf>

Hernández, E., & Navarrete, E. (2001). Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento. *Ingeniería Mecánica Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría*, 15–20(4). <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/download/322/662>

Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados.
Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas, 25–37(1).
<http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/index>