



POSGRADOS

Maestría en

INGENIERIA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN EN NEGOCIOS AUTOMOTRICES

RPC-SO-36-NO.825-2021

Opción de Titulación:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

Tema:

DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN
4.0 PARA CONTROL DE PROCESOS
CRÍTICOS EN EL MANTENIMIENTO DE
LA FLOTAVEHICULAR Y MAQUINARIA
PESADA EN EL GOBIERNO
PROVINCIAL DEL AZUAY

Autor:

DIEGO PATRICIO TOGRA CÁCERES

Director:

CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA

CUENCA – ECUADOR

2024

Autor:**Diego Patricio Togra Cáceres**

Ingeniero Mecánico.

Candidato a Magíster en Ingeniería Automotriz por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

dtogra@est.ups.edu.ec

Dirigido por:**Cristian Leonardo Garcia Garcia**

Ingeniero Automotriz.

Máster Universitario en Ingeniería del Mantenimiento.

Doctor en Ciencias Aplicadas.

cgarciag@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA– ECUADOR – SUDAMÉRICA

DIEGO PATRICIO TOGRA CÁCERES

DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN 4.0 PARA CONTROL DE PROCESOS CRÍTICOS EN EL MANTENIMIENTO DE LA FLOTA VEHICULAR Y MAQUINARIA PESADA EN EL GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mi esposa y mi hija.

Agradecimientos

A Dios en primer lugar y luego a todos quienes impulsaron la consecución de este objetivo.

Índice

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Resumen	XII
Abstract	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación problemática	2
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
2. ESTADO DEL ARTE	7
3. MARCO TEÓRICO	10
3.1. Industria 4.0	10
3.1.1. Pilares de la Industria 4.0	12
3.1.1.1. Big Data	12
3.1.1.1.1. Mejora de procesos de almacén	13
3.1.1.1.2. Eliminación de cuellos de botella	13
3.1.1.1.3. Demanda de predicción	13
3.1.1.1.4. Mantenimiento predictivo	13
3.1.1.2. Simulación	14
3.1.1.2.1. Simulación.-	14
3.1.1.2.2. Gemelo digital.-	14

3.1.1.3.	Manufactura aditiva	15
3.1.1.4.	Ciberseguridad	15
3.1.1.4.1.	La seguridad de red	16
3.1.1.4.2.	La seguridad de las aplicaciones	16
3.1.1.4.3.	La seguridad de la información	16
3.1.1.4.4.	La seguridad operativa	17
3.1.1.4.5.	La recuperación ante desastres y la continuidad del negocio	17
3.1.1.4.6.	La capacitación del usuario final	17
3.1.1.5.	Cloud computing	17
3.1.1.6.	Internet de las Cosas	19
3.1.1.7.	Robótica	20
3.1.1.8.	Integración	21
3.1.1.9.	Realidad aumentada	23
3.2.	Modelo de Gestión	23
3.3.	Gestión de Mantenimiento	25
3.4.	AMEF de Proceso	26
3.5.	Indicadores de rendimiento para el mantenimiento según la norma UNE-EN 15341	27
3.5.1.	Términos y definiciones	28
3.5.1.1.	Indicador	28
3.5.1.2.	Cuadro de mando	28
3.5.1.3.	Diseño de indicadores y cuadros de mando	29
4.	METODOLOGÍA	31
4.1.	Metodología de la Investigación	31
4.2.	Metodología del proceso	32
4.2.1.	Estudio de los modelos de gestión 4.0 vinculados a sistemas críticos en flotas vehiculares para establecer referentes de manejo óptimo del parque automotor y equipo caminero	32
4.2.1.1.	Modelo de gestión 4.0 vinculado al parque automotor	32
4.2.1.2.	Modelo de gestión 4.0 vinculado a la industria manufacturera	34
4.2.1.2.1.	Caso 1.	34
4.2.1.2.2.	Caso 2.	36
4.2.1.2.3.	Caso 3.	38

4.2.1.3.	Referentes de manejo óptimo del parque automotor y equipo caminero	39
4.2.1.3.1.	Organigrama	39
4.2.1.3.2.	Nivel	40
4.2.1.3.3.	Pilares	40
4.2.1.3.4.	Fase	40
4.2.2.	Establecimiento la arquitectura que permita la integración de los diferentes niveles jerárquicos de gestión para el desarrollo eficaz y eficiente de las variables de control de la Dirección de Talleres del Gobierno Provincial del Azuay	40
4.2.2.1.	Organigrama del Gobierno Provincial	40
4.2.2.2.	Proceso de mantenimiento actual en los talleres del Gobierno Provincial del Azuay	42
4.2.2.3.	Niveles de jerarquía actuales en los talleres del Gobierno Provincial	62
4.2.2.4.	Propuesta del proceso de mantenimiento para los talleres del Gobierno Provincial	65
4.2.2.5.	Propuesta de Niveles de jerarquía para los talleres del Gobierno Provincial	70
4.2.2.6.	Implementación de los pilares de la industria 4.0 en los talleres del Gobierno Provincial.	72
4.2.3.	Elaboración de una propuesta metodológica mediante un caso de estudio a nivel institucional para la validación del modelo de gestión 4.0 de los procesos críticos	79
4.2.3.1.	Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para los procesos relacionados con el mantenimiento	79
4.2.3.2.	Definición de los objetivos de validación	83
4.2.3.3.	Recopilar datos de validación	83
4.2.3.3.1.	Información del equipo.	84
4.2.3.3.2.	Programa de mantenimiento.	84
4.2.3.3.3.	Manuales y documentación técnica.	84
4.2.3.3.4.	Registro de incidentes y averías.	85
4.2.3.3.5.	Planificación de recursos.	85
4.2.3.3.6.	Indicadores de rendimiento	86
4.2.3.4.	Dividir los datos	86

4.2.3.5.	Preprocesamiento de datos	92
4.2.3.6.	Validación cruzada	92
4.2.3.7.	Métricas de rendimiento.	93
4.2.3.8.	Ajuste y optimización del modelo.	96
4.2.3.9.	Evaluación final.	97
4.2.3.10.	Documentación y presentación.	97
4.2.3.10.1.	Tableros de control en tiempo real (Nivel Operativo).	97
4.2.3.10.2.	Visualización de datos (Nivel Táctico y Directivo).	99
4.2.3.10.3.	Informes automatizados (Nivel Táctico y Directivo).	99
4.2.3.10.4.	Alertas y notificaciones (Nivel Operativo, Táctico y Directivo).	99
5.	RESULTADOS	100
5.1.	Resultados de los modelos de gestión 4.0 vinculados a sistemas críticos en flotas vehiculares	100
5.2.	Resultados de la arquitectura que permite la integración de los diferentes niveles jerárquicos de gestión del Gobierno Provincial del Azuay	102
5.3.	Resultados de la propuesta metodológica mediante un caso de estudio a nivel institucional para la validación del modelo de gestión 4.0 de los procesos críticos	106
5.3.1.	Definición de los objetivos de validación	106
5.3.2.	Recopilación de los datos de validación	106
5.3.2.1.	Costos	106
5.3.2.2.	Tiempos	107
5.3.3.	División de datos	107
5.3.3.1.	Indicadores Económicos	108
5.3.3.2.	Indicadores técnicos	108
5.3.3.3.	Indicadores organizacionales	109
5.3.4.	Cálculo de Métricas o indicadores	109
5.3.4.1.	Indicadores económicos	109
5.3.4.2.	Indicadores técnicos	110
5.3.4.3.	Indicadores organizacionales	111
5.3.5.	Ajuste y optimización del modelo	112
5.3.6.	Evaluación final	112
5.3.7.	Documentación y presentación	116

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
6.1. Conclusiones	118
6.2. Recomendaciones	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
ANEXOS	127
Anexo A: Hoja técnica de la maquinaria	128
Anexo B: Orden de compra	129
Anexo C: Orden de trabajo	131
Anexo D: Estudio de mercado para la definición del presupuesto	132

Lista de Tablas

4.1. Modelo de gestión 4.0 vinculado al parque automotor	34
4.2. Modelo de gestión 4.0 vinculado a la industria manufacturera	36
4.3. Procedimiento para el mantenimiento correctivo en los talleres	45
4.4. Lista maestra de documentos para el mantenimiento correctivo	50
4.5. Lista maestra de documentos para el mantenimiento preventivo	53
4.6. Procedimiento para el mantenimiento preventivo en los talleres	54
4.7. Matriz AMEF	61
4.8. Programa maestro de mantenimiento preventivo	66
4.9. Mapa de inspección	67
4.10. Plantilla de registro basada en la metodología establecida en el estándar SAE J1011/12	68
4.11. Mapa de lubricación	69
4.12. Mapa de ajustes	70
4.13. Fases de implementación de la ciberseguridad de acuerdo a los niveles de jerarquía	73
4.14. Fases de implementación de la ciberseguridad de acuerdo a los niveles de jerarquía	73
4.15. Fases de implementación de cloud computing	75
4.16. Fases de implementación del Internet de las Cosas (IoT)	76
4.17. Aplicación de los pilares de la Industria 4.0	77
4.18. Nivel de severidad del proceso	80
4.19. Nivel de ocurrencia de fallo en el proceso	81
4.20. Nivel de detección del fallo en el proceso	81
4.21. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para los procesos	82
4.22. Aspectos del modelo de gestión a validar	83
5.1. Primer modelo de gestión de Industria 4.0	100
5.2. Segundo modelo de gestión de Industria 4.0	101
5.3. Tercer y cuarto modelo de gestión de Industria 4.0	102

5.4. Pilares de la I4.0 propuestos para la implementación en todos los niveles . . .	103
5.5. Fases de implementación de la ciberseguridad de acuerdo a los niveles de jerarquía	103
5.6. Descripción de una fase	103
5.7. Cuadro de mando en función del aspecto económico	113
5.8. Cuadro de mando en función del aspecto técnico	114
5.9. Cuadro de mando en función del aspecto organizacional	115
5.10. Eficacia en función de los costos y tiempos relacionados con la implementación de las Fases de los pilares de la I4.0	117

Lista de Figuras

3.1. Las cuatro revoluciones industriales	11
3.2. Retos del big data	12
3.3. Simulación de procesos	14
3.4. Manufactura aditiva	15
3.5. Ciberseguridad	16
3.6. Cloud computing	18
3.7. Internet de las cosas	20
3.8. Robótica	21
3.9. Integración	22
3.10. Realidad aumentada	23
3.11. Gestión de mantenimiento 4.0	26
3.12. Marco conceptual para el diseño de indicadores	29
4.1. Niveles de automatización propuestos	35
4.2. Organigrama de la Dirección de Talleres	41
4.3. Flujograma de un proceso de adquisición de un repuesto o servicio de ínfima cuantía	43
4.4. Flujo de proceso para un mantenimiento correctivo	51
4.5. Flujo de proceso para un mantenimiento preventivo	59
4.6. Niveles de jerarquía actual para el reporte de un mantenimiento correctivo	62
4.7. Niveles de jerarquía actual para órdenes de un mantenimiento correctivo	64
4.8. Niveles de jerarquía actual para órdenes de un mantenimiento preventivo	65
4.9. Niveles de jerarquía propuestos para la implementación de una Industria 4.0	71
4.10. Etapas del Modelo de Gestión de Industria 4.0 para los Talleres del Gobierno Provincial del Azuay	78
4.11. Ingreso de datos de la maquina	85
4.12. Información de la maquina	86

4.13. Detalle mensual del trabajo de la máquina	87
4.14. Detalle del informe de las operaciones en modo económico	88
4.15. Detalle gráfico del informe del reporte histórico mensual	89
4.16. Detalle del informe del reporte histórico mensual	90
4.17. Detalle gráfico del informe del reporte histórico de toda la vida	91
4.18. Detalle del informe del reporte histórico de toda la vida	92
4.19. Informe detallado del funcionamiento mensual	94
4.20. Informe detallado del funcionamiento diario	95
4.21. Informe de mantenimiento periódico	96
4.22. Informe de presentación del estado de la máquina	98
5.1. Niveles de jerarquía de I4.0 propuestos	104
5.2. Modelo de Gestión de Industria 4.0 para los Talleres del Gobierno Provincial del Azuay fundamentado en niveles jerárquicos de acuerdo al organigrama de la institución	105
5.3. Disponibilidad de la maquinaria pesada en función del tiempo de mantenimiento	116
6.1. Plantilla de registro basada en la metodología establecida en el estándar SAE J1011/12	128

Resumen

La investigación presenta un modelo de gestión 4.0 para el control de procesos críticos en el mantenimiento de la flota vehicular y maquinaria pesada del Gobierno Provincial del Azuay, se trata de un estudio de tipo aplicada con un alcance descriptivo, correlacional y explicativo, donde se aplicó conceptos de Industria 4.0 enfocados a modelos de gestión que establecieron tres niveles jerárquicos: operativo, táctico y estratégico de acuerdo al organigrama de la institución, donde los pilares de gestión del Big data, Internet de las Cosas, Cloudcomputing y Ciberseguridad se integran en diferentes etapas de implementación empezando por el levantamiento de la información en diferentes fases que puede ser manual, semiautomática o automática, dependiendo de la tecnología implementada; para que posteriormente la información sea transmitida hacia la nube con un sistema interno o externo dependiendo de igual manera de la tecnología en transmisión de datos implementada; finalmente el Cloudcomputing genera un procesamiento de datos a través de diferentes software que canaliza la información a cada nivel establecido con la Ciberseguridad que la misma llegue al responsable de cada gestión que permita la monitorización y diagnóstico en tiempo real, basado con las métricas presentes en los cuatro casos de estudio, aplicando una metodología que parte desde el planteamiento de objetivos y un manejo, tratamiento, trasmisión y procesamientos de datos a tiempo real en cada uno de los niveles y pilares de Industria 4.0 a ser implementados en el modelo de gestión.

Palabras clave: Industria 4.0, Modelo de Gestión, Big Data, Ciberseguridad, Internet de las cosas (IoT).

Abstract

The research presents a 4.0 management model for the control of critical processes in the maintenance of the vehicle fleet and heavy machinery of the Provincial Government of Azuay, it is an applied study with a descriptive, correlational and explanatory scope, where it was applied Industry 4.0 concepts focused on management models that established three hierarchical levels: operational, tactical and strategic according to the organization chart of the institution, where the management pillars of Big data, Internet of Things, Cloudcomputing and Cybersecurity are integrated in different stages implementation starting with the collection of information in different phases that can be manual, semi-automatic or automatic, depending on the technology implemented; so that the information is subsequently transmitted to the cloud with an internal or external system, depending equally on the data transmission technology implemented; Finally, Cloudcomputing generates data processing through different software that channels the information at each level established with Cybersecurity so that it reaches the person responsible for each management that allows monitoring and diagnosis in real time, based on the metrics present in the four case studies, applying a methodology that starts from the setting of objectives and real-time data management, treatment, transmission and processing at each of the levels and pillars of Industry 4.0 to be implemented in the management model.

Keywords: Industry 4.0, Management Model, Big Data, Cybersecurity, Internet of Things (IoT).

1. Introducción

La Industria 4.0 es considerada como la palanca de construcción del futuro, así lo manifiesta Garell y Gilera (2019) en su obra “La industria 4.0 en la sociedad digital” donde además indica que hoy ya no es suficiente extraer la capacidad productiva de la tecnología, sino que el objetivo es avanzar en la fabricación de productos inteligentes, socializar los beneficios asociados a la automatización industrial y a la toma de decisiones automáticas en tiempo real, que busca fortalecer la transparencia en los procesos, la autosuficiencia, la independencia tecnológica, y el desarrollo económico e industrial (Piedra, 2018; Ruiz, 2021). Investigadores, como Salkin, Oner, Ustundag, y Cevikcan (2018) manifiestan, que es necesario visibilizar la aportación de la industria 4.0 en proyectos reales, donde se puede observar la integración y conexión de nuevas tecnologías para el desarrollo de productos y procesos inteligentes. Existen empresas que, aunque no ofrecen una arquitectura de referencia que se pueda constatar en un entorno industrial, sí señalan los principios de diseño que se deben cumplir, que son: agilidad, interoperabilidad, virtualización, descentralización, gestión de datos en tiempo real, orientación al servicio y procesos de negocio integrados que generan un óptimo manejo de procesos automatizados que han generado ventajas competitivas y posicionamiento en el mercado con sus productos y servicios que les ha permitido ser líderes y estables financieramente (Dinten, López, y Zorrilla, 2021).

Según Dinten y cols. (2021) la arquitectura 4.0 tiene como objetivo organizar de forma sistemática la información como delimitar y jerarquizar las estrategias, cualificar y conectar la información del entorno con las tareas que la procesan y los recursos de la plataforma que la soportan, esto permite monitorizar el sistema completo, incluyendo la transferencia, almacenamiento y procesamiento de datos.

Dentro del concepto de mantenimiento, autores como Shkiliova y Fernández (2011), Meléndez y Joffre (2016) e Zineb (2006) indican que se han realizado diversas investigaciones durante el pasado y presente siglo, donde se han definido distintos estilos o filosofías de mantenimiento,

las cuales han facilitado y definido como debe ser la aplicación y administración de procesos básicos como la reparación, inspección, lubricación y monitoreo de equipos y componentes, todo esto, enfocado a incrementar la durabilidad y confiabilidad de los anteriores considerando que dentro del ámbito del mantenimiento, se han desarrollado diferentes filosofías o sistemas, como el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Estos sistemas son de gran importancia para las empresas y plantas industriales que llevan a cabo tareas de mantenimiento. Las unidades móviles de transporte pesado y equipo caminero no pueden ser ajenos a estos conceptos, donde la gestión es fundamental al momento de manejar datos estadísticos, formatos de registros, conceptos, reportes que ayudan analizar la situación de la empresa y como manejarla aplicando conceptos de una arquitectura de industria 4.0 en sistemas y subsistemas establecidos.

1.1. Situación problemática

La Dirección de Talleres del Gobierno Provincial del Azuay no cuenta con un modelo de gestión del mantenimiento definido, sino que ha desarrollado en los últimos catorce meses un plan emergente para cumplir con las funciones asignadas a dicha dirección conforme al Estatuto Orgánico Funcional. En tal virtud, ha identificado que el GPA cuenta con los recursos y muchas de las herramientas para una efectiva gestión basada en el principio de Industria 4.0 como son módulos OBD II Wireless en varias unidades vehiculares y maquinaria pesada; así mismo tiene un departamento técnico-administrativo y operativo que lleva adelante su cometido.

1.2. Formulación del problema

A continuación se presentan los problemas determinados en el desarrollo del trabajo de titulación.

1.2.1. Problema general

- ¿Un diseño de modelo de gestión 4.0 podrá controlar o mejorar los procesos críticos del mantenimiento de la flota vehicular y maquinaria pesada del Gobierno Provincial del Azuay?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Los modelos de gestión 4.0 vinculados a sistemas críticos en flotas vehiculares establecerán los referentes de manejo óptimo del parque automotor y equipo caminero?
- ¿El establecimiento de una arquitectura de mantenimiento que integre diferentes niveles jerárquicos de gestión permitirá el desarrollo eficaz y eficiente de las variables de control de la dirección de talleres del gobierno provincial del Azuay?
- ¿Se podrá evaluar un modelo de gestión 4.0 de los procesos críticos en flotas vehiculares con un caso de estudio de propuesta metodológica a un nivel institucional?

1.3. Justificación

Este trabajo generó un modelo de gestión que establece los procedimientos de manejo de datos e información conforme al Modelo de Industria 4.0 en virtud que el Gobierno Provincial del Azuay cuenta con los recursos tecnológicos (Módulos OBD II Wireless / Satelital) en parte de sus equipos y tiene proyectado adquirir y expandir dichos equipos a todas las unidades tanto vehiculares como de maquinaria pesada. Todo lo descrito basado en el requerimiento de cuidar los fondos públicos y de alcanzar una mayor eficiencia y eficacia. Es importante el establecer las técnicas y el flujo de transmisión de información que responda a las necesidades institucionales bajo el concepto técnico automotriz y a su vez alineado al Estatuto Orgánico Funcional de la institución. En primera instancia se busca generar el control de las formas de conducción y operación de los equipos para preservar su vida útil y garantizar la mayor disponibilidad posible y, por otro lado, vigilar la conservación de los equipos y su buen funcionamiento para optimizar los tiempos de trabajo y reducir los costos de operación.

1.4. Objetivos

Los objetivos planteados para el trabajo de titulación “Diseño de un Modelo de Gestión 4.0 para control de procesos críticos en el mantenimiento de la flota vehicular y maquinaria pesada en el Gobierno Provincial del Azuay” se presentan con relación a los problemas de estudio y variables analizadas, los mismos que se fundamentan con el *Código Orgánico de la Planificación y Finanzas Públicas* (2010), *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)* (2015) y *Ley Orgánica para la Optimización y*

Eficiencia de Trámites Administrativos (2018).

CONSTITUCION DE LA REPUBLICA

Art. 286.- Las finanzas públicas en todos los niveles de gobierno, se conducirán de forma sostenible, responsable y transparente y procurarán la estabilidad económica. Los egresos permanentes se financiarán con ingresos permanentes. Los egresos permanentes para salud, educación y justicia serán prioritarios y, de manera excepcional, podrán ser financiados con ingresos no permanentes. (*Código Orgánico de la Planificación y Finanzas Públicas*, 2010, Pág. 138)

COOTAD

Art. 338.- Estructura administrativa.- Cada gobierno regional, provincial, metropolitano y municipal tendrá la estructura administrativa que requiera para el cumplimiento de sus fines y el ejercicio de sus competencias y funcionará de manera desconcentrada. La estructura administrativa será la mínima indispensable para la gestión eficiente, eficaz y económica de las competencias de cada nivel de gobierno, se evitará la burocratización y se sancionará el uso de cargos públicos para el pago de compromisos electorales. Cada gobierno autónomo descentralizado elaborará la normativa pertinente según las condiciones específicas de su circunscripción territorial, en el marco de la Constitución y la ley. El gobierno autónomo descentralizado parroquial rural tendrá una estructura administrativa mínima requerida para el cumplimiento de fines y el ejercicio de sus competencias. Todas las entidades que integran los gobiernos autónomos descentralizados, así como las personas jurídicas creadas por acto normativo de estos gobiernos para la prestación de servicios públicos, son parte del sector público, de acuerdo con lo previsto en la Constitución. (*Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*, 2015, Pág. 51)

Art. 164.- Criterios.- Las finanzas públicas, en todos los niveles de gobierno, se conducirán de forma sostenible, responsable y transparente a fin de alcanzar el buen vivir de la población, procurando la estabilidad económica. Los gobier-

nos autónomos descentralizados observarán reglas fiscales sobre el manejo de los recursos públicos, de endeudamiento y de la cooperación, de acuerdo con la ley que regule las finanzas públicas e incorporarán procedimientos eficaces que garanticen la rendición de cuentas ante la ciudadanía sobre el uso y manejo de los recursos financieros. (*Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*, 2015, Pág. 32)

Sección Cuarta Formulación del Presupuesto.

Art. 234.- Contenido.- Cada plan operativo anual deberá contener una descripción de la magnitud e importancia de la necesidad pública que satisface, la especificación de sus objetivos y metas, la indicación de los recursos necesarios para su cumplimiento. Los programas deberán formularse en función de los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial. A fin de hacer posible su evaluación técnica las dependencias de los gobiernos autónomos descentralizados deberán presentar programas alternativos con objetivos de corto, mediano y largo plazo. (*Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*, 2015, Pág. 40)

LEY PARA LA OPTIMIZACIÓN Y EFICIENCIA DE TRÁMITES ADMINISTRATIVOS

Art. 1.- Objeto.- Esta Ley tiene por objeto disponer la optimización de trámites administrativos, regular su simplificación y reducir sus costos de gestión, con el fin de facilitar la relación entre las y los administrados y la Administración Pública y entre las entidades que la componen; así como, garantizar el derecho de las personas a contar con una Administración Pública eficiente, eficaz, transparente y de calidad. (*Ley Orgánica para la Optimización y Eficiencia de Trámites Administrativos*, 2018, Pág. 3)

Art. 3.- Principios.- Además de los principios establecidos en los artículos 227 y 314 de la Constitución de la República, los trámites administrativos estarán sujetos a los siguientes: 1. Celeridad.- Los trámites administrativos se gestionarán

de la forma más eficiente y en el menor tiempo posible, sin afectar la calidad de su gestión . . . (*Ley Orgánica para la Optimización y Eficiencia de Trámites Administrativos*, 2018, Pág. 4)

14. Mejora continua.- Las entidades reguladas por esta Ley deberán implementar procesos de mejoramiento continuo de la gestión de trámites administrativos a su cargo, que impliquen, al menos, un análisis del desempeño real de la gestión del trámite y oportunidades de mejora continua. (*Ley Orgánica para la Optimización y Eficiencia de Trámites Administrativos*, 2018, Pág. 5)

En este contexto, los objetivos planteados para el desarrollo de la investigación se presentan a continuación:

1.4.1. Objetivo general

- Diseñar un modelo de gestión 4.0 para control o mejoramiento de los procesos críticos en el mantenimiento de la flota vehicular y maquinaria pesada en el Gobierno Provincial del Azuay.

1.4.2. Objetivos específicos

- Estudiar modelos de gestión 4.0 vinculados a sistemas críticos en flotas vehiculares para establecer referentes de manejo óptimo del parque automotor y equipo caminero.
- Establecer la arquitectura que permita la integración de los diferentes niveles jerárquicos de gestión para el desarrollo eficaz y eficiente de las variables de control de la Dirección de Talleres del Gobierno Provincial del Azuay.
- Elaborar la propuesta metodológica mediante un caso de estudio a nivel institucional para la validación del modelo de gestión 4.0 de los procesos críticos.

2. Estado del Arte

Estudios realizados por Chiavenato (1993) sobre el análisis de diversas investigaciones acerca de los automóviles en general, manifiesta que los mismos se basan casi en su totalidad en los componentes y partes mecánicas y no así sobre los diversos elementos electrónicos que componen también los automotores. Sin embargo, en las conclusiones de su artículo manifiesta que el 90% de los avances e innovaciones son referentes al sistema electrónico hoy en día y solamente un 10% se vincula a la parte de los mecanismos y elementos mecánicos, así mismo Singh, Sung, Cooper, West, y Mont (2019) analizaron que los valores que arrojan los cálculos para la determinación del consumo de combustible de un vehículo presentan apenas una diferencia del 2% de acuerdo al OBD II donde determina un valor de 4.73 (l/100 km) como ideal, considerando así que los valores que presenta los OBD II son fiables, de igual manera Wei, Hao, Gao, y Tang (2019) determinaron que el 100% de los vehículos comercializados en norte América cumplen con los OBD II y que estos valores tiene una interfaz de conexión CAN para poder ser visualizados y controlados de acuerdo a la norma ISO J1962 que conlleva la codificación de problemas y la mencionada interfaz que relaciona los valores con fallas mecánicas y electrónicas para un posterior mantenimiento.

Teniendo en cuenta a Enwerem y Ali (2016); Hole y Hole (2020); Rodríguez y Gomez (1991) donde determinan que el 5% es el costo del mantenimiento respecto al total de la facturación de una empresa o institución, por lo que; a su vez puede determinarse como un valor de hasta el 15% en algunas situaciones referentes a los costos de producción y un valor cercano a 18% del inventario. Así mismo, establece que de los valores del mantenimiento, un valor cercano al 30% son fruto de la falta de planificación y conforme a la gestión estos aún podrían ser más altos. Teniendo en cuenta a Da Silva, De Oliveira, Neto, Ferreira, y Pujol (2021) donde muestran como una gestión correcta del mantenimiento puede llevar al aumento del valor de la disponibilidad de un 90,1% a 95,8% y a su vez llevar el valor de la eficiencia general del equipo con sus siglas en inglés OEE de 87% a 92,3 al agregar determinadas acciones enfocadas en la mejora continua y las técnicas avanzadas de gestión

del mantenimiento. Citando a Oliveira, Pujol, Ferreira, Da Silva, y Amorim (2021) donde demuestran como el accionar del mantenimiento tanto preventivo como correctivo puede ser apoyados con el IoT para mejoras sustanciales en la toma de decisiones y al manejar ciertos criterios del manejo de los datos, pudiendo realizar a través de dichos análisis modelos que de manera comparativa son más eficientes entre un 0,92% y 0,98% frente a un modelo de priorización. Yaghin (2020) elaboró un plan basado en diferentes técnicas recopiladas de fuentes diversas del conocimiento de la gestión del mantenimiento y afianzan las mismas con acciones paralelas como liderazgo, estandarización, el establecimiento de rutinas y control que lleva a una mejor a su OEE al 66,90% de 54,23% obtenido en periodos anuales anteriores a la implementación del plan de gestión, también Ait El Cadi, Gharbi, Dhouib, y Artiba (2021) analizaron los nuevos procedimientos considerados para procurar la disminución de emisiones contaminantes que fueron implementados en la República de Bashkortostan donde se determinó que, en el año 2019, la emisión de contaminantes emitidas por los automóviles era del 22% en relación al total de todos los contaminantes que ahí existen. Este es un valor mucho menor considerando que entre los años 2013 y 2018 el porcentaje llegaba al 50% de todas las emisiones. Para lograr esos valores, entre otras cosas se ha hecho uso del OBD que se trasmite la información y se puede controlar las emisiones con base en dicha información.

De Toni (2020), evaluó los beneficios de arreglos apoyados en ODB para una flota de vehículos pesados donde pudieron establecer que los porcentajes contaminantes de NOx fueron menores hasta en 80% en el 45% de la flota a partir de datos tomados a velocidades entre 30 y 50 mph y así mismo se lograron reducciones en un promedio de 45% para opacidad en los camiones dotados de SCR, así mismo Erdil (2020) analizaron diferentes variables que son monitoreadas por una gran variedad de sensores que generan un conjunto de datos importantes en tiempo real y que pueden ser almacenadas para las respectivas evaluaciones de ciclos de conducción. Dichos valores llevados al análisis de variabilidad del cíclica dieron como resultado valores de desviación estándar en la mayoría de las revisiones menores al 1%. Norup, Pihl, Damgaard, y Scheutz (2018) realizaron un seguimiento de un recorrido continuo circular con el fin de determinar la trayectoria y los ratios de consumo en atascos del denominado Phantom Traffic usando un proceso de automatización de obtención de datos a partir también del OBD II que muestra desviaciones standard de 0,11m y 0,09m/s tanto para la posición como para la velocidad y, por tanto, recomienda estos datos para análisis diversos como microsimulación y análisis de modelos de consumo de combustible. Vilumsone (2018) muestra en su publicación la comparativa con el uso de las técnicas convencionales y con las usadas en la industria 4.0, mostrándose un incremento de 23% en la eficiencia a

más de saber que al sumarse experiencia en el manejo de las nuevas herramientas esta cifra fácilmente puede subir y también es importante sumar valores cualitativos como la mejora de sus competencias puesto que la Industria 4.0 genera procesos sinérgicos a través de la formación de equipos multidisciplinarios para la consecución de objetivos.

Aulestia y Guerrero (2022) proponen en su investigación un método eficaz del cálculo de la criticidad mediante el método de Jack Knife que es uno de los más antiguos y más efectivos procedimientos, donde un punto fundamental es la determinación de la disponibilidad, la misma que aproxima como el coeficiente entre el Tiempo Medio Entre Fallas y la sumatoria del Tiempo Medio entre Fallas y el Tiempo Medio de Reparación, por tanto, en ningún caso $MTBF < MTTR$ y la máxima disponibilidad se tendrá cuando $MTTR=0$ así, la disponibilidad tiende a 1 lo que da un 100% de disponibilidad. Mora (2004) plantea una metodología de evaluación basada en un cuadro con un criterio definido por expertos que determina valoraciones entre muy inadecuado y muy adecuado dividido en 5 unidades. De esta manera; se determinan tres rangos que son: Menor a 2,8 se considera malo, entre 2,8 y 3,4 es regular y superior a 3,4 es bueno y a su vez recomendable. Canahua (2004) determina que implantar un sistema inteligente para la gestión en diversas áreas tanto de la manufactura como del mantenimiento logra aumentar la eficiencia, eficacia y disminución de costos entre el 26% y 28% en referencia a los costos por paradas inesperadas de los equipos mediante el control a través de sensores y sistemas de conexión a Wireless.

3. Marco teórico

3.1. Industria 4.0

De acuerdo con Kagermann, Wahlster, y Helbing (2013) donde indican que en el año 2011, durante la Feria de Hannover, un grupo de trabajo alemán presentó por primera vez el concepto de Industria 4.0. Este concepto, impulsado por el Ministerio de Educación e Investigación alemán, tenía dos significados principales:

- Sinónimo de una "cuarta revolución industrial", que seguiría a las revoluciones impulsadas por la mecanización a vapor, la electricidad y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).
- Una etiqueta para la estrategia del gobierno alemán para fortalecer la posición competitiva del país en el sector de la manufactura.

El informe final del grupo de trabajo describe en detalle estos dos significados y cómo la Industria 4.0 busca transformar la industria manufacturera mediante la integración de tecnologías como la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la robótica y la impresión 3D.

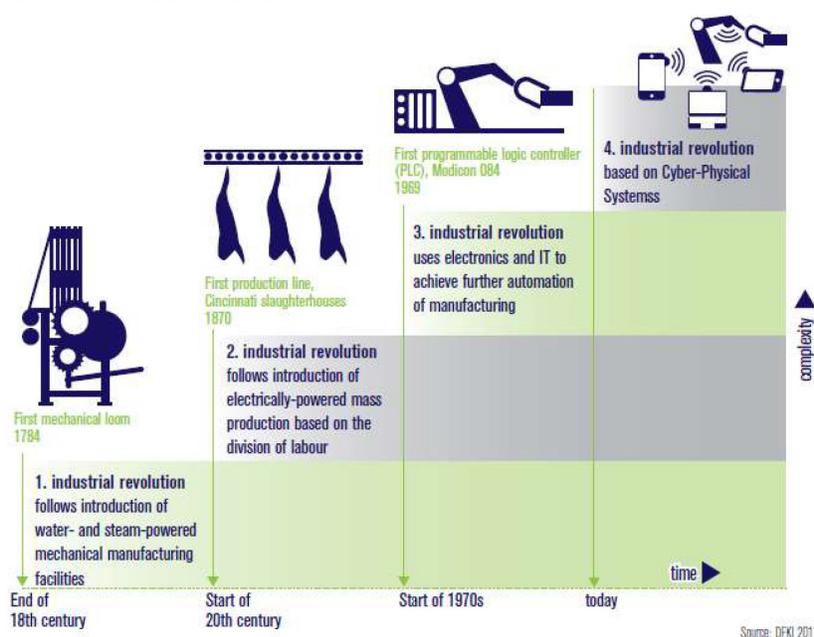
Como definiciones de industria 4.0 se pueden tener:

Según, Burrus (2023) la Industria 4.0 se basa en dos pilares fundamentales: el Internet de las Cosas Industrial (IIoT) y los sistemas ciberfísicos. Estos últimos son sistemas inteligentes y autónomos que utilizan algoritmos para monitorizar y controlar elementos físicos como maquinaria, robots y vehículos, donde todos los eslabones de la cadena de suministro se vuelven "inteligentes", desde la fabricación y las fábricas hasta el almacenamiento y la logística, pero la Industria 4.0 va más allá, ya que se interconecta con sistemas de back-end, como los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), esto proporciona a las empresas un nivel de visibilidad y control nunca antes visto; en resumen, la Industria 4.0 es una parte fundamental de la transformación digital de cualquier empresa.

También Joyanes (2017) manifiesta que la Industria 4.0 representa la digitalización y la interconexión de los sistemas y procesos industriales a través del Internet de las Cosas (IoT) y el Internet de los Servicios (IoS). Esta transformación busca lograr una mayor flexibilidad e individualización en la producción, dando lugar a la visión de la “fábrica del futuro” o “fábrica inteligente”, recalcando que la integración de tecnologías disruptivas como el IoT, Big Data, la Nube (Cloud Computing) y la Ciberseguridad, junto con la transformación digital de empresas e instituciones, impulsa la Cuarta Revolución Industrial. Esta revolución está enmarcada en el contexto de las Ciudades Inteligentes (Smart Cities), donde la tecnología se utiliza para mejorar la vida de los ciudadanos y la eficiencia de los servicios públicos; en resumen, la Industria 4.0 es un cambio radical en la forma en que se produce, gestiona y consume la industria, con un impacto significativo en la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Figura 3.1

Las cuatro revoluciones industriales.



Nota: En la Figura se observa la evolución de las diferentes revoluciones industriales (Kagermann y cols., 2013).

Sin embargo, es necesario considerar que estudios realizados por Klingenberg y Vale (2017) manifiestan que existen diversas definiciones de industria 4.0 y conceptos relacionados, que acaban de comenzar y se están utilizando y probando algunas tecnologías, pero no aún

quedan importantes avances por hacer. Están relacionados, pero no limitados, a estándares de interoperabilidad, seguridad cibernética y confiabilidad de la red (Kagermann y cols., 2013).

También se plantean desafíos al entorno institucional, como la educación y la sistemas de regulación. Se cree que se necesitan dos o tres décadas para llegar a todos los beneficios, y tal vez los daños, de esta nueva revolución.

3.1.1. Pilares de la Industria 4.0

3.1.1.1. Big Data

Como se manifiestan en diferentes investigaciones, la industria 4.0 es la fusión del mundo real con el mundo virtual y esta revolución digital está marcada por la tecnología que aprovecha el Big Data y la Inteligencia Artificial (IA) para nutrir sistemas de aprendizaje automáticos donde los fabricantes en el mercado actual buscan lograr que a través de la recopilación, el análisis y el intercambio de datos en todos los dominios funcionales claves, lograr la excelencia productiva, además de permitir analizar y administrar grandes cantidades de datos para tener un mayor rendimiento en los procesos industriales, incluso la mejora del consumo de energía y la calidad de producción (Autycom, 2023; Peñata, Bolaños, y Chimbí, 2021a).

Figura 3.2

Retos del big data.



Nota: En la Figura se observa los retos del big data: recopilación, almacenamiento, investigación, análisis, volumen, visualización, tecnología en la nube y conexión a la red de datos (De la Sierra, 2021).

De acuerdo a Peñata y cols. (2021a), la relación entre sistemas y ordenadores junto con la capacidad de analizar gran cantidad de datos ha permitido crear máquinas inteligentes que a través de ciertos algoritmos pueden tomar decisiones específicas sin necesitar la intervención humana. El manejo de los datos o el Big Data se ha llevado a otro nivel, gracias al internet de las cosas se han ido desarrollando nuevos sistemas que han permitido manejar la información en tiempo real (IoT), y poder tomar decisiones inmediatamente. Por la cantidad de datos que se maneja con diferentes lineamientos, el Big Data organiza y analiza los datos para identificar patrones y tendencias que pueden ayudar a las empresas a mejorar sus operaciones, como se presenta a continuación:

3.1.1.1.1. Mejora de procesos de almacén.- Gracias a sensores y dispositivos portátiles, las empresas o instituciones pueden mejorar la eficiencia operativa al detectar errores humanos, hacer controles de calidad y mostrar rutas óptimas de producción o montaje.

3.1.1.1.2. Eliminación de cuellos de botella.- Big Data identifica los variables que puedan afectar el rendimiento, sin coste adicional, guiando a los fabricantes en identificar el problema.

3.1.1.1.3. Demanda de predicción.- Predicciones más precisas y significativa gracias a la visualización de actividad a través de análisis interno (preferencias de clientes) y externo (tendencias y eventos externos) más allá de datos históricos. Esto permite a la empresa o institución modificar/optimizar su cartera de productos.

3.1.1.1.4. Mantenimiento predictivo.- Algoritmos nutridos por datos identifican posibles fallos en el funcionamiento de la maquinaria antes de que se convierta en avería, al identificar rupturas en patrones. El sistema envía una alerta al equipo para que reaccione a tiempo.

Estos son los beneficios del análisis de Big Data en los sistemas de producción, pero hay muchos más; seguridad mejorada, optimización de carga, gestión de la cadena de suministro, análisis de no conformidad, etc. (Pág. 48)

3.1.1.2. Simulación

La transformación digital de los procesos tradicionales es parte de la Industria 4.0 y la simulación como el gemelo digital son aspectos importantes que son relevantes en la eficiencia operativa, la automatización, así como en la validación y análisis de datos que da lugar a la cuarta revolución industrial (Fegemu Solutions, 2023).

Figura 3.3

Simulación de procesos.



Nota: La simulación de productos o procesos también denominado ‘gemelo digital’ se puede definir muy básicamente como la representación virtual de una realidad física (Alonso, 2021; Osisoft y Dassault, 2023).

3.1.1.2.1. Simulación.- De acuerdo a Fegemu Solutions (2023), se entiende por simulación a los modelos digitales que representan un proceso dentro de un sistema donde se puede analizar, de acuerdo al tipo de industria, diferentes factores como prueba de productos, sistemas, procesos industriales y conceptos. En la mayoría de los casos, las simulaciones utilizan aplicaciones de software de diseño asistido por computador o se usan programas especializados en el área de estudio con análisis de elementos finitos, eventos discretos, simulaciones estocásticas y simulaciones deterministas que son conocidas como simulaciones aleatorias.

3.1.1.2.2. Gemelo digital.- Como lo indica Fegemu Solutions (2023), en su forma básica un gemelo digital es una representación digital de un proceso, sistema u objetos físicos o no físicos, que utiliza dispositivos tecnológicos que integra los datos asociados al proceso que indican el comportamiento de los bienes digitalizados y ejecutar múltiples simulaciones en diferentes condiciones para mejorar la productividad de una empresa o institución, teniendo

simulaciones en tiempo real, mejoras en el diseño del producto, optimización de productos y procesos del mundo real.

3.1.1.3. Manufactura aditiva

Cómo señala Burrus (2023) en su publicación:

La fabricación aditiva, o impresión 3D, es otra tecnología clave que impulsa la Industria 4.0. La impresión 3D se utilizó inicialmente como una herramienta de creación rápida de prototipos, pero ahora brinda una gama más amplia de aplicaciones, desde la personalización en masa hasta la fabricación distribuida. Con la impresión 3D, por ejemplo, las piezas y los productos pueden almacenarse como archivos de diseño en inventarios virtuales e imprimirse bajo demanda o donde se lo necesite –reduciendo tanto las distancias de transporte como los costos. Burrus (2023, Pág. 1)

Figura 3.4

Manufactura aditiva.



Nota: La impresión 3D por deposición fundida (MDF) fue la tercera tecnología de impresión 3D importante que se desarrolló, la cual comenzó a principios de la década de 1990 y hoy en día, es uno de los procesos de impresión 3D más utilizados (Centro de Innovación Industrial para el sector Automotriz CIIA, 2022).

3.1.1.4. Ciberseguridad

De acuerdo a lo que manifiesta Kaspersky (2023) en su página oficial:

La ciberseguridad es la práctica de defender las computadoras, los servidores, los dispositivos móviles, los sistemas electrónicos, las redes y los datos de ataques

maliciosos. También se conoce como seguridad de tecnología de la información o seguridad de la información electrónica. El término se aplica en diferentes contextos, desde los negocios hasta la informática móvil, y puede dividirse en algunas categorías comunes.

Figura 3.5

Ciberseguridad.



Nota: La ciberseguridad se ha convertido en una prioridad en todos los niveles de la organización (Forbes, 2023).

3.1.1.4.1. La seguridad de red.- es la práctica de proteger una red informática de los intrusos, ya sean atacantes dirigidos o malware oportunista (Kaspersky, 2023).

3.1.1.4.2. La seguridad de las aplicaciones.- se enfoca en mantener el software y los dispositivos libres de amenazas. Una aplicación afectada podría brindar acceso a los datos que está destinada a proteger. La seguridad eficaz comienza en la etapa de diseño, mucho antes de la implementación de un programa o dispositivo (Kaspersky, 2023).

3.1.1.4.3. La seguridad de la información.- protege la integridad y la privacidad de los datos, tanto en el almacenamiento como en el tránsito (Kaspersky, 2023).

3.1.1.4.4. La seguridad operativa.- incluye los procesos y decisiones para manejar y proteger los recursos de datos. Los permisos que tienen los usuarios para acceder a una red y los procedimientos que determinan cómo y dónde pueden almacenarse o compartirse los datos se incluyen en esta categoría (Kaspersky, 2023).

3.1.1.4.5. La recuperación ante desastres y la continuidad del negocio.- definen la forma en que una organización responde a un incidente de ciberseguridad o a cualquier otro evento que cause que se detengan sus operaciones o se pierdan datos. Las políticas de recuperación ante desastres dictan la forma en que la organización restaura sus operaciones e información para volver a la misma capacidad operativa que antes del evento. La continuidad del negocio es el plan al que recurre la organización cuando intenta operar sin determinados recursos (Kaspersky, 2023).

3.1.1.4.6. La capacitación del usuario final.- aborda el factor de ciberseguridad más impredecible: las personas. Si se incumplen las buenas prácticas de seguridad, cualquier persona puede introducir accidentalmente un virus en un sistema que de otro modo sería seguro. Enseñarles a los usuarios a eliminar los archivos adjuntos de correos electrónicos sospechosos, a no conectar unidades USB no identificadas y otras lecciones importantes es fundamental para la seguridad de cualquier organización (Kaspersky, 2023).

3.1.1.5. Cloud computing

Hoy en día es muy común hablar de la computación en la nube o cloud computing en sus términos en inglés, en donde algunas publicaciones como Grapsas (2018) la definen de la siguiente manera.

La computación en la nube (o cloud computing, en inglés) es una tecnología que permite acceder remotamente, de cualquier lugar del mundo y en cualquier momento, a softwares, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos a través de Internet, sin la necesidad de conectarse a un ordenador personal o servidor local.

En otras palabras, la computación en la nube utiliza la conectividad y gran escala de Internet para hospedar los más variados recursos, programas e información, y

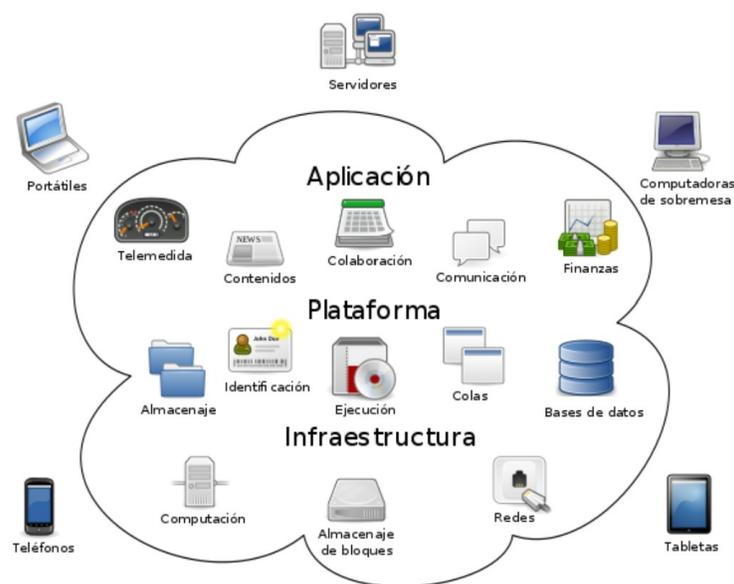
permite que el usuario ingrese a ellos a través de cualquier ordenador, tablet o celular. (Pág. 1)

Como lo manifiesta Swhosting (2018), se deja de utilizar los programas como tal y se focaliza en usar los que están en una plataforma como un servicio en la nube que permite obtener beneficios que no se tiene con un programa, como se detalla a continuación:

- **Independencia entre el dispositivo y la ubicación:** No es necesario utilizar siempre un mismo dispositivo concreto. (Swhosting, 2018)
- **Virtualización:** Al mismo nivel que el anterior pero referente a las máquinas que sustentan el servicio. Mucho más fácil migrar aplicaciones de un servidor físico a otro. (Swhosting, 2018)

Figura 3.6

Cloud computing.



Nota: La computación en la nube (del inglés cloud computing), es conocida también como servicios en la nube, informática en la nube, nube de cómputo o simplemente «la nube», es el uso de una red de servidores remotos conectados a internet para almacenar, administrar y procesar datos, servidores, bases de datos, redes y software (Wikipedia, 2023a).

- **Seguridad:** La centralización de los datos hace que sea más sencillo aplicar actualizaciones y mejoras. También cabe destacar que el usuario de la nube

- pasa a ser el responsable de la seguridad a nivel de aplicación y el proveedor de la seguridad física. (Swhosting, 2018)
- **Mantenimiento:** Al poder acceder de diferentes lugares es mucho más fácil en el caso de las aplicaciones de computación en la nube.
 - **Rendimiento:** Al poderse controlar y optimizar el uso de los recursos de manera automática, permiten hacer un seguimiento, control y notificación de estos mismos recursos. (Swhosting, 2018)
 - **Escalabilidad y elasticidad:** El aprovisionamiento de recursos en tiempo real hace que se convierta en casi un autoservicio que permite a los usuarios utilizar lo justo y necesario. (Swhosting, 2018)
 - **Agilidad:** Gracias a la capacidad de mejora por parte del proveedor que ofrece recursos tecnológicos al usuario. (Swhosting, 2018)
 - **Costo:** Se reduce y se optimiza. Gracias a todas las otras características solo consumes lo necesario en cada momento, convirtiendo los gastos de capital en gastos de funcionamiento. Así, se reducen barreras de entrada. (Swhosting, 2018, Pág. 1)

3.1.1.6. Internet de las Cosas

De acuerdo a Red Hat (2023) el IoT presenta la siguiente definición:

El Internet de las cosas (IoT) es el proceso que permite conectar los elementos físicos cotidianos al Internet: desde los objetos domésticos comunes, como las bombillas de luz, hasta los recursos para la atención de la salud, como los dispositivos médicos; las prendas y los accesorios personales inteligentes; e incluso los sistemas de las ciudades inteligentes.

Los dispositivos del IoT que se encuentran dentro de esos objetos físicos suelen pertenecer a una de estas dos categorías: son interruptores (es decir, envían las instrucciones a un objeto) o son sensores (recopilan los datos y los envían a otro lugar). (Pág. 1)

En definitiva, el término IoT o Internet de las cosas hace referencia a los sistemas de dispositivos físicos que reciben y transfieren datos a través de las redes inalámbricas, con poca intervención humana. Estos sistemas envían, reciben y analizan los datos de forma permanente en un ciclo de retroalimentación, según el tipo de tecnología IoT, donde las personas o los

sistemas de inteligencia artificial y aprendizaje automático (IA/ML) pueden analizar estos datos casi de inmediato o durante cierto tiempo (Red Hat, 2023).

- **Independencia entre el dispositivo y la ubicación:** No es necesario utilizar siempre un mismo dispositivo concreto.
- **Virtualización:** Al mismo nivel que el anterior pero referente a las máquinas que sustentan el servicio. Mucho más fácil migrar aplicaciones de un servidor físico a otro.

Figura 3.7

Internet de las cosas.



Nota: El Internet de las cosas (IOT) describe objetos físicos (o grupos de estos) con sensores, capacidad de procesamiento, software y otras que se conectan e intercambian datos con otros dispositivos y sistemas a través de internet u otras redes de comunicación (Wikipedia, 2023b).

3.1.1.7. Robótica

Como mencionan Ollero (2001) y Concepto (2023), La robótica abarca el diseño, construcción, operación y estudio de robots, máquinas programables que imitan las acciones

humanas. Esta disciplina combina diversas áreas de la ingeniería, como la mecánica, eléctrica, electrónica y biomédica, junto con las ciencias de la computación, hoy en día son más que simples máquinas programables, muchos son robots colaborativos que trabajan junto a los humanos, sin necesidad de supervisión constante los mismos son capaces de tomar decisiones lo que les permite automatizar y coordinar tareas logísticas y de producción de manera eficiente; en definitiva la robótica es una disciplina en constante evolución que tiene un impacto significativo en la industria, la medicina y otros campos. Los robots son cada vez más sofisticados y colaborativos, lo que abre nuevas posibilidades para la automatización y la mejora de la productividad.

Figura 3.8

Robótica.



Nota: La palabra “robot” tiene su origen en el vocablo checo “robota”, que significa “esclavo”, esta denominación fue introducida por el escritor checo Karel Capek en su novela R.U.R. (Robots Universales Rossum) publicada en 1920; por otro lado, el término “robótica”, como disciplina científica, fue acuñado por el reconocido autor de ciencia ficción Isaac Asimov (1920-1992) que se convirtió en uno de los principales exponentes del futuro imaginario dominado por los robots, en definitiva la etimología de la palabra “robot” y el desarrollo de la robótica como disciplina están estrechamente ligados a la literatura y la ciencia ficción, especialmente a las obras de autores visionarios como Karel Capek e Isaac Asimov. (Concepto, 2023; Orientalmotor, 2023).

3.1.1.8. Integración

La integración de todos los elementos de una empresa o institución, tanto internos como externos, busca crear un sistema coherente y eficiente que permita a todos los usuarios acceder a la información y las herramientas que necesitan para tomar decisiones informadas, donde la gestión del conocimiento es una área que ayuda a las empresas a lograr este objetivo al

proporcionar herramientas y procesos para organizar, almacenar y gestionar el conocimiento que es aún más importante, ya que permite a las empresas aprovechar los datos y la información para mejorar sus operaciones y tomar mejores decisiones, incluyendo elementos como prácticas de recursos humanos, tecnología, cultura y estructuras organizativas (Albarrán, Salgado, y Pérez, 2020); su tarea, es crear condiciones para identificar, obtener, mantener y usar el capital intelectual en la empresa o institución de forma integral.

Según el Tecnológico de Monterrey (2023a), el término integración es común en varios contextos y sus significados dependen del enfoque en que sean utilizados, desde la perspectiva en los campos de la producción y la ingeniería de automatización, así como las tecnologías de la información (TI).

Figura 3.9

Integración.



Nota: De acuerdo a Tecnológico de Monterrey (2023b) a los cinco niveles de la pirámide de la automatización, se suman dos niveles más como el “producto” en la parte inferior de la pirámide y el “mundo conectado” en la parte superior de la misma, considerando que integra y adopta todas las definiciones y modelos de referencia de las normas IEC 62264 y IEC 61512.

3.1.1.9. Realidad aumentada

Existen diferentes definiciones de realidad aumentada, pero todas indican que a través de dispositivos tecnológicos se puede simular algún fenómeno físico y ser visualizado con mayor detalle, por lo tanto, y de acuerdo a Wikipedia (2023c), BBC Mundo (2016) y El Economista. EcoDiario.es (2019) se tiene que:

La realidad aumentada (RA) es el término que se usa para describir al conjunto de tecnologías que permiten que un usuario visualice parte del mundo real a través de un dispositivo tecnológico con información gráfica añadida por este. El dispositivo, o conjunto de dispositivos, añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, una parte virtual aparece en la realidad. De esta manera, los elementos físicos tangibles se combinan con elementos virtuales, creando así una realidad aumentada en tiempo real. (Pág. 1)

Figura 3.10

Realidad aumentada.



Nota: La realidad aumentada y la realidad virtual abren múltiples posibilidades de aplicaciones para maquinaria, que hace pocos años casi no se podía imaginar, un ejemplo de aplicación de realidad virtual en la fase de diseño es para la visualización del modelo CAD en 3D antes de construir ni siquiera el primer prototipo rápido (Aínsa, 2015).

3.2. Modelo de Gestión

De acuerdo a Tobar (1999), Alvarez (2017) y González (2001, Pág. 407) “un modelo de gestión es una forma de definir prioridades y tomar decisiones. La herramienta es una

prolongación de las manos o los sentidos, mientras que el modelo es una prolongación de la mente”, es necesario tener presente lo que manifiesta Alvarez (2017) en su publicación del 2017 donde indica que:

los Modelos de gestión son tan dinámicos como las empresas, encontrándose en permanente evolución, no hay una última palabra al respecto, nada se puede dar por sentado, existen esquemas ya pasados y otros aplicables al ahora, sin embargo, el mundo cambia dando lugar a nuevas historias escritas por una sociedad que se modifica y que genera nuevas formas de pensar, tecnología, y políticas. (Pág. 9)

Así mismo, Alvarez (2017) propone que todos los modelos propuestos para gestión deben cumplir con su objetivo y tener una mirada totalmente holística, esto significa que la organización debe ser vista como un todo, donde todas las partes trabajan juntas para lograr un objetivo o meta común, siendo superior a la suma de sus partes. Este enfoque busca plantear mejoras para alcanzar la eficiencia y la eficacia de la organización, por lo tanto, los principales objetivos del modelo de gestión son:

- Alinear al personal a la filosofía de la organización que depende del trabajo en equipo, para ello, es fundamental alinear a cada uno de los integrantes con la visión estratégica, de modo que sus acciones contribuyan a obtener una ventaja competitiva; lograr objetivos a corto, mediano y largo plazo. La administración juega un papel crucial en este proceso, debe orientar al equipo hacia el logro de objetivos específicos a corto, mediano y largo plazo, para ello, es necesario definir las actividades a realizar, controlar su ejecución, establecer una toma de decisiones efectiva y mantener al personal motivado, con el principio que el personal es el motor del éxito y son el activo más importante de cualquier organización y el engranaje que impulsa a las empresas hacia el éxito; por lo que reconocer su valor y potencial es esencial para alcanzar los objetivos como se presenta a continuación:
- Reducir los riesgos en la organización.
- Dirección de la organización de acuerdo a los objetivos planteados.
- Llevar el control y la evaluación de los objetivos planteados.
- Identificar e implementar propuestas de mejora en diferentes áreas. (Alvarez, 2017, Pág. 13)

De acuerdo a este nuevo cambio o revolución industrial, donde se ha visto cada vez el uso de nuevas tecnologías aplicadas en diferentes máquinas destinadas a la producción y servicios, que están enfocadas también a contener sistemas de control para poder utilizar diferentes métodos como procedimientos, programas, transmisión y procesamiento de datos entre otros, que permitan obtener diferentes indicadores para direccionar a tomar diferentes decisiones en tiempo real que ayuden al mejoramiento continuo de la empresa o institución. Durante este proceso de cambio industrial y adicionando la alta competitividad, la información en tiempo real bajo una estructura o arquitectura organizacional bien establecida permitirá tener procesos administrativos, financieros y de gestión más eficaces en función de nuestros clientes, ya sean internos o externos (Segura, 2017).

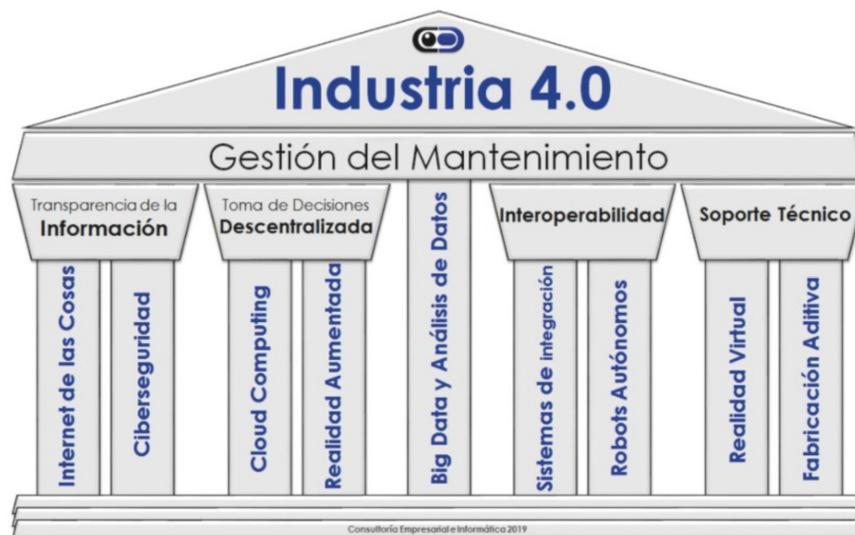
3.3. Gestión de Mantenimiento

Es por ello que en la Gestión del Mantenimiento de las compañías es un reto y no obstáculo la implementación del BSC (Balance Score Card) siempre y cuando se dé el uso adecuado utilizando el mapa estratégico que permita al mantenimiento como a la organización el establecimiento de la visión y misión, y la descripción de objetivos estratégicos alineados y en sinergia con retroalimentación de la misma, en las cuatro perspectivas base, financiera, clientes, procesos internos, aprendizaje y crecimiento, así como la consecución de metas basadas en indicadores y sub indicadores las iniciativas necesarias para lograr los objetivos utilizando siempre un seguimiento constante y mejora continua a todos los entes que componen la cadena de valor (Montoya, 2011).

Según Luna y Vázquez (2019) “el mantenimiento toma un papel preponderante en esta cuarta revolución industrial, en la medida en que casa perfectamente con los principios de anticipación, eficiencia y eficacia de la fábrica inteligente”. Además, es importante considerar que el mantenimiento industrial 4.0 no solo está relacionado con la adopción de nuevas tecnologías, sino que la gestión de cambios para incorporarlo debe pasar por su aplicación en procesos muy bien definidos en todas las áreas de la empresa o institución (Alejandro, 2022).

Figura 3.11

Gestión de mantenimiento 4.0.



Nota: El Mantenimiento siempre ha sido considerado como un mal necesario porque no le agrega valor a lo que se produce, sin embargo, se ha comprobado que es un complemento de la actividad industrial ya que gracias a él se puede tener la disponibilidad de los equipos para producir y cumplir con el core business de cualquier manufacturera, de ahí la importancia de aprender sobre sus procesos para llevar a cabo una buena ejecución con enfoque en la cuarta revolución industrial, como en cualquier Planeación Estratégica de Tecnologías de Información (PETI), lo primero es ubicar la situación actual del mantenimiento en su organización para así estructurar la forma en que será gestionado o administrado, planeando nuevas estrategias y objetivos para cumplir con las nuevas tendencias y exigencias de la Industria 4.0 (Visión Industrial, 2020).

3.4. AMEF de Proceso

De acuerdo con ICA Consultores América (2020); se puede establecer que:

El objetivo del AMEF es identificar las funciones de un producto, los pasos del proceso y los posibles modos de falla asociados, los efectos y sus causas. Se utiliza para evaluar si los controles de prevención y detección ya planificados son suficientes, y en caso contrario recomendar acciones adicionales que serán fijadas en los planes de control. El AMEF es un método analítico, sistemático, cualitativo y elaborado por equipo multidisciplinario destinado a:

- Evaluar los riesgos técnicos potenciales de falla de un producto o proceso.
- Analizar las causas y los efectos de esas fallas.
- Documentar acciones preventivas y de detección.
- Recomendar acciones para reducir el riesgo.

Una de sus limitaciones es que depende del nivel de conocimiento y experiencia del equipo que lo realice y que puede o no predecir correctamente el rendimiento futuro del proceso o producto. La elaboración de esta herramienta recae sobre un equipo multidisciplinario y pertenece a una metodología mayor relacionada con la planeación de la calidad, el AMEF es la base para el desarrollo del producto y del proceso y bien aplicada tendrá un impacto en la rapidez en que se puede poner un producto en el mercado (timing) así como en la reducción de costos de calidad, considerando que un AMEF de proceso se aplica cuando:

- Nuevos diseños de productos, nueva tecnología o nuevos procesos.
- Nuevas aplicaciones de diseños de productos y de procesos.
- Cambios de ingeniería a especificaciones de productos o procesos.

El AMEF de proceso analiza las potenciales fallas de los procesos de fabricación, montaje y logística para producir productos que se ajusten a la intención del diseño, analiza los procesos considerando los modos de fallos potenciales que pueden resultar de la variación inherente, establecer la prioridad de las acciones de prevención y, según sea necesario, mejorar los controles. (ICA Consultores América, 2020, Pág.1)

3.5. Indicadores de rendimiento para el mantenimiento según la norma UNE-EN 15341

La aplicación de la norma europea UNE-EN 15341 proporcionan indicadores claves de rendimiento del mantenimiento que apoya a la gestión y en el empleo de los activos de una empresa de una manera competitiva y se aplica a infraestructuras, servicios, transporte, distribución, equipos, redes, entre otros donde la Norma Española UNE-EN 15341 (2008) manifiesta que comúnmente los indicadores se utilizan para:

- a) Medir el estado

- b) Realizar comparaciones
- c) Realizar diagnósticos
- d) Identificar objetivos y definir metas
- a) Planificar acciones de mejoras
- a) Medir los cambios de manera continua en el tiempo. (Pág. 1)

3.5.1. Términos y definiciones

Se aplican los términos y definiciones de acuerdo a las Normas EN 13306:2001 e IEC 60050-191:1990.

3.5.1.1. Indicador

Característica (o conjunto de características) de un fenómeno medido, de acuerdo con la fórmula dada, que evalúa la evolución, los indicadores están relacionados con los objetivos, para el mantenimiento y se estructuran en tres grupos: indicadores económicos, técnicos y organizacionales que para el cálculo el numerador y el denominador deben de referirse a la misma actividad o al mismo bien en un mismo periodo de tiempo (año, trimestre, mes, día, hora) y se estructuran en niveles que corresponden a su estructura jerárquica refiriéndose al mantenimiento interno como el externo o la combinación de los mismos (Norma Española UNE-EN 15341, 2008).

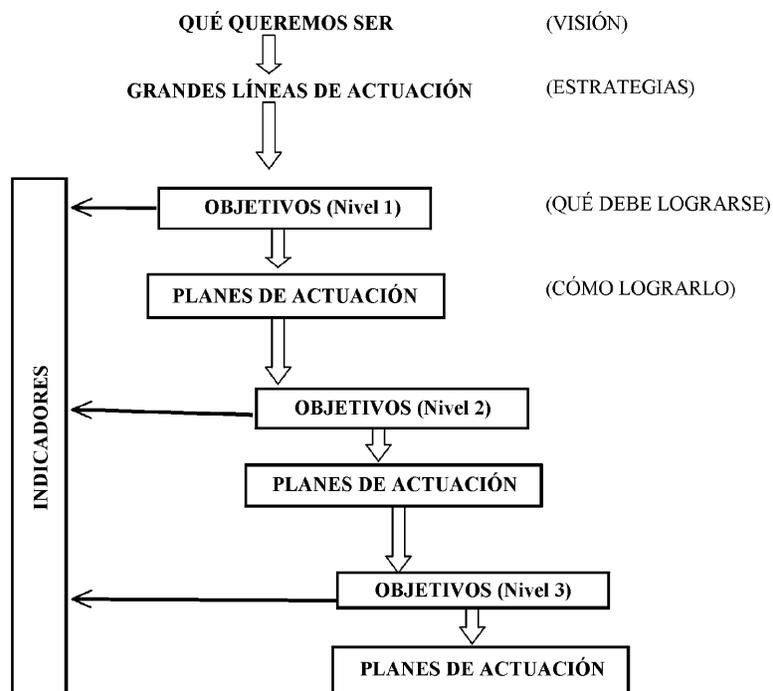
El término tiempo de acuerdo a Norma Española UNE-EN 15341 (2008) “se utiliza normalmente para describir unidades de tiempo relativas al equipo y a su rendimiento. Los términos horas u horas-hombre describen las horas dedicadas a actividades de mantenimiento”.

3.5.1.2. Cuadro de mando

De acuerdo con la Norma Española UNE-EN 15341 (2008) es un conjunto de indicadores asociados, consistentes y complementarios, que proporcionan información sintética y global como una herramienta que se utiliza para desarrollar e implementar una estrategia, y para controlar el progreso hacia los objetivos definidos, a continuación, la Figura 3.12 presenta un resumen conceptual de una planificación de acuerdo a los objetivos planteados de una institución.

Figura 3.12

Marco conceptual para el diseño de indicadores.



Nota: El Marco conceptual presenta un análisis sobre la relación que debe de existir entre los objetivos que plantea una empresa o institución con su planificación en los diferentes niveles jerárquicos, sabiendo que debe lograr cada uno de los niveles y como lograrlo (Norma Española UNE-EN 66175, 2003).

De acuerdo a Norma Española UNE-EN 66175 (2003) el cuadro de mando, es una “herramienta de gestión que facilita la toma de decisiones, y que recoge un conjunto coherente de indicadores que proporcionan a la alta dirección y a las funciones responsables una visión comprensible del negocio o de su área de responsabilidad. La información aportada por el cuadro de mando, permite enfocar y alinear los equipos directivos, las unidades de negocio, los recursos y los procesos con las estrategias de la organización”.

3.5.1.3. Diseño de indicadores y cuadros de mando

Como lo manifiesta la Norma Española UNE-EN 66175 (2003), es necesario identificar las necesidades de la institución o empresa para poder plantear un objetivo que está representado por un indicador que no puede dar lugar a interpretaciones diferentes; para definir un indicador

se debe considerar:

- Selección del indicador
- Denominación del indicador
- Forma de cálculo
- Forma de representación
- Definición de responsabilidades
- Definición de umbrales y de objetivos. (Norma Española UNE-EN 66175, 2003)

No todos los indicadores se pueden desarrollar y probablemente no todos son interesantes para la empresa u organización debido a que los recursos pueden ser limitados y se deben desarrollar los indicadores de mayor importancia que justifique el esfuerzo para su obtención; el cálculo del indicador es muy importante y al igual que la periodicidad con la que se calcula y como se representa para representar su evolución hasta llegar a los umbrales establecidos, mínimos o máximos, es importante considerar que para la implementación de sistemas de indicadores se deben involucrar el personal necesario para su capacitación e impartición de responsabilidades de acuerdo a cada nivel, con la comunicación adecuada para mejorar los resultados en el tiempo correcto, manejando la confidencialidad de la información (Norma Española UNE-EN 66175, 2003).

4. Metodología

4.1. Metodología de la Investigación

A continuación se presenta la metodología de investigación aplicada en el desarrollo del trabajo de titulación:

ENFOQUE

CUANTITATIVO:

La investigación tomó como referencia los datos de mantenimiento de la maquinaria pesada del Gobierno Provincial del Azuay, como consumo de gasolina, tiempos y costos.

TIPO

APLICADA:

A la realidad de la gestión de mantenimiento de una empresa o institución estatal dedicada al mantenimiento y construcción vial.

ALCANCES

① **EXPLORATORIO:**

Identifica la percepción de la gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada

② **DESCRIPTIVO:**

Aplica conceptos de industria 4.0 junto con modelos de gestión y mantenimiento

③ **CORRELACIONAL:**

Asocia la dirección de manejo de talleres en diferentes niveles jerárquicos con relación a un modelo de gestión propuesto

④ **EXPLICATIVO:**

Entender el nivel de influencia del modelo de gestión propuesto con la eficacia que pretende la dirección del Gobierno Provincial del Azuay

4.2. Metodología del proceso

4.2.1. Estudio de los modelos de gestión 4.0 vinculados a sistemas críticos en flotas vehiculares para establecer referentes de manejo óptimo del parque automotor y equipo caminero

Dentro de la filosofía de una Industria 4.0 existen diferentes criterios y modelos de gestión aplicados a cada proceso en particular, que presentan nuevas formas de organización de la planificación para afrontar el reto de anticiparse a posibles situaciones de riesgos y de manera que permita tomar las medidas preventivas oportunas en diferentes áreas de una empresa o institución. En este contexto se presenta a continuación diferentes estudios de aplicaciones de la filosofía 4.0 en el área de mantenimiento, donde aplican diferentes modelos de gestión para encontrar los mejores resultados.

4.2.1.1. Modelo de gestión 4.0 vinculado al parque automotor

Luna y Vázquez (2019) presentan en su estudio “Metodología del mantenimiento predictivo 4.0 para asegurar procesos de producción”, un modelo de gestión basado en esta nueva filosofía definen diferentes niveles y fases para un mantenimiento predictivo, el primer nivel es de carácter operativo donde se instrumentan con sensores en equipos como válvulas, motores y variadores; el segundo nivel de carácter técnico donde se dividió en dos fases, en la primera se levanta los datos a través de señales que son almacenadas en un computador, que posteriormente en una segunda etapa los mismos son analizados en un procesador desde un lugar de trabajo específico; el tercer nivel de carácter tecnológico presenta cinco fases donde, la primera se presenta como la fase “analítica predictiva” y se encarga en pronosticar fallos de acuerdo a modelos matemáticos establecidos como:

- Algoritmos de clasificación y predicción: Quest, Chaid, C.5.0, lista de decisiones, regresión lineal, etc.
- Algoritmos de asociación: a priori, carma, reglas de asociación, etc.
- Algoritmos de segmentación: K-medias, Kohonen, TwoStep, etc.
- Algoritmos de automodelado: Autoclasificador, Autonumérico, Autocluster, etc. (Luna y Vázquez, 2019, Pág. 2)

La primera fase del nivel tecnológico se la describió como analítica, presentando sus lineamientos como la “analítica descriptiva” y consistió en diagnosticar y determinar patrones y tendencias de las señales monitoreadas en los equipos de acuerdo con los datos históricos almacenados con la finalidad de obtener:

- Visualización en tiempo real de datos.
- Visualización avanzada de información (creación de tablas comparativas con flexibilidad de variables y generación de reportes Ad hoc).
- Estadística descriptiva de procesos y detección por medio de PCA (detección de anomalías en la producción). (Luna y Vázquez, 2019, Pág. 2)

De acuerdo con Torres y Hervás (2018) otro lineamiento que presenta esta fase es la “analítica prescriptiva” y consiste en definir que acciones se van a tomar y se apoya en modelos predictivos, simulación de escenarios, reglas localizadas y técnicas de optimización para poder transformar datos en recomendaciones de acción; en esta fase se utilizan herramientas complejas para un análisis y procesamientos más complejos; entre ellas se tiene redes neuronales, aprendizaje heurístico, machine learning, entre otras, con la finalidad de obtener:

- Creación de escenarios para la recomendación de acciones.
- Identificación de mejores resultados de manera autónoma.
- Actualización proactiva de las recomendaciones de acciones debido a variación de sucesos.

En la segunda fase “monitoreo” utilizó los datos más relevantes y aplicó un análisis estadístico, de manera que permitió obtener tendencias estadísticas para posteriormente en una tercera fase “reporteador“, de manera detallada generar un reporte e integrar en las plataformas:

- Sistema de mantenimiento y seguimiento de inventario, MES (Manufacturing Execution System)
- Sistema de planificación de recursos empresariales, ERP (Enterprise Resource Planning)

En la fase cuatro denominada “toma de decisiones” se plantea las acciones a tomar de acuerdo a la planificación propuesta, y finalmente en una fase denominada “ejecución” el gerente, jefe o encargado de mantenimiento tendrá un amplio panorama sobre qué acción

ejecutar sin necesidad de tener una amplia experiencia de campo; en definitiva, el modelo de gestión 4.0 se basó en generar tres diferentes niveles operativo, técnico y tecnológico con sus respectivas fases, como se presenta a continuación en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1

Modelo de gestión 4.0 vinculado al parque automotor.

Nivel	Fase
Operativo	Sensores
Técnico	Datos
	Conectividad
Tecnológico	Analítica
	Monitoreo
	Reporteador
	Toma de decisión
	Ejecución

Nota: En la Tabla se indica los niveles establecidos de gestión con sus diferentes fases. Adaptado de (Luna y Vázquez, 2019).

4.2.1.2. Modelo de gestión 4.0 vinculado a la industria manufacturera

4.2.1.2.1. Caso 1. La investigación realizada por Sarango (2022) presenta una propuesta de un modelo de gestión, planificación y control de la producción enfocado en la industria 4.0 para una industria manufacturera de bebidas no alcohólicas (BNA), donde primero establece parámetros de automatización en la manufactura empezando desde el diseño del producto donde se maneja un Big Data relacionado con la tendencia del mercado, comportamiento del cliente y análisis de la demanda, además de tener una información precisa con la implementación de tecnología RFID que es un sistema de identificación de productos que puede parecer similar al código de barras tradicional, pero cuenta con grandes ventajas al utilizar las ondas de radio para comunicarse con un microchip, que puede estar montado sobre gran cantidad de soportes (Tecnipesa, 2021). Sin embargo, se puede utilizar otras tecnologías como la NFC, código QR o AR, para poder acceder a una información precisa, directa y en tiempo real. La Figura 4.6 presenta los cuatro niveles de categorización propuestos de automatización, donde el primer nivel consiste una digitalización de la información, luego una trasmisión de los datos

de manera integral por medio de sistemas IoT, CPS (Cyber Physical Sistem), entre otros, en un tercer nivel los datos transmitidos se virtualizan para una mejor interpretación que permite tomar decisiones en tiempo real. En un cuarto nivel, los datos que necesitan un mayor análisis con inteligencia artificial son procesados para que se generen los resultados programados o requeridos.

Figura 4.1

Niveles de automatización propuestos.



Nota: La Figura presenta los niveles de automatización propuestos para una empresa dedicada a la producción y distribución de bebidas no alcohólicas donde se pretende realizar la manufactura del producto final basado en la demanda real y no en pronósticos (Sarango, 2022).

Las áreas de la empresa o institución donde se planteó implementar los diferentes niveles de automatización fueron, diseño de producto, tratamiento de agua, lavado, fabricación de bebidas y embotellado; cada una de las áreas presentan subprocesos donde se aplicaron diferentes técnicas para la instrumentación de los equipos para el monitoreo del proceso, para la transmisión de los datos internos entre equipos y al exterior para un seguimiento oportuno, la implementación de software para el análisis de datos y la aplicación de inteligencia artificial para retroalimentación de la producción de acuerdo a los requerimientos determinados y a la capacidad industrial instalada.

La Tabla 4.2 presenta las áreas de estudio con el nivel de automatización propuesto, cada nivel presenta una serie de actividades que dependen del análisis de la situación tecnológica en la que se encontraban la línea de producción y el estado tecnológico de sus equipos.

Tabla 4.2

Modelo de gestión 4.0 vinculado a la industria manufacturera.

Área	Nivel
Diseño de producto	Digitalización
	Integración
	Virtualización
Tratamiento de agua y lavado	Digitalización
	Integración
	Virtualización
	Inteligencia artificial
Fabricación de bebidas y embotellado	Digitalización
	Integración
	Virtualización
	Inteligencia artificial

Nota: En la Tabla se indica los niveles establecidos de gestión con sus diferentes fases. Adaptado de (Luna y Vázquez, 2019).

4.2.1.2.2. Caso 2. Aura Quantic (2021) como Peñata, Bolaños, y Chimbí (2021b) en su estudio “Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una Empresa de Producción de Bebidas” realizó una implementación de la herramienta de operaciones industriales SAP (Desarrollo de programas de sistemas de análisis) que consiste en integrar todas las áreas de una empresa o institución mediante la creación y gestión en tiempo real de una base de datos centralizada, que aprovecha los datos recopilados y gestionados por el ERP (Planificación de recursos empresariales) para automatizar procesos productivos y crear aplicaciones empresariales 100% personalizadas con la tecnología No Code donde primeramente, levanta la información de los datos recopilados en inventarios de repuestos, registros de mantenimiento, formatos de rutina de mantenimiento, formatos de inspección

de máquinas, formatos de reporte de fallas y costos de mantenimiento, toda la Big Data; realizaron también un reconocimiento de las máquinas en la empresa para establecer las metodologías de mantenimiento a ejecutar como:

- Ciclo PHVA (Círculo de Edwards Deming, basado en cuatro pasos de estrategia: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).
- Rutinas de mantenimiento.
- Software de mantenimiento.
- Control presupuestal de mantenimiento. (Peñata y cols., 2021b, Pág. 83)

Seguidamente, se establecieron los módulos de SAP a utilizar y que son necesarios en las diferentes áreas, los mismos fueron:

- Módulo de SD, Sales and distribution relacionado con ventas y distribución al cliente
- Módulo de MM, materials management relacionado con stocks, facturas y todo lo relacionado con el producto de venta.
- Módulo PP, production planning relacionado con fabricación.
- Módulo de HR, human resources relacionado con la gestión de recursos humanos.
- Módulo CO encargado de la gestión de costes y beneficios.
- Modulo PM (Plant Maintenance PM) encargado de la gestión de mantenimiento. (Peñata y cols., 2021b, Pág. 85)

Para el funcionamiento de los módulos SAP, se establecieron las formas de recolección de datos de ingreso a los mismos, para lo cual se utilizó controladores lógicos programables, más conocidos por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómatas programables, utilizados precisamente para automatizar procesos electromecánicos, electro-neumáticos, electrohidráulicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje u otros procesos de producción. Para estas múltiples fuentes de datos se utilizaron herramientas DMS y DCS (Software desarrollado para la gestión de documentos y datos -SAP-) para capturar y almacenar automáticamente sobre una plataforma donde quedan instantáneamente disponible para los usuarios. En este estudio se habla de una centralización de datos para la toma de decisiones en tiempo real que mejoren el proceso, sin embargo, no se establecen niveles de jerarquía para un manejo de información, sino que simplemente

mencionan que todos los datos de calidad serán almacenados en una ubicación altamente segura y disponible además de estar vinculado directamente con el SAP Plant Maintenance (PM), relacionado directamente a las actividades de mantenimiento como planes, órdenes, etc (Peñata y cols., 2021b).

4.2.1.2.3. Caso 3. En el estudio realizado por Luna, Piña, y Álvarez (2020) “Diseño de una metodología de mantenimiento predictivo para asegurar procesos de producción de la industria 4.0” analizan que hace años el mantenimiento predictivo funciona mediante sensores para tomar señales y anticipar las fallas potenciales, y que en la actualidad la inteligencia artificial esta vinculado al IoT junto con el manejo del big data para capturar y comunicar los datos en tiempo real, alertando rápidamente ineficiencias en las máquinas y evitando costosas averías, en este contexto se plantea una metodología basada en los ciclos de la mejora continua PHVA (Planear - Hacer - Verificar - Actuar), transversal a los modelos de mejora adoptados por cada organización que proponen como metodología específica la adopción de las siguientes fases:

1. Identificación de posibilidades y oportunidades combinando aspectos tecnológicos y de negocio.
2. La digitalización e integración de datos, en tiempo real, aplicable en los procesos productivos y logísticos dentro de la empresa y hacia fuera. Evitar el papel, registrarlo todo, sensorizar e integrar datos de manera automatizada e inteligente para que toda esta información sea explotable y exportable.
3. Analizar los datos para extraer la información relevante y con dicha información alimentar modelos de simulación con los que se puede conseguir un mayor conocimiento del proceso.
4. Proponer nuevos canales digitales de comunicación con los clientes o generando nuevas fuentes de ingresos a partir del valor de los datos. (Luna y cols., 2020, Pág. 1013)

Para el cumplimiento de la metodología propuesta, se generan actividades en diferentes etapas para el cumplimiento de las fases, entre las principales según Luna y Vázquez (2019), se tiene:

1. Detección y procesamiento de la señal: la información se colecta y pre-procesa.

2. Extracción de patrones: con la información pre procesada, se extraen los patrones y se fusionan para crear los contextos necesarios.
3. Decisión: los contextos son procesados y se establecen las acciones a seguir.
4. Etapa de actuación: se elige el plan a seguir. (Luna y cols., 2020, Pág. 1014)

Todas las actividades permiten definir los modos fallos comparando con los patrones ya establecidos en función del tiempo, y con la incorporación de las herramientas de integración industrial con la filosofía de industria 4.0 permitieron a la empresa o institución obtener:

1. Generación de Modelos de Detección de Fallos a través de modelos matemáticos.
2. Recogida de Variables endógenas (y exógenas) a un sistema (componente, Equipo).
3. Diagnóstico ante situaciones de fallo y predicciones para corregir planes de mantenimiento (CBM).
4. Ajuste de ciclos de predictivo y pronóstico de Vida.
5. Recomendaciones de parámetros-variables de operación (Luna y cols., 2020, Pág. 1014)

Toda esta información se la tiene disponible en la nube, y con la facilidad de utilizar herramientas de parametrización que permiten realizar análisis a través de inteligencia artificial.

4.2.1.3. Referentes de manejo óptimo del parque automotor y equipo caminero

De acuerdo al estado del arte revisado, se establece como referente de gestión para procesos críticos en el mantenimiento de la flota vehicular y maquinaria pesada en el Gobierno Provincial del Azuay, un modelo basado en un análisis riguroso que proporciona una visión holística de diferentes aspectos como organizativos, tecnológicos, teóricos y otros propios de los pilares de la industria 4.0 que están relacionados con el proceso, a continuación se presenta a manera general y sistemática las interdependencias que actúan en el modelo de gestión propuesto.

4.2.1.3.1. Organigrama.- definir el organigrama con el que la empresa está definida tiene una importancia estratégica para el manejo del recurso humano debido a que es donde se sientan las bases de la organización y es el recurso humano quien maneja la información esencial relacionada con el negocio o el proceso.

4.2.1.3.2. Nivel.- la revisión del estado del arte permitió extraer rigurosamente la información relevante para un análisis de implementación de industria 4.0, donde se identificó que el establecimiento de niveles de jerarquía son fundamentales dentro del organigrama de cualquier negocio, institución o proceso, debido a que en cada una de ellas se tomará las decisiones operacionales y administrativas.

4.2.1.3.3. Pilares.- en todos los casos de estudio revisados en el estado del arte se fundamentan en los pilares de la industria 4.0, aunque no todos son aplicados, y los que se aplican se encuentran en diferentes niveles de implementación que depende del tipo de negocio.

4.2.1.3.4. Fase.- existen diferentes etapas de implementación de las herramientas que fundamentan los pilares de la industria 4.0, ha estas se las conoce como las fases de implementación que deben de seguir un orden secuencial para que los pilares vayan fomentando una integración correcta y secuencial de manera que la empresa o institución no desperdicie recursos y tiempo en la implementación de una filosofía.

4.2.2. Establecimiento la arquitectura que permita la integración de los diferentes niveles jerárquicos de gestión para el desarrollo eficaz y eficiente de las variables de control de la Dirección de Talleres del Gobierno Provincial del Azuay

Para la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento 4.0 se identificó la situación actual del mismo, identificando su organigrama y flujo de proceso como se presenta a continuación.

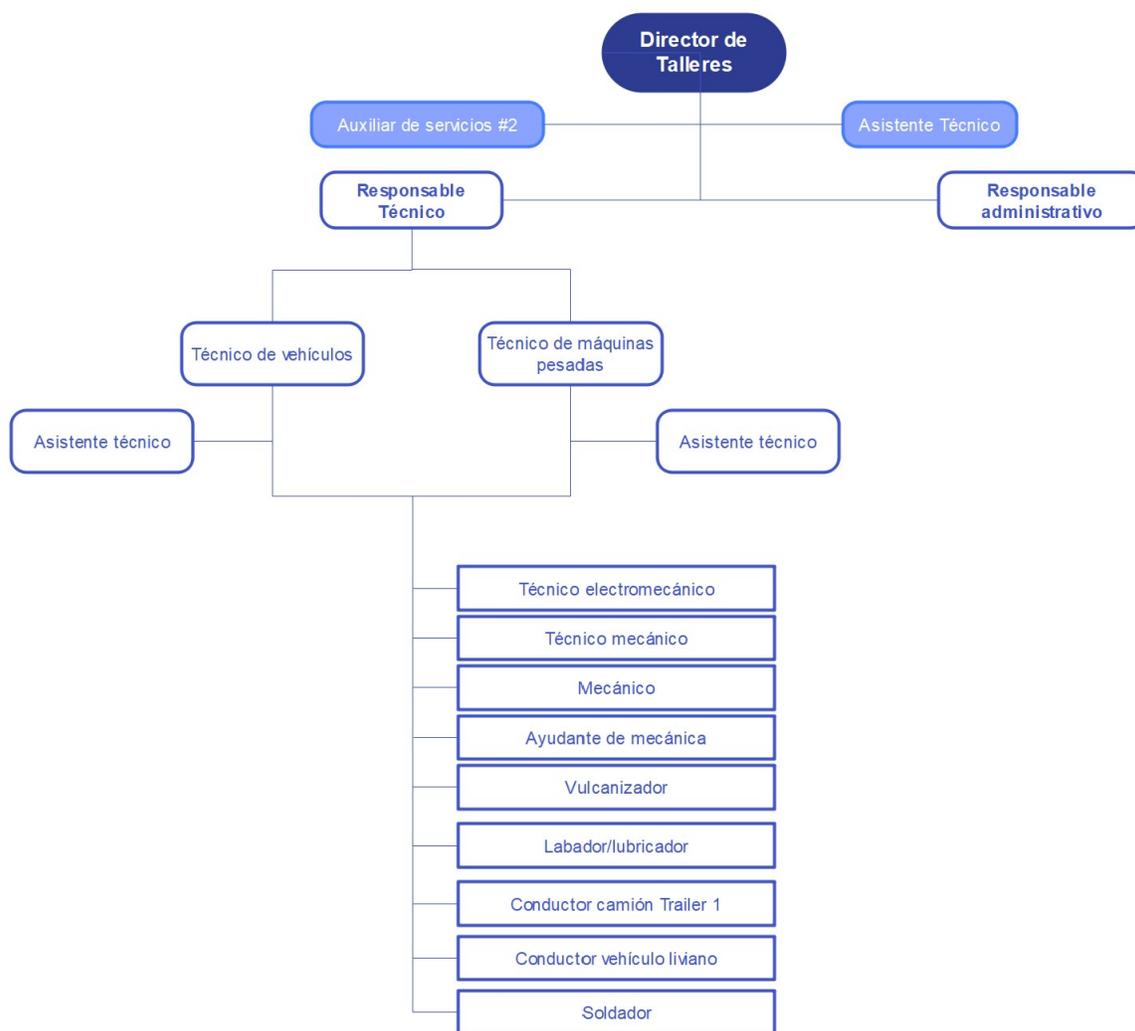
4.2.2.1. Organigrama del Gobierno Provincial

Para poder establecer la arquitectura que permita la integración de los diferentes niveles jerárquicos de gestión, se determinó el organigrama con la jerarquía del personal y su estructura para identificar de forma directa las diferentes relaciones entre funciones, departamentos, equipos e individuos con la finalidad de tener una imagen clara de la cadena de mando, el flujo de autoridad y la comunicación de arriba a abajo o viceversa. Como lo manifiesta Up Spain (2023) “el organigrama refleja la estructura de una empresa o institución, sus niveles y fuerza laboral, lo que facilita la comprensión organizativa y funcional, siendo una verdadera hoja de ruta para los nuevos empleados y un recurso eficaz para la empresa”. La Figura 4.2 presenta el organigrama con cuatro niveles jerárquicos, el primero por el director de talleres acompañado

de un auxiliar de servicios y un asistente técnico; el segundo nivel está conformado por un responsable técnico y otro administrativo.

Figura 4.2

Organigrama de la Dirección de Talleres.



Nota: La Figura presenta el organigrama actual de la dirección de talleres del Gobierno Provincial del Azuay donde se generan los mantenimientos correctivos y preventivos de los vehículos livianos y pesados de acuerdo a la gestión de los miembros del departamento.

El tercer nivel consta de dos técnicos, el uno encargado de los vehículos livianos y el otro de vehículos o máquinas pesadas, cada uno de ellos tiene un asistente técnico, y finalmente como

último nivel se tiene los operativos que se encargan en realizar el mantenimiento respectivo de acuerdo a las órdenes y autorizaciones de trabajo.

Las funciones de los miembros del departamento de talleres se presentan a continuación:

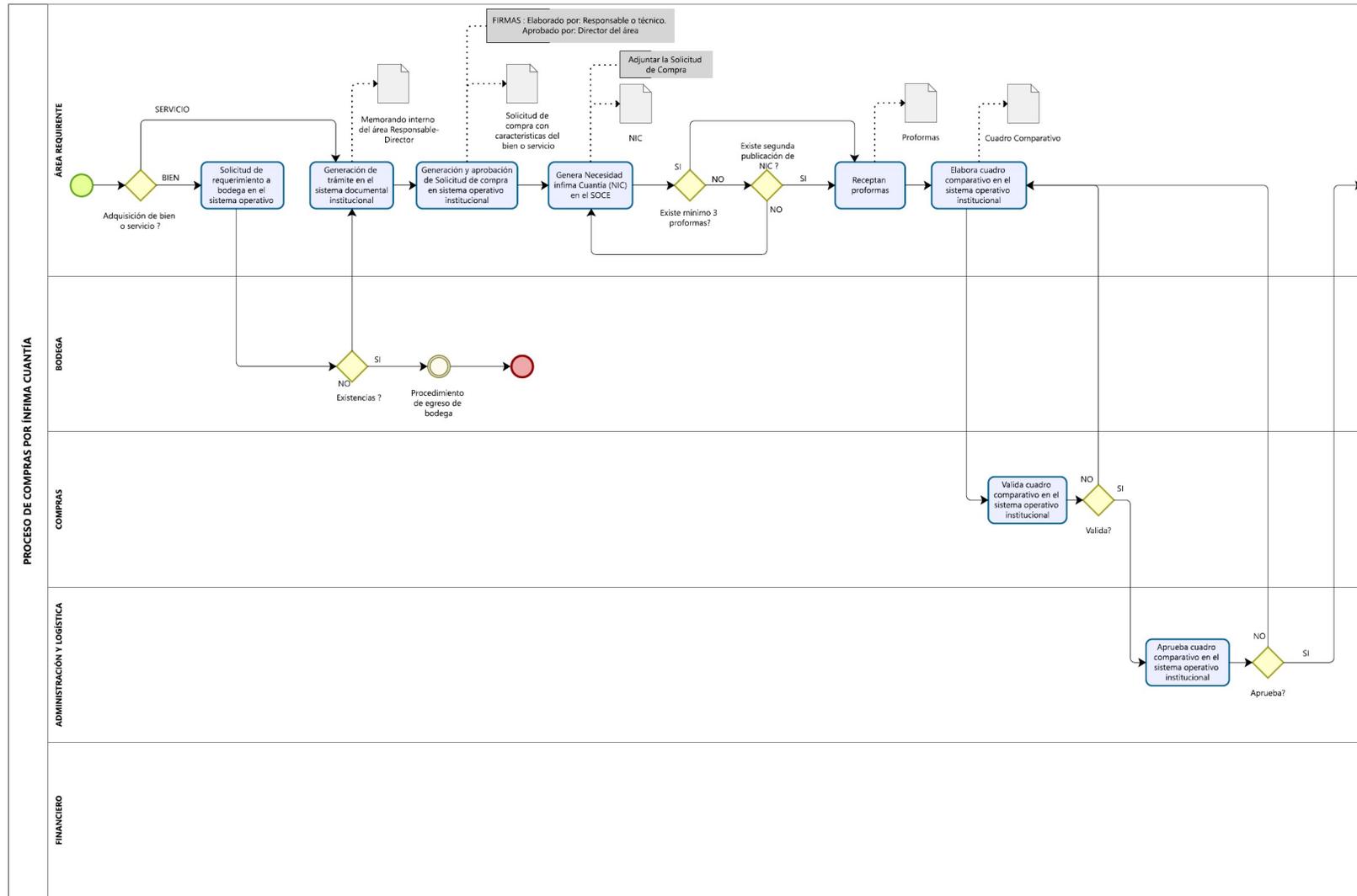
- **Director de talleres.-** es el encargado de desarrollar estrategias para lograr un crecimiento constante del departamento de acuerdo a la planificación general, además de tomar decisiones sobre las órdenes de compra y generar las órdenes internas de mantenimiento.
- **Responsable técnico.-** sus funciones son en recolectar o levantar la información necesaria como órdenes de requerimiento, proformas, informes del técnico, entre otros, antes de ingresar al director.
- **Responsable administrativo.-** es el encargado de la parte financiera, el que genera un informe indicando que los requerimientos se encuentran dentro del presupuesto y se encuentran dentro del plan operativo, anual o general.
- **Técnicos de vehículos livianos y pesados.-** son los encargados de receptar las solicitudes de mantenimiento desde el lugar del daño y generar las órdenes de trabajo para la aprobación del director, previo paso por el responsable técnico y administrativo, además delegan las órdenes de trabajo aprobadas al personal operativo.
- **Técnico mecánico y electromecánico, mecánico, ayudante de mecánica.-** es el equipo cuyas funciones son dar el mantenimiento respectivo de los vehículos de acuerdo a las órdenes de trabajo.
- **Lubricador - lavador.-** su función es realizar los cambios de aceite y limpieza de los vehículos de acuerdo a las órdenes de trabajo.
- **Conductores.-** personal operativo cuya función es conducir los vehículos a su cargo y el custodio del mismo.
- **Soldador.-** realiza trabajos de soldadura especial en los vehículos que requieran alguna reparación de acuerdo a una orden de trabajo.

4.2.2.2. Proceso de mantenimiento actual en los talleres del Gobierno Provincial del Azuay

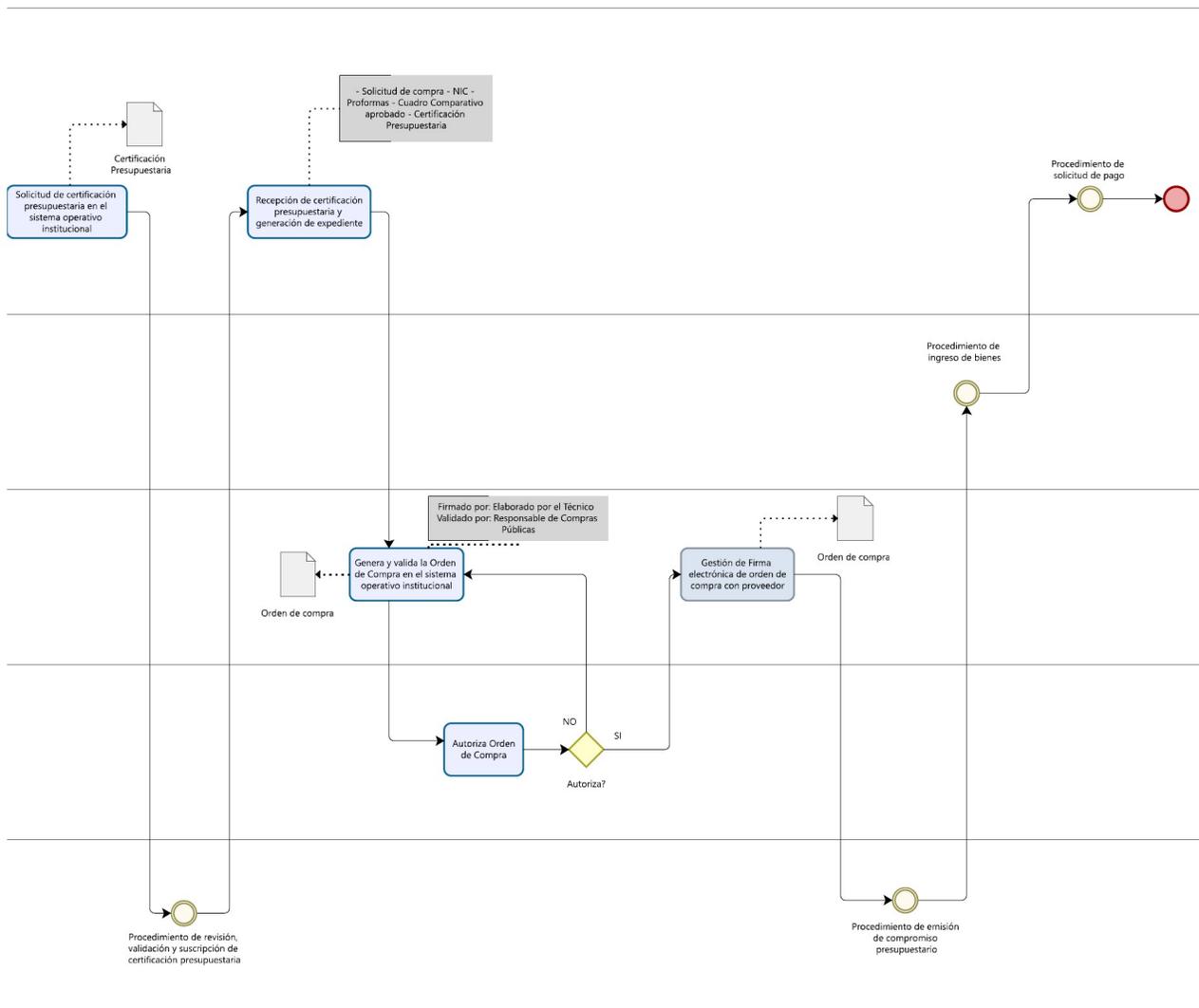
De manera general, la Figura 4.3 presenta el proceso de adquisición de repuestos y de contratación de servicio externo, para vehículos liviano y pesado.

Figura 4.3

Flujograma de un proceso de adquisición de un repuesto o servicio de ínfima cuantía.



Continuación de la Figura 4.3.



Nota: La Figura presenta el flujograma para la adquisición de un repuesto de cuantía ínfima para vehículos livianos o pesados, de igual manera para la contratación de un servicio de mantenimiento en un taller externo.

El flujo de proceso del mantenimiento correctivo que se presenta a continuación tiene como alcance desde la identificación del daño en el vehículo o maquinaria pertenecientes al Gobierno Provincial de Azuay hasta la entrega del mismo con las correcciones necesarias para su pronta operación.

En el proceso se define todas las actividades que involucran el mantenimiento correctivo de la flota vehicular y maquinaria en el área de talleres del Gobierno provincial del Azuay, además de documentar y optimizar las actividades desplegadas en el procedimiento correctivo a fin de agilizar su pronta entrega con la eficacia requerida.

A continuación se describe el procedimiento de acuerdo a las actividades realizadas, una breve descripción de las mismas y el responsable en ejecutar.

Tabla 4.3

Procedimiento para el mantenimiento correctivo en los talleres.

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTO
1	Identifica el fallo en el vehículo	Identifica y traslada el vehículo al patio taller para el reporte del daño.	Custodio	
2	Recepta y realiza reporte de daños	Identifica los daños del vehículo o maquinaria	Técnico de Talleres	
3	Prelaciona la orden en función de las unidades en intervención	Define la urgencia de la puesta en operación del vehículo o maquinaria sea en talleres o frente de trabajo.	Responsable Técnico de talleres	
4	Define si e mantenimiento se lo cumple en talleres o en el frente de trabajo	<p>Analiza el daño, el lugar geográfico donde se encuentra y el tipo de vehículo o maquinaria al cual se debe realizar el mantenimiento</p> <p>Talleres: Si el daño se resuelve en talleres continua con el punto 5</p> <p>Frente de Trabajo: Si el daño es en frente de trabajo continua el punto 34</p>	Responsable Técnico de talleres	

Continúa en las siguientes páginas.

5	El Trabajo a realizar es Urgente	<p>Urgente: Si el trabajo a ejecutar es urgente se continua con el punto 6</p> <p>No Urgente: Si el trabajo a ejecutar no es urgente se continua con el punto 8</p>		
6	Entra en lista de espera	El responsable considera que el vehículo averiado puede esperar por su arreglo	Responsable Técnico de talleres	
7	Se programa Mantenimiento	Se programa el mantenimiento del vehículo en espera de acuerdo a las prioridades identificadas	Responsable Técnico de talleres	
8	Recepta reporte de daños y designa Técnico Mecánico	Se designa al mecánico más apropiado de acuerdo a la necesidad de mantenimiento	Técnico de Talleres	
9	Inspección y reporte de bienes o servicios requeridos	Se realiza un análisis del daño identificado y se reporta los bienes o servicios a utilizar.	Mecánico de turno	
10	Verifica y valida los bienes solicitados	Realiza la verificación y validación de los bienes a utilizar en el mantenimiento.	Técnico de Talleres	
11	Recepta reporte de fallo, genera orden de trabajo	<p>Recepta las necesidades y analiza si se trata de un bien o servicios., genera la orden de trabajo de acuerdo a lo identificado</p> <p>Externo: Si el reporte solicita de servicios externos continua con el punto 12</p> <p>Directo: Si el reporte solicita servicios directos en talleres continua con el punto 16</p> <p>Bienes: Si el reporte solicita bienes para el mantenimiento se continua con el punto 20</p>	Responsable Técnico de talleres	Orden de trabajo
12	Al tratarse de servicios externos	Si el daño requiere de servicios externos para su arreglo se aplica el Procedimiento de Compras Públicas para subsanar el daño reportado	Responsable Técnico de talleres	Procedimiento de Compras Públicas

13	Elabora informe de aceptación	Se receipta el servicio externo y se elabora el informe de aceptación.	Técnico de Talleres	Informe de aceptación del servicio
14	Cierra orden de trabajo	Con el trabajo recibido y aprobado se procede al cierre de la orden de trabajo	Técnico de talleres	
15	Receipta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo a su custodio en óptimas condiciones	Custodio	
16	Provisión de servicios directo	Si el daño requiere de los servicios directos de talleres se aplica el protocolo de mantenimiento correctivo	Mecánico de Turno	
17	Revisa y valida el trabajo realizado	Realiza inspección y receipta el trabajo realizado	Técnico de Talleres	
18	Cierra orden de trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de Talleres	
19	Receipta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación.	Custodio	
20	Genera requerimiento de bodega	Se elabora el requerimiento con los bienes necesarios para el mantenimiento	Responsable Técnico de talleres	
21	Receipta solicitud de repuestos	Receipta la solicitud de repuestos y procede según proceda Existe: Si el bien se existe en inventario continua con el punto 22 No existe: Si el bien no existe en inventario se continua con el punto 27	Bodega	Requerimiento de bodega
22	Se despacha el bien solicitado	Se verifica el stock en bodega y se despacha el bien solicitado aplicando el procedimiento de egreso de bodega	Bodega	Procedimiento de Egreso de Bodega
23	Se ejecuta el Mantenimiento solicitado	El técnico o técnicos designados ejecutan el protocolo de mantenimiento correctivo	Mecánico de Turno	Protocolo de Mantenimiento Correctivo

24	Revisa y valida el trabajo realizado	Realiza inspección y recepta el trabajo realizado	Técnico de talleres	
25	Cierra orden de trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de talleres	
26	Recepta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación.	Custodio	
27	Se ejecuta el procedimiento de compras públicas	Al no existir el bien en el inventario de bodega se procede a la ejecución del procedimiento de compras públicas para su adquisición	Responsable Técnico de talleres	Procedimiento de compras públicas
28	Se adquiere el bien solicitado	Una vez que el bien es entregado a bodega se ejecuta el Procedimiento de Ingreso a Bodega	Bodega	Procedimiento de Ingreso a Bodega
29	Bodega procede con la entrega del bien adquirido	Con el solicitud de requerimiento bodega ejecuta el Procedimiento de Egreso de Bodega	Bodega	Procedimiento de Egreso de Bodega
30	Se ejecuta el Mantenimiento solicitado	El técnico o técnicos designados ejecutan el protocolo de mantenimiento correctivo	Mecánico de Turno	Protocolo de Mantenimiento Correctivo
31	Revisa y valida el trabajo realizado	Realiza inspección y recepta el trabajo realizado	Técnico de talleres	
32	Cierra orden de trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de talleres	
33	Recepta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación.	Custodio	
34	Designa al personal técnico para el mantenimiento correctivo	Se Identifica el frente de trabajo donde se realizara el mantenimiento correctivo y se designa al personal técnico idóneo para el desarrollo del mantenimiento.	Responsable Técnico de talleres	
35	Moviliza recursos para mantenimiento reportado	Mediante el taller móvil se traslada el personal técnico, equipos, herramientas y bienes	Personal Técnico	

		necesarios para la atención y ejecución de mantenimiento		
36	Determina bienes o servicios requeridos	Ya en el lugar se identifica y determina el daño suscitado	Personal Técnico	
37	Se determina si es posible el mantenimiento con los recursos que tiene	Es posible: Si es posible el arreglo con los recursos se continúa con el punto 38 . No es posible: Si no es posible el arreglo con los recursos se continúa con el punto 10	Personal Técnico	
38	Se ejecuta el Mantenimiento solicitado	El técnico o técnicos designados ejecutan el protocolo de mantenimiento correctivo	Personal Técnico	
39	Cierra orden de trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de Talleres	
40	Recepta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación.	Custodio	

Nota: La Tabla presenta a detalle el procedimiento para un mantenimiento correctivo, la mayoría de los procedimientos son de manera física con formatos establecidos para cada uno de ellos, además como se indica existe el responsable, pero no un control de a quien le llega la orden y en que tiempo se despacha.

Se estableció una lista maestra de documentos para el manejo del proceso, la misma que se encuentra en una etapa inicial en una primera versión con una codificación:

- GPA** Gobierno Provincial del Azuay
- APO** Apoyo
- GT** Gestión de Talleres
- 01** Número de la versión
- 02** ———
- 01-03** Número de documentos

Tabla 4.4

Lista maestra de documentos para el mantenimiento correctivo.

NOMBRE DE DOCUMENTO	CODIGO	VERSIÓN	VIGENCIA
Orden de trabajo	GPA-APO-GT-01-02-01	1.0	Hasta nueva versión
Informe de aceptación de servicios	GPA-APO-GT-01-02-02	1.0	Hasta nueva versión
Requerimiento de bodega	GPA-APO-GT-01-02-03	1.0	Hasta nueva versión

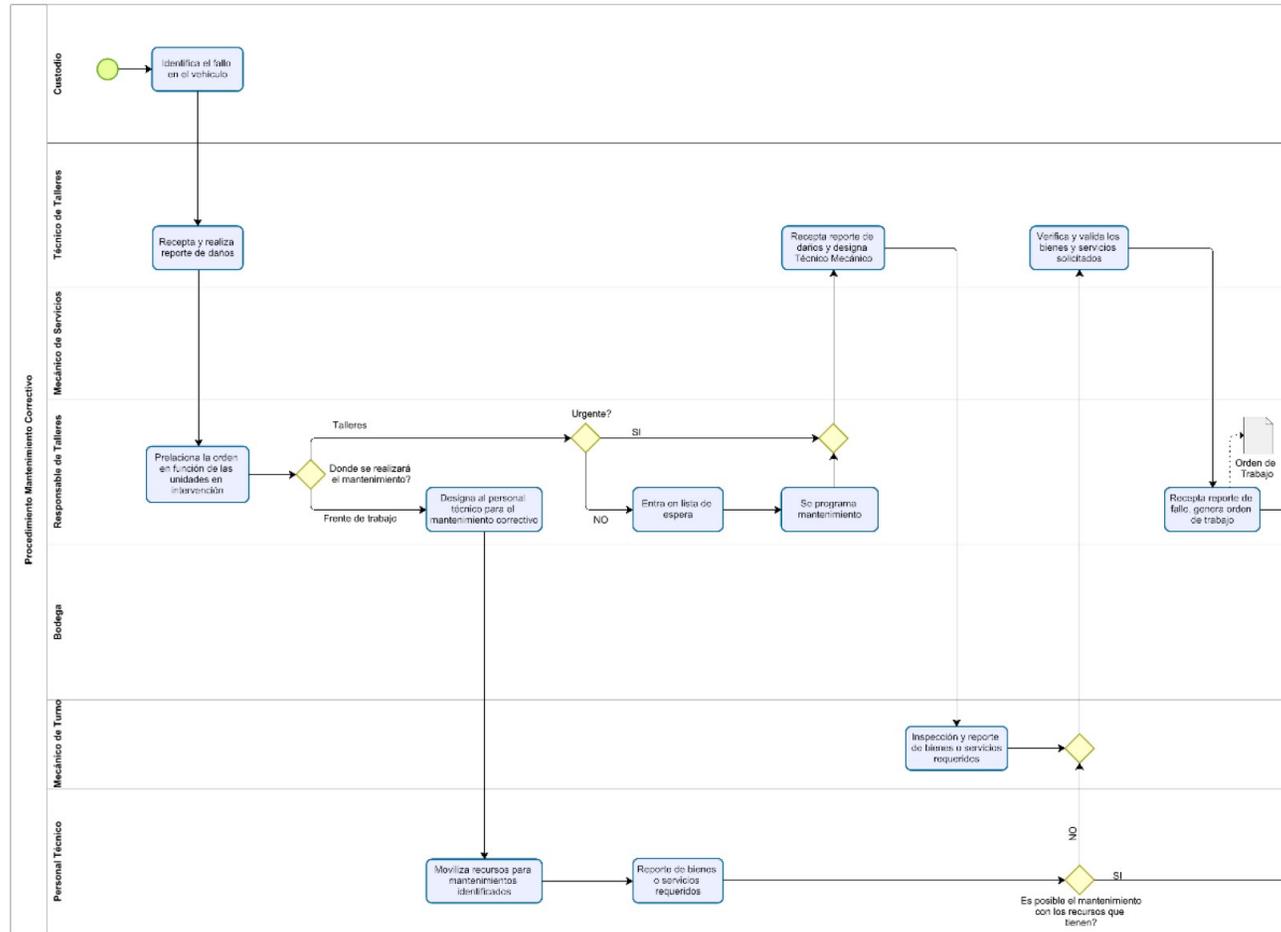
Nota: La Tabla indica la lista de documentos utilizados dentro del mantenimiento correctivo en la gestión de talleres, los mismos que se encuentran vigentes en su primera versión hasta una nueva revisión por parte de los funcionarios de turno.

La Figura 4.4 presenta el flujo del proceso o procedimiento del mantenimiento correctivo dentro de los talleres del Gobierno Provincial del Azuay, empezando desde la identificación del fallo por parte del custodio, que dentro del organigrama esta función le corresponde al conductor del vehículo, hasta la recepción por parte del custodio, quien verifica la ausencia del fallo; es importante considerar que el diagrama no considera los niveles de mando para las autorizaciones en adquisición de bienes y servicios externos, proceso de compras públicas y contratación, así como el procedimiento de ingreso a bodega porque son parte de otra área de la institución.

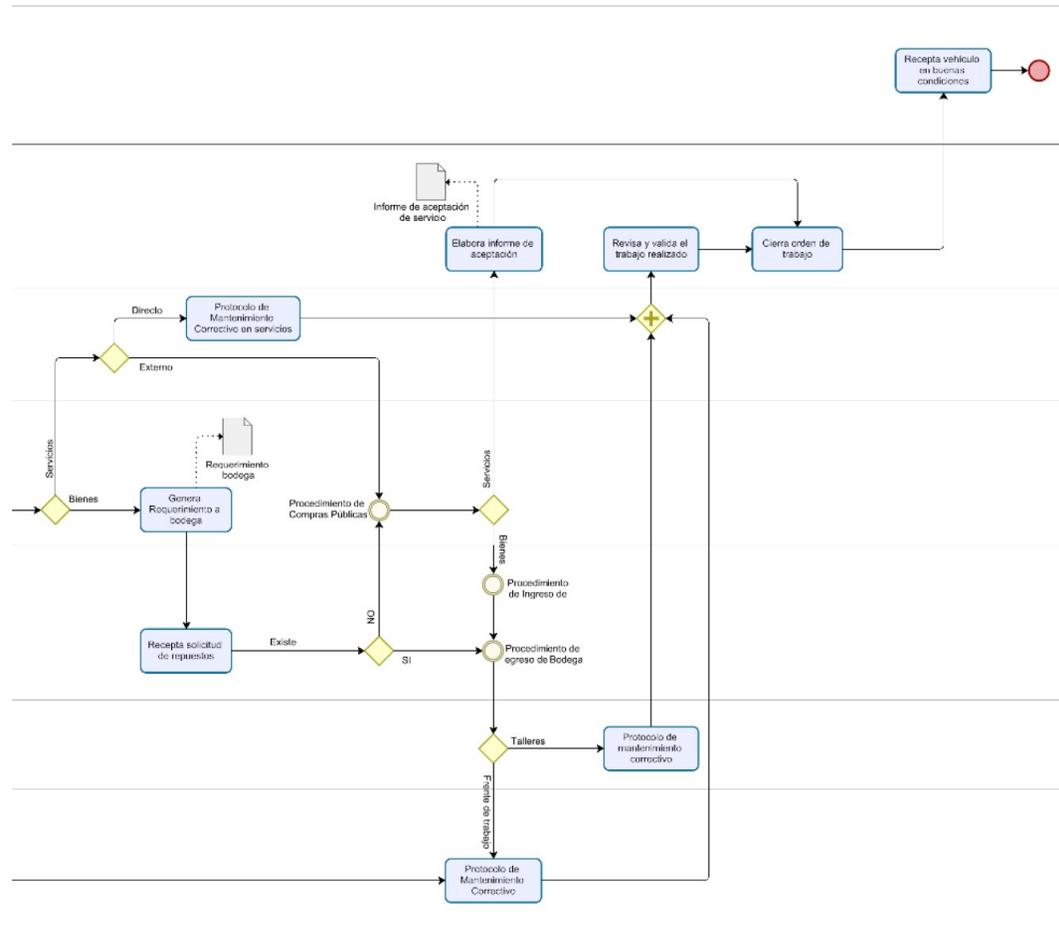
De igual manera, existe una planificación de acuerdo a las normativas del estatuto orgánico de procesos, reglamento interno de las y los servidores públicos y el reglamento interno de trabajo para los obreros, para el mantenimiento de los vehículos y la maquinaria pesada del Gobierno Provincial del Azuay hasta la entrega oportuna de los mismos a sus custodios para la puesta en operación con un correcto funcionamiento; dentro de su planificación se tiene como objetivos definir todas las actividades que involucren al mantenimiento preventivo en el área de talleres, documentar todo lo relacionado con el proceso operativo y optimizar las actividades desplegadas en el procedimiento preventivo a fin de agilizar su pronta entrega de la flota vehicular y maquinaria para su operación en campo, la Tabla 4.6 presenta el procedimiento del mantenimiento preventivo.

Figura 4.4

Flujo de proceso para un mantenimiento correctivo.



Continúa en la siguiente página.



Nota: La Figura presenta el flujo del proceso de mantenimiento correctivo en los talleres del Gobierno Provincial del Azuay para vehículos livianos y pesados.

La Tabla 4.5 presenta la lista de documentos utilizados para la gestión mantenimiento preventivo en los talleres del Gobierno Provincial del Azuay.

Tabla 4.5

Lista maestra de documentos para el mantenimiento preventivo.

NOMBRE DE DOCUMENTO	CODIGO	VERSIÓN	VIGENCIA
Planificación semanal	GPA-APO-GT-01-01-01	1.0	Hasta nueva versión
Orden de trabajo	GPA-APO-GT-01-01-02	1.0	Hasta nueva versión
Informe de aceptación de servicios	GPA-APO-GT-01-01-03	1.0	Hasta nueva versión
Requerimiento de bodega	GPA-APO-GT-01-01-04	1.0	Hasta nueva versión

Nota: En la Tabla se presenta la lista maestra de documentos que se manejan en el mantenimiento preventivo dentro la gestión de talleres, los mismos que se encuentran vigentes en su primera versión hasta una nueva revisión por parte de los funcionarios de turno.

Todos los documentos utilizados para el mantenimiento correctivo y preventivo son de responsabilidad directa de la alta dirección, como se expone a continuación de acuerdo a los procedimientos de mantenimiento correctivo y preventivo expresado en los documentos GPA-APO-GT-01-01 - mantenimiento preventivo y GPA-APO-GT-01-02 - mantenimiento correctivo.

- Es responsabilidad del director la ágil articulación entre las diferentes áreas y actividades relacionadas para la oportuna entrega de la flota vehicular y maquinaria en mantenimiento preventivo.
- Es responsabilidad de la dirección, la sostenibilidad del procedimiento implementado, reportando oportunamente las actualizaciones necesarias.
- Es responsabilidad de Secretaría de Administración la actualización de los procedimientos, tomando en cuenta la normativa legal vigente y los recursos

dispuestos.

- Es responsabilidad de la máxima autoridad la aprobación de los procesos / documentos a ser implementados y/o actualizados de acuerdo a las atribuciones y responsabilidades definidas en el Estatuto Orgánico Funcional vigente (COOTAD, Art. 50, Literal o). (Pág.3)

La Tabla 4.6 presenta el procedimiento del mantenimiento preventivo en los talleres del Gobierno provincial del Azuay.

Tabla 4.6

Procedimiento para el mantenimiento preventivo en los talleres.

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTO
1	Realiza planificación semanal de mantenimientos	Mediante reunión se realiza la planificación semanal de los vehículos y maquinaria para mantenimiento preventivo	Director de Talleres	Planificación semanal
2	Donde se realiza el mantenimiento	Talleres: Si el mantenimiento preventivo se ejecuta en los talleres se continua con el punto 3 Frente de Trabajo: Si el mantenimiento preventivo se ejecuta en frentes de trabajo continúa con el punto 29	Director de Talleres	
3	Traslada el vehículo para el mantenimiento	De acuerdo a la planificación el custodio lleva el vehículo o maquinaria para el respectivo mantenimiento	Custodio	
4	Designa Mecánico	En función del mantenimiento programado se designa al Mecánico	Técnico de Talleres	

Continúa en las siguientes páginas.

5	Inspecciona y reporta bienes o servicios requeridos	Se realiza la inspección para solicitar los insumos necesarios para realizar el mantenimiento	Mecánico de Turno	
6	Recepta y valida inspección realizada	Recepta los bienes o servicios necesarios para el mantenimiento y los valida	Técnico de Talleres	
7	Genera orden de trabajo	Con los bienes o servicios identificados se genera la orden de trabajo respectiva	Responsable Técnico de talleres	Orden de Trabajo
8	Se identifica si para el mantenimiento requerido se requiere de bienes o servicios	<p>Servicios: Si para la ejecución del mantenimiento se requiere de servicios se continua con el punto 9</p> <p>Bienes: Si para la ejecución del mantenimiento se requiere de bienes se continua con el punto 18</p>		
9	Se identifica si los servicios requeridos son directos o externos	<p>Externos: Si los servicios requeridos son externos se continua con el punto 10</p> <p>Directos: Si los servicios requeridos son directos por talleres se continua con el punto 14</p>		
10	En servicios externos se ejecuta el procedimiento de Mantenimiento Correctivo	Para la adquisición de un servicio externo se ejecuta el procedimiento de Mantenimiento Correctivo ya que dentro del mismo se ejecuta el procedimiento de compras públicas, necesario para la contratación de servicios externos.	Responsable Técnico de talleres	Procedimiento de Mantenimiento Correctivo
11	Elabora informe de aceptación de servicio	Una vez que se ha procedido con la ejecución del mantenimiento correctivo y el servicio externo se recepta el servicio solicitado y elabora informe de aceptación	Técnico de Talleres	Informe de aceptación de servicio
12	Cierra orden de trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de talleres	

13	Recepta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación.	Custodio	
14	En servicios directos se aplica el protocolo de Mantenimiento Preventivo	Para la ejecución directa del servicio por parte de talleres se aplica el protocolo de Mantenimiento Preventivo	Mecánico de servicios	
15	Revisa y valida el trabajo realizado	Realiza la inspección y valida el trabajo realizado en el vehículo o maquinaria	Técnico de Talleres	
16	Cierra orden de Trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de Talleres	
17	Recepta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación.	Custodio	
18	Genera requerimiento de Bodega	Si para la ejecución del mantenimiento se requiere de bienes estos son solicitados a bodega mediante un requerimiento	Responsable Técnico de talleres	Requerimiento de bodega
19	Recepta solicitud de repuestos	Existe: Si el bien solicitado existe en el inventario de bodega continúa con el punto 20 No existe: Si el bien solicitado no existe en el inventario de bodega continua el punto 25	Bodega	
20	Si el bien solicitado se encuentra en inventario de bodega se despacha	Si el bien solicitado en el requerimiento existe se ejecuta el procedimiento de Egreso de Bodega y se entrega el bien	Bodega	Procedimiento de Egreso de Bodega
21	Se ejecuta el mantenimiento preventivo programado	Con los bienes necesarios se ejecuta el Mantenimiento preventivo para los vehículos o maquinaria programada	Mecánico de Turno	Protocolo de Mantenimiento Preventivo
22	Revisa y valida el trabajo realizado	Realiza la inspección y valida el trabajo realizado en el vehículo o maquinaria	Técnico de Talleres	

23	Cierra la orden de trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de Talleres	
24	Recepta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación.	Custodio	
25	Si el bien solicitado no se encuentra en inventario de bodega se ejecuta el procedimiento de mantenimiento correctivo	Si el bien solicitado en el requerimiento no existe se ejecuta el Procedimiento de Mantenimiento Correctivo para su adquisición mediante el Procedimiento de Compras Públicas que es parte de este procedimiento	Responsable Técnico de talleres	Procedimiento de Mantenimiento Correctivo
26	Revisa y valida el trabajo realizado	Realiza la inspección y valida el trabajo realizado en el vehículo o maquinaria	Técnico de Talleres	
27	Cierra la orden de trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de Talleres	
28	Recepta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación.	Custodio	
29	Designa al personal técnico para el mantenimiento preventivo	Identifica el frente de trabajo donde se realizara el mantenimiento preventivo y se designa al personal técnico idóneo para el desarrollo del mantenimiento.	Responsable Técnico de talleres	
30	Define y reporta bienes y/o servicios requeridos	Se define los bienes y/o servicios necesarios para ejecutar el mantenimiento preventivo en el frente Desarrollo: Ejecuta el procedimiento de mantenimiento preventivo desde el punto 5 hasta el punto 19	Personal Técnico	
31	Moviliza recursos para mantenimiento programado	Mediante el taller móvil se traslada el personal técnico, equipos, herramientas y bienes necesarios para la atención y ejecución de mantenimiento	Personal Técnico	

32	Ejecuta el protocolo de mantenimiento preventivo programado	Con los bienes necesarios se ejecuta el Mantenimiento preventivo para los vehículos o maquinaria programada	Personal Técnico	Protocolo de Mantenimiento Preventivo
33	Cierra la orden de trabajo	Con la revisión y validación realizada se cierra la orden de trabajo	Técnico de Talleres	
34	Recepta vehículo en buenas condiciones	Se entrega el vehículo o maquinaria a su custodio para operación	Custodio	

Nota: La Tabla presenta a detalle el procedimiento para un mantenimiento preventivo, la mayoría de los procedimientos son de manera física con formatos establecidos para cada uno de ellos, además como se indica existe el responsable, pero no un control de a quien le llega la orden y en que tiempo se despacha.

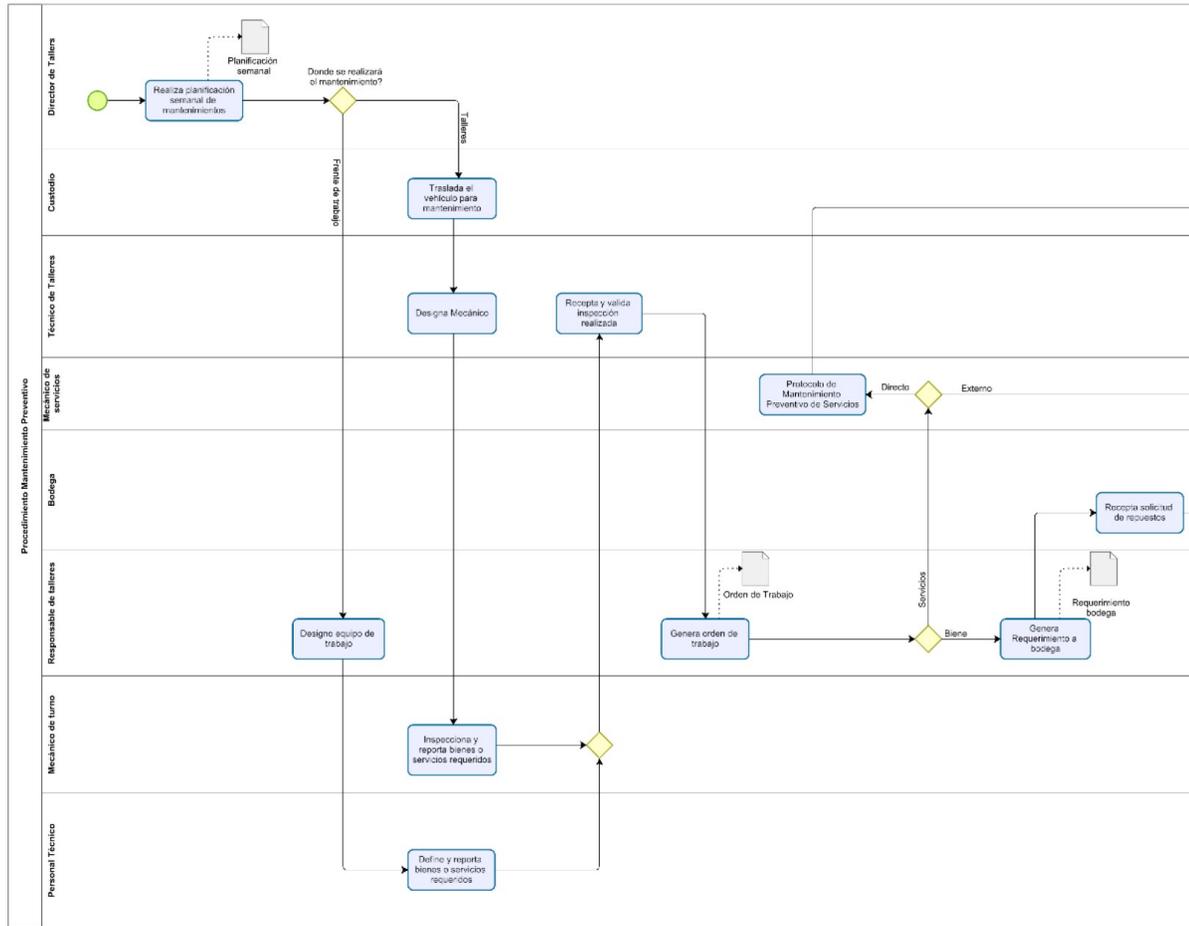
La Figura 4.4 presenta el flujo del proceso o procedimiento de mantenimiento correctivo dentro de los talleres del Gobierno Provincial del Azuay, empezando por la planificación semanal de los mantenimientos, que dentro del organigrama institucional esta función le corresponde al Director de Talleres y fue detallado en una sección anterior, hasta la recepción del vehículo liviano o pesado en buenas condiciones por parte del custodio o conductor, quien verifica la ausencia del fallo y el buen funcionamiento.

Es importante considerar que el diagrama no considera, al igual que el mantenimiento correctivo, los niveles de mando para las autorizaciones en adquisición de bienes y servicios externos, proceso de compras públicas y contratación, así como el procedimiento de ingreso a bodega. Todos los documentos o registros son de forma física, igual que la comunicación y traslado de documentos.

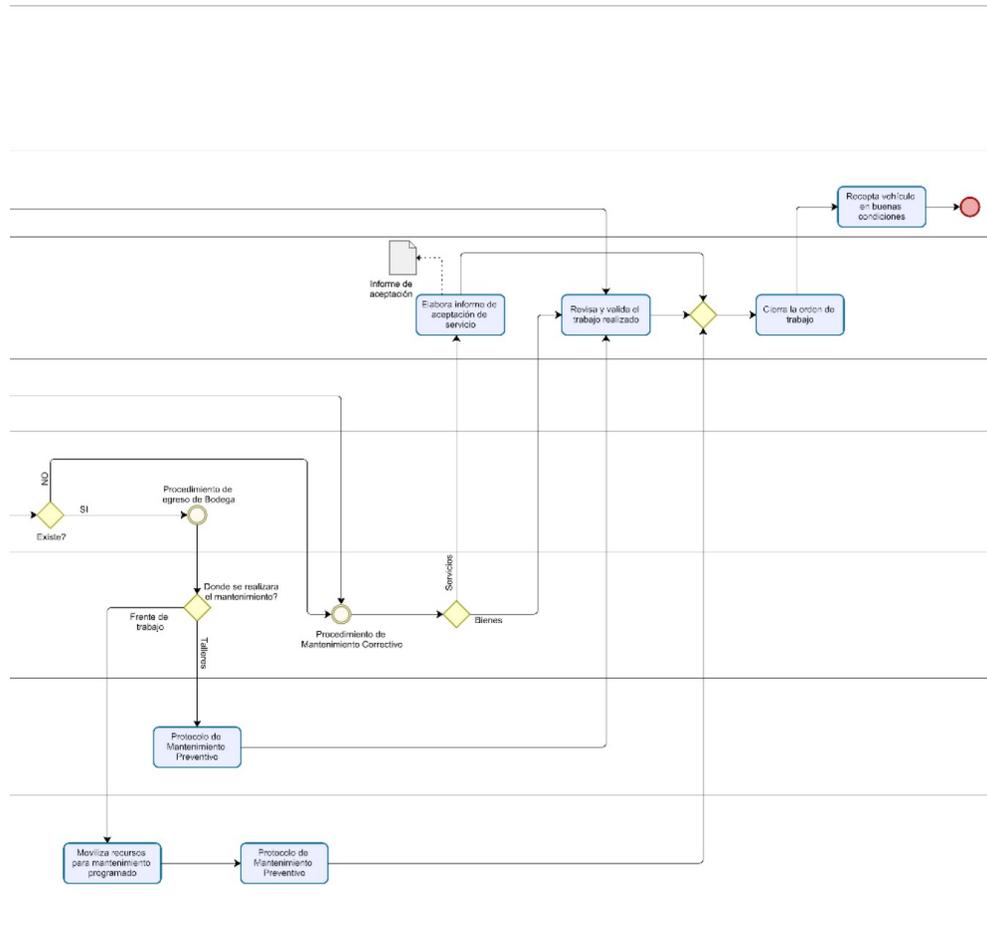
A continuación, la Figura 4.5 presenta el flujo del proceso de mantenimiento preventivo para vehículos livianos y pesados, que actualmente se maneja en los talleres del Gobierno Provincial del Azuay y que está aprobado por la alta dirección.

Figura 4.5

Flujo de proceso para un mantenimiento preventivo.



Continúa en la siguiente página.



Nota: La Figura presenta el flujo del proceso de mantenimiento preventivo en los talleres del Gobierno Provincial del Azuay para vehículos livianos y pesados.

Para priorizar los mantenimientos a realizar, debido a varios factores como: falta de personal, presupuesto, equipos, repuestos, insumos, entre otros, se aplica un Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF), como lo indica la Tabla 4.7.

Tabla 4.7

Matriz AMEF.

Proceso/ Componente	Modo de Falla	Efecto de Falla	Causas de Falla	Severidad (S) ¹	Ocurrencia (O) ²	Detección (D) ³	RPN *
Proceso A	Falla eléctrica en el equipo	Paro de la máquina (Tractor 1)	Sobrecarga eléctrica, desgaste de componentes	8	4	6	192
Componente B	Desgaste por fricción	Pérdida de eficiencia del motor	Falta de lubricación, uso prolongado	6	3	7	126

¹ La severidad (S) indica la gravedad del efecto de la falla en términos de su impacto en el proceso o en el producto final

² La ocurrencia (O) representa la probabilidad de que ocurra la falla

³ La detección (D) indica la capacidad de detectar la falla antes de que cause un efecto negativo

* El índice de Riesgo de Priorización de Riesgos (RPN, por sus siglas en inglés) se calcula multiplicando los valores de severidad, ocurrencia y detección

Nota: La Tabla presenta un ejemplo que identifican diferentes procesos o componentes en la columna "Proceso/Componente". Para cada uno de ellos, se enumeran los modos de falla posibles, los efectos de esas fallas, las causas subyacentes, así como las estimaciones de severidad, ocurrencia y detección.

El RPN se utiliza para priorizar las acciones de mitigación y corrección, centrándose en aquellos modos de falla con los RPN más altos. La matriz de AMEF como lo indica, Atlassian (2024) es una herramienta útil para identificar y priorizar los riesgos potenciales en un proceso o sistema, permitiendo al Gobierno Provincial del Azuay tomar medidas preventivas y de mejora para evitar o mitigar posibles fallas; sin embargo, a la herramienta se debe complementar una gestión que permita la automatización del proceso y los resultados se vean reflejados en otros indicadores o índices de clase mundial como:

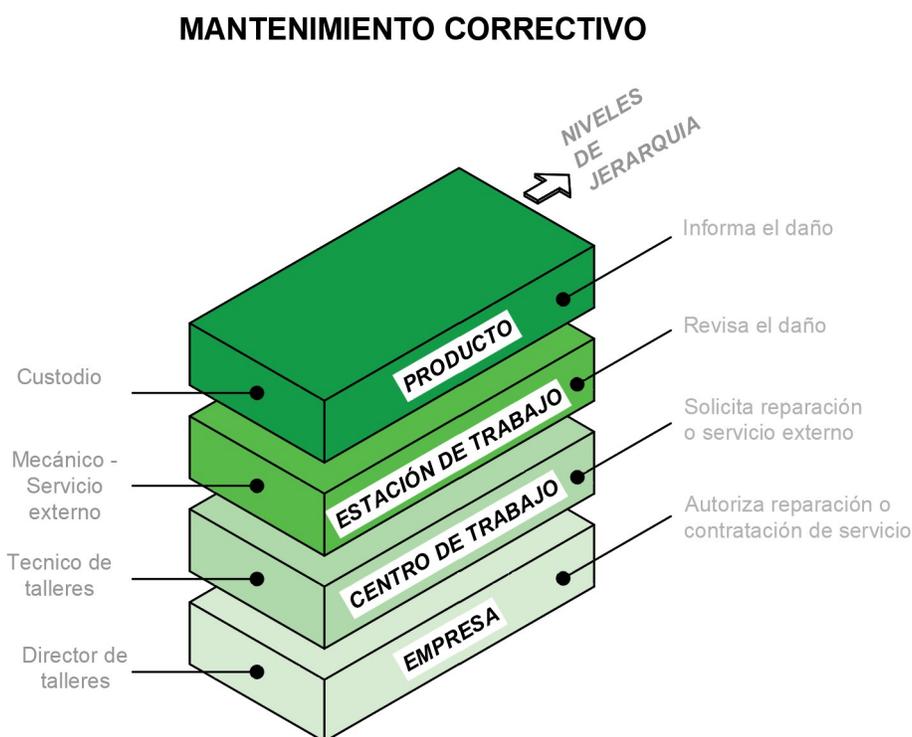
- TMEF Tiempo Medio Entre Fallas
- TMPR Tiempo Medio Para Reparación
- TMPF Tiempo medio Para la Falla
- DISP Disponibilidad de Equipos
- VMFT Costo de Mantenimiento por Facturación
- CMRP Costo de Mantenimiento por el valor de Reposición. (Atlassian, 2024)

4.2.2.3. Niveles de jerarquía actuales en los talleres del Gobierno Provincial

Para la arquitectura 4.0 en los talleres, se estableció los niveles actuales de los canales de comunicación y manejo de la información de forma general con la finalidad de establecer como se encuentra su cadena de valor, es decir, como se encuentran conectadas las personas, objetos y los diferentes sistemas para solventar los requerimientos de mantenimiento.

Figura 4.6

Niveles de jerarquía actual para el reporte de un mantenimiento correctivo.



Nota: En la Figura se observa los niveles de jerarquía actual para un reporte de daño, considerando un mantenimiento correctivo enfocado directamente en el producto, que en el caso de estudio se refiere al mantenimiento de un vehículo o maquinaria pesada. Los niveles están establecidos de acuerdo al proceso levantado y presentado en la Figura 4.4, junto con las funciones que desempeñan cada uno de ellos y presentado en la Tabla 4.5. Adaptado de: Sarango (2022); Traimak (2022).

Se determinó que no existe un proceso automatizado porque existe una intervención manual del custodio, mecánico, técnico y director, en generar los informes, revisar daños, solicitar reparación y generar autorizaciones al no disponer de dispositivos y sistemas tecnológicos

para realizar estas tareas de manera autónoma. Es importante mencionar que algunas áreas sí cuentan con sistemas informáticos para levantar y procesar información, pero no existe conexión entre ellas.

La estructura está presentada con un esquema RAMI 4.0 (Reference Architectural Model Industry 4.0) que como lo indican el Tecnológico de Monterrey (2023a) al igual que Chen, Annebicque, Philippot, y Alexandre (2023), permite “la disponibilidad de toda la información relevante en tiempo real a través de la conexión en red de todas las instancias involucradas en la creación de valor” (Pág.4), además los niveles de jerarquía que están establecidos con base en IEC 62264 (Integración del sistema de control empresarial IEC 622264) que une el ciclo de vida del producto al proceso industrial y a la cadena de valor en un mapa de tres dimensiones dividido en diferentes capas, en el caso de estudio se relacionan las 4 capas teóricas propuestas con la realidad de los talleres como se observa en la Figura 4.18:

- **Empresa o institución**

Es considerado como el máximo nivel jerárquico dentro de los talleres para la toma de decisiones administrativas que inciden directamente en los otros niveles, su canal de comunicación es el tradicional a través de informes, proformas o autorizaciones de un nivel superior de estado físico (manejo de documentos físicos), donde las decisiones se toman en algunas ocasiones de manera directa y otras con un análisis de datos de trabajos de mantenimiento anteriores o con las recomendaciones propias del proveedor del equipo.

- **Centro de trabajo**

Es el nivel intermedio jerárquico entre el personal operativo y el directivo, que verifica la información del mantenimiento establecida por el personal operativo para ser presupuestada y planificada.

- **Estación de trabajo**

Es el nivel jerárquico de trabajo intermedio entre el producto (solicitud de mantenimiento) y el centro de trabajo, donde se especifica el daño y se analiza si se lo realiza o se contrata un servicio externo, su canal de comunicación sigue siendo el físico tanto para los informes y órdenes de trabajo que recibe.

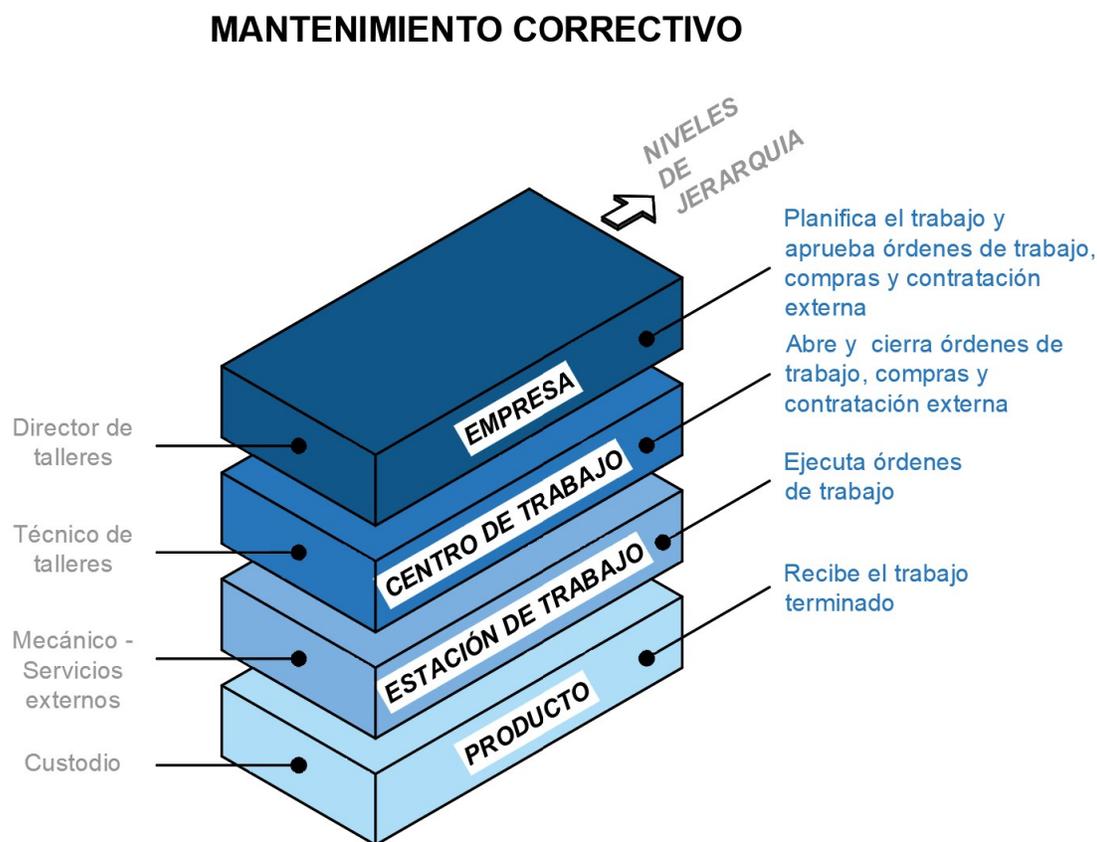
- **Producto**

Es el nivel jerárquico donde se detecta el daño y se lo informa con un canal de comunicación físico al nivel de estación de trabajo.

La Figura 4.6 presenta el nivel jerárquico de la organización de los talleres del Gobierno Provincial para un mantenimiento correctivo, donde el primer nivel para el canal de comunicación es el del producto hacia el nivel de empresa o institución, posteriormente la Figura 4.18 presenta el canal de comunicación desde el nivel de empresa hacia el producto para generar las órdenes de trabajo.

Figura 4.7

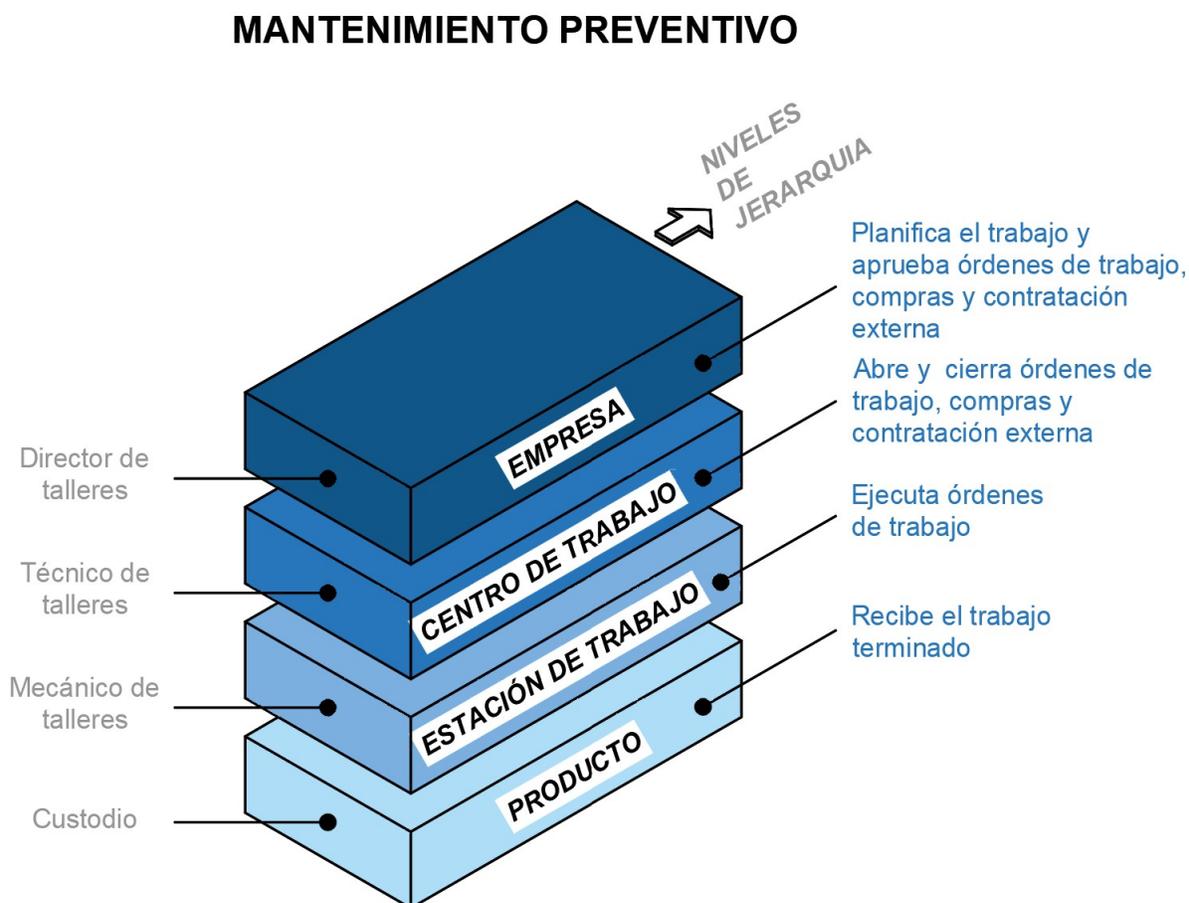
Niveles de jerarquía actual para órdenes de un mantenimiento correctivo.



Nota: La Figura presenta los niveles de automatización propuestos para el Gobierno Provincial del Azual, donde en cada estación se conoce y genera información en forma de planificaciones y órdenes entre las diferentes áreas, con la ayuda de dispositivos y sistemas informáticos basados en los pilares de la industria 4.0 a implementarse en diferentes etapas y fases. Adaptado de: Sarango (2022); Traimak (2022).

Figura 4.8

Niveles de jerarquía actual para órdenes de un mantenimiento preventivo.



Nota: La Figura presenta los niveles de automatización propuestos para el Gobierno Provincial del Azual, donde en cada estación se conoce y genera información en forma de planificaciones y órdenes entre las diferentes áreas, con la ayuda de dispositivos y sistemas informáticos basados en los pilares de la industria 4.0 a implementarse en diferentes etapas y fases. Adaptado de: Sarango (2022); Traimak (2022).

4.2.2.4. Propuesta del proceso de mantenimiento para los talleres del Gobierno Provincial

Para el Gobierno Provincial se propone un mantenimiento de carácter preventivo de la maquinaria pesada, donde se planteó prácticas esenciales o básicas que garantizan el rendimiento óptimo y prolongan la vida útil, consiste en una serie de tareas planificadas y periódicas que

se realizan antes de que ocurran problemas o fallas, a continuación, se presenta un resumen de las principales etapas propuestas para el mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada:

- Programación:** Se establece un programa de mantenimiento preventivo que define las fechas y frecuencias de las actividades de mantenimiento. Esto se basa en las recomendaciones del fabricante y en las condiciones de operación del equipo.

Se establece un Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo como se indica en la Tabla 4.9, en una primera etapa, con un sistema de control manual, que posteriormente alimentará a un sistema en línea de red cerrada o abierta.

Tabla 4.8

Programa maestro de mantenimiento preventivo.

PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
Cod. Manten	Nombre Equipo/Componente	IM	HRM	Sector	Per	SEMANAS					
						1	2	3	4	..	52
										..	
										..	
										..	
										..	
										..	

Nota: La Tabla indica en su primera columna el código de mantenimiento del equipo seguido del nombre, el código de instrucción de mantenimiento (IM), horas de mantenimiento (HRM), órgano responsable del mantenimiento (Sector) y la periodicidad que ocurre el mismo (Per).

El programa está diseñado con estos mapas para una programación anual de 52 semanas, pudiéndose el mismo alargar por más tiempo.

- Inspección visual:** Se realiza una inspección visual detallada de la maquinaria pesada para identificar signos de desgaste, daños o componentes sueltos. Esto incluye verificar el estado de las correas, mangueras, cables, conexiones, filtros, niveles y otros elementos clave de la maquinaria pesada.

Tabla 4.9

Mapa de inspección.

MAPA DE INSPECCIÓN												
Función	Falla funcional	Modo de Falla (Causa de Falla)	Efecto inicial de la Falla (Que ocurre cuando falla)	Consecuencia (Que ocurre cuando falla)	Per	SEMANAS						
						1	2	3	4	..	52	
											..	
											..	
											..	
											..	
											..	

Nota: La Tabla indica en su primera columna la función que desempeña el sistema o el elemento, la segunda columna explica que trabajo deja de realizar el sistema o elemento, la tercera especifica la falla, la cuarta columna indica el efecto inicial, la penúltima columna indica la consecuencia de la falla y finalmente la última columna muestra la periodicidad que ocurre la falla (Per).

De acuerdo a los mapas planteados, se pueden aplicar diferentes tipos de filosofías del mantenimiento para el tratamiento de las posibles fallas y acciones preventivas que se puedan desarrollar en función del tiempo o de su periodicidad. A continuación, la Tabla 4.9 indica un ejemplo de aplicación a una falla con un mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) aplicando la normativa SAE J1011/12.

Para la gestión del mantenimiento preventivo en el Gobierno Provincial, como lo indica, Fracttal (2023) se generó instrucciones diseñadas para ayudar a operar y mantener los equipos, y cualquier otro activo físico en condiciones óptimas de funcionamiento. En él se describen las medidas proactivas que deben adoptarse para garantizar que todos los sistemas operativos sigan funcionando en todo momento. Todos los instructivos alimentarán con información a los diferentes mapas operativos que a su vez brindan la información al plan maestro de mantenimiento, que a su vez es también alimentado por todos los planes de mantenimiento existentes de ciertos sistemas de la maquinaria pesada que comúnmente suelen incluir pasos detallados para el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo, las pruebas e inspecciones y las situaciones de emergencia. En los Anexos C, D y E se observan las hojas técnicas como órdenes de trabajo existentes que alimentarán al plan maestro de mantenimiento preventivo.

Tabla 4.10

Plantilla de registro basada en la metodología establecida en el estándar SAE J1011/12.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) <small>NOTA: Esta plantilla esta basada en la metodología establecida en el estándar SAE J1011/12</small>																					
Unidad de Producción:		Taller del Gobierno Provincial		Sub-Sistema:		Tanque del sistema Hidráulico		N° Docum.:													
Planta:		Tractor Komatsu		Emisor:		Prensa		Revisión:													
Sistema:		Hidráulico		Modo Operación:		Continua		Fecha:													
Recopilado por:		Operador I		Revisado por:																	
Análisis de Modos y Efectos de Falla AMEF (5 Primeras Preguntas del MCC)							Tareas de Mantenimiento (2 Últimas Preguntas del MCC)														
Función	Falla Funcional	Modo de Falla (Causa de la Falla)	Efecto Inicial de la Falla (Que ocurre cuando Falla)	Efecto Final de la Falla o Consecuencia (Que ocurre cuando Falla)	Frecuen.	Páron	Severidad	Tipo de consecuencia					Tipo de Tareas		Descripción de las Tareas Propuestas	Frecuencia	Ejecutor	Cantidad de Ejecutivos	Hora/ Hombre	Equipo Operando	
								Oculto	Seguridad	Ambiente	Operacional	No Operacional	Clase de Consecuencia (RPN)	Clase de Consecuencia (RPN)							Clase de Consecuencia (RPN)
Sistema de Aceite Lubricante: Suministrar el aceite lubricante con la presión y temperatura de operación a los cojinetes, accesorios, medios de control y arranque de la turbina; sin contaminantes y sin permitir fugas al exterior.	A) No suministra el aceite lubricante a la presión requerida.	1) Taponamiento de los filtros.	1) Alta presión diferencial del filtro aceite lubricante	1) Se activa protección por alto diferencial de presión de aceite, se para la turbina.											Monitorear presión diferencial del sistema de lubricación.	7D	Oper.	1	1x1	Si	
		2) Bomba principal no opera u opera deficiente.	2) No levanta la presión requerida por el sistema.	2) Se activa alarma por baja presión de aceite, se para la turbina.												Reemplazar aceite y filtros lubricantes	2A	Mec.	1	2x4	Si
		3) Bomba de prepost no opera u opera deficiente.	3) No da permiso de arranque por baja presión de aceite.	3) No arranca la turbina.												Monitorear tendencia de la presión de aceite lubricante.	7D	Pred.		1x1	
		4) Motor eléctrico bomba prepost lubricación dañado u opera	4) No da permiso de arranque por baja presión de aceite.	4) No arranca la turbina.												Revisar y/o realizar pruebas funcionales.	1A	Mec.		4x2	
		5) Presión alta en el tanque de almacenamiento de aceite lubricante.	5) No da permiso de arranque por alta presión en tanque de almacenamiento de aceite.	5) No arranca la turbina.												Mejar y/o probar aislamiento del motor.	1A	Elec.		4x2	
		6) Transmisor de presión diferencial no opera.	6) Cesa la comunicación entre el UPC y el sensor.	6) Se para la turbina por activarse las protecciones en el sistema de control.												Revisar nivel y presión en tanque de almacenamiento aceite lubricante.	1D	Oper.		1x1	
		7) Transmisor de nivel de aceite en tanque de almacenamiento no opera.	7) Cesa la comunicación entre el UPC y el sensor.	7) Se para la turbina por activarse las protecciones en el sistema de control.												Revisar, calibrar y/o reemplazar el transmisor.	1A	Inst.		2x2	
														Revisar, calibrar y/o reemplazar el transmisor.	1A	Inst.		2x2			

Nota: La Tabla presenta como ejemplo, los modos y efectos de falla por lo que se para una turbina, que relaciona con las actividades o tareas de mantenimiento junto con otros conceptos.

- Lubricación:** Se lubrican los puntos de engrase según las especificaciones del fabricante. Esto asegura que las piezas móviles se mantengan adecuadamente lubricadas y reduzcan la fricción y el desgaste.

Para un mantenimiento preventivo sistemático en periodos iguales de tiempo, o de recorrido en función de la maquinaria pesada, se estableció un mapa de lubricación, como se indica en la Tabla 4.11.

Al final de cada semana o más, los diferentes encargados deben registrar los formularios para el control de la programación de manera física y comunicar a los diferentes niveles de jerarquía para que generen las órdenes de adquisición de lubricantes, si fuese el caso,

- Cambio de fluidos:** Se realiza el cambio de aceite y filtros de acuerdo con los intervalos recomendados. Esto ayuda a mantener la calidad del aceite y a eliminar los contaminantes que pueden dañar los componentes internos de la maquinaria, se registra en el mapa de ajustes.

Tabla 4.11

Mapa de lubricación.

MAPA DE LUBRICACIÓN											
Parte del equipo	Tipo de lubricante	Código	Cantidad de lubricante	N° de puntos	Per	SEMANAS					
						1	2	3	4	..	52
										..	
										..	
										..	
										..	
										..	

Nota: La Tabla indica el mapa de lubricación propuesto, considerando que las semanas pueden cambiar con respecto al recorrido del vehículo o a las horas de funcionamiento que esta definido por diferentes números de códigos, la última columna registra la periodicidad de la lubricación.

- **Ajustes y calibraciones:** Se verifican y ajustan los componentes y sistemas según las especificaciones del fabricante. Esto incluye la verificación y calibración de frenos, sistemas hidráulicos, sistema de dirección, sistema eléctrico, entre otros.
- **Limpieza:** Se lleva a cabo una limpieza exhaustiva de la maquinaria pesada para eliminar la suciedad, el polvo y otros residuos. Esto ayuda a prevenir la acumulación de corrosión y mejora el rendimiento de los componentes, se registra en el mapa de ajustes.
- **Registro y documentación:** Se registra y documenta todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo las fechas, los trabajos realizados y las observaciones relevantes. Estos registros son importantes para dar seguimiento al mantenimiento realizado y para programar futuras intervenciones.

El mantenimiento preventivo de maquinaria pesada propuesto es esencial para minimizar los tiempos de inactividad no planificados causados por falta de disposición de la misma por presentar averías, reducir los costos de reparación, y maximizar la productividad; al seguir un programa de mantenimiento propuesto, se pueden evitar problemas costosos y prolongar la vida útil de la maquinaria pesada, es importante establecer que para el caso de estudio se tomaron las recomendaciones específicas del fabricante y se adaptaron al programa de mantenimiento ya implementado en los talleres de acuerdo a las directrices de las diferentes jefaturas políticas que han pasado a lo largo de los años.

Tabla 4.12

Mapa de ajustes.

MAPA DE AJUSTES											
Cambio de fluidos	Ajustes y calibraciones	Limpieza	Sistema	Código	Per	SEMANAS					
						1	2	3	4	..	52
										..	
										..	
										..	
										..	
										..	

Nota: La Tabla indica el mapa de ajustes, donde se registra en la primera columna el cambio de fluido realizado junto con el código que especifica en sus siglas las características del mismo y la última columna indica la periodicidad con la que se realiza el cambio, de igual manera los ajustes y calibraciones que se realicen a los diferentes sistemas de la maquinaria y la limpieza a detalle que se especifica en un código que se da a los mismos.

4.2.2.5. Propuesta de Niveles de jerarquía para los talleres del Gobierno Provincial

Para los niveles de jerarquía y lograr una comprensión común, la industria 4.0 define una arquitectura de referencia conocida como RAMI 4.0, por sus siglas en inglés: Reference Architectural Model Industry 4.0, que une el ciclo de vida del producto, el proceso industrial y la cadena de valor en un mapa de tres dimensiones dividido por diferentes capas que establecen los niveles de jerarquía que son fundamentales para los canales de comunicación ascendente y descendente, además los niveles crean la base para la ciberseguridad que es uno de los pilares fundamentales y asegura que la información llegue al nivel idóneo y se pueda tomar las decisiones oportunas a tiempo real (Tenea, 2021).

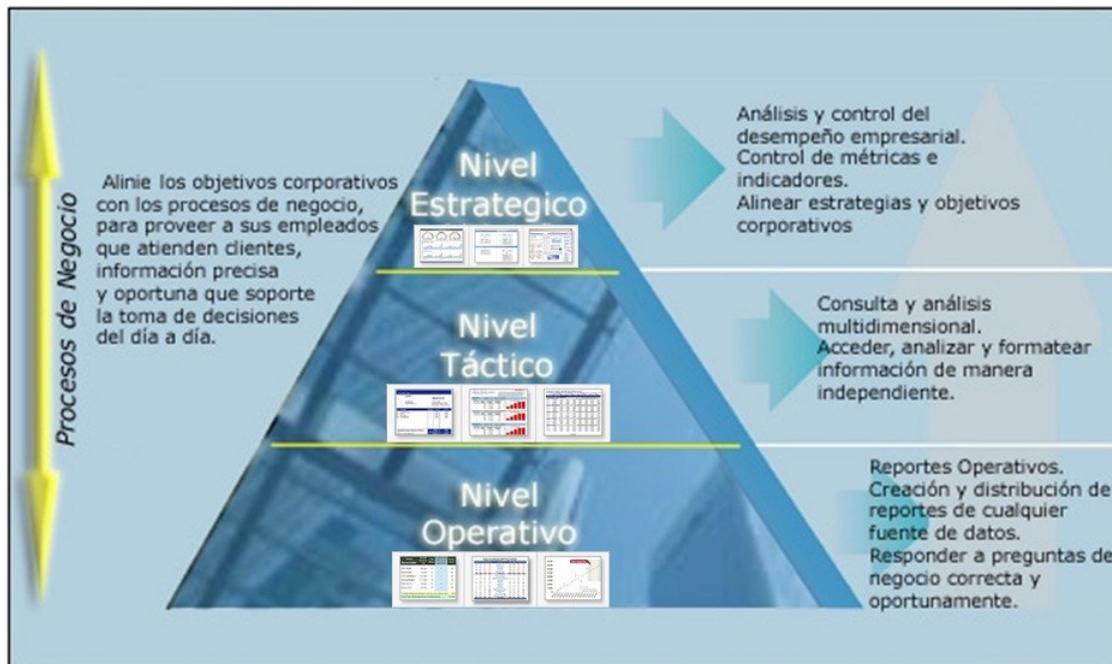
De acuerdo al organigrama del Gobierno Provincial del Azuay se plantearon los siguientes niveles jerárquicos para la automatización de los procesos:

- **Operativo:** En este nivel la comunicación es en dos vías, de manera ascendente desde la observación de la falla hasta la generación de la orden trabajo o de la contratación de servicios desde la dirección, posterior a esto se generan las órdenes operativas dentro de las estaciones de trabajo o los talleres. Dentro de este nivel se generan subniveles de jerarquía que realizan funciones diferentes e independientes y que cada una ocupa un canal de comunicación diferente con los demás niveles y que se observa en la Figura 4.8.

- Subnivel: Custodio
 - Subnivel: Mecánico de talleres
- **Táctico:** Realiza las planificaciones de mantenimiento y las adquisiciones de los fungibles, solicita la aprobación en niveles superiores y emite órdenes de trabajo al nivel inferior, dentro de los niveles establecidos en la Figura 4.8 corresponde al centro de trabajo con los técnicos de talleres.
 - **Directivo o estratégico:** El director de talleres, aprueba las adquisiciones presentadas por el Táctico y las contrataciones externas de servicio de mantenimiento y solicita autorización a niveles superiores fuera de la sección de acuerdo a las planificaciones operacionales anuales.

Figura 4.9

Niveles de jerarquía propuestos para la implementación de una Industria 4.0.



Nota: La Figura presenta los tres niveles de jerarquía propuestos para la gestión del mantenimiento (proceso) donde cada uno de los niveles toman decisiones independientes pero correlacionadas entre ellas (Felipe Dattwyler, 2023).

4.2.2.6. Implementación de los pilares de la industria 4.0 en los talleres del Gobierno Provincial.

De acuerdo a la disponibilidad existente, se plantea trabajar en un inicio con los siguientes pilares de la industria 4.0 que se analizan a continuación en diferentes etapas y fases, para posteriormente involucrar a los restantes en forma planificada y de acuerdo a los presupuestos designados por parte de la dirección general.

Big Data

El big data, aplicado al mantenimiento preventivo de maquinaria pesada del gobierno provincial, se refiere al uso de técnicas de recopilación, almacenamiento y análisis de grandes volúmenes de datos generados por sus equipos y sistemas con la finalidad de mantener la eficiencia del proceso de mantenimiento. En este contexto, las fuentes de datos están almacenadas de forma física y en digital en algunos casos, donde las fuentes de datos son las siguientes:

- Inventarios de bodegas
- Órdenes de trabajo
- Órdenes de compra
- Informes de daño
- Mapas de programación
- Hojas técnicas de la maquinaria
- Registro del personal

En los Anexos se pueden evidenciar diferentes informes de donde se desprende información para el manejo de la Data que alimenta a los pilares establecidos y el análisis para la validación del modelo.

Ciberseguridad

La ciberseguridad es un término que se puede aplicar en varios contextos y se lo debe de implementar en diferentes fases en cada uno de los niveles jerárquicos establecidos y de acuerdo a la capacidad instalada como se indica en las Tablas 4.13 y 4.14.

Tabla 4.13

Fases de implementación de la ciberseguridad de acuerdo a los niveles de jerarquía.

		CIBERSEGURIDAD			
		Red	Software	Usuario	Equipo
NIVEL	Directivo	...	...	...	Fase 1
	Táctico	...	...	Fase 1	...
	Operativo	...	Fase 1	...	...

Nota: La Tabla indica la ciberseguridad en cuatro ejes, donde todo nivel jerarquico tiene una red, software que contempla un plan maestro, un usuario de destino que puede ser individual o grupal y un equipo que genera datos y hay que protegerlo para no exista una manipulación.

Tabla 4.14

Fases de implementación de la ciberseguridad de acuerdo a los niveles de jerarquía.

Fase 1	La primera fase consiste en evaluar los riesgos y las necesidades específicas de seguridad de la organización. Esto implica identificar los activos críticos, evaluar las amenazas potenciales y comprender los requisitos de seguridad y cumplimiento normativo.
Fase 2	En esta fase, se diseña la arquitectura del sistema de ciberseguridad. Esto implica determinar los controles de seguridad necesarios, como firewalls, sistemas de detección de intrusiones, sistemas de prevención de intrusiones, antivirus, cifrado, entre otros.
Fase 3	Selección de soluciones de seguridad: Una vez que se ha diseñado la arquitectura de seguridad, se procede a seleccionar las soluciones y herramientas de seguridad adecuadas. Esto implica investigar y evaluar diferentes proveedores y productos de seguridad, teniendo en cuenta los requisitos y presupuestos específicos de la organización.
Fase 4	En esta fase, se desarrolla la implementación real de las soluciones de seguridad seleccionadas. Esto implica instalar y configurar los componentes del sistema de ciberseguridad, como firewalls, sistemas de detección de intrusiones, antivirus, etc. Además, se definen las políticas de seguridad y se establecen los procedimientos para la gestión y monitorización del sistema.

Nota: La Tabla presenta la descripción de las fases de implementación de los cuatro aspectos considerados en la ciberseguridad, para la propuesta no se considera como fase las pruebas y validación, capacitación y concienciación y la actualización de software y equipos.

Para la implementación de un sistema de ciberseguridad efectivo requiere un enfoque integral y continuo. Además, es recomendable contar con la asistencia de expertos en seguridad cibernética para garantizar una implementación sólida y adaptada a las necesidades específicas del Gobierno provincial del Azuay.

Cloud computing

Almacenar la información en la nube ofrece una serie de beneficios, pero requiere seguir ciertas fases claves para garantizar la seguridad y éxito del proceso, a continuación la Tabla 4.15 presenta las fases propuestas para el almacenaje de la información que disponga el Gobierno Provincial con respecto al mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada.

Es importante considerar que la migración a la nube es un proceso continuo y debe adaptarse a las necesidades cambiantes del Gobierno Provincial debido a que la participación de los funcionarios que son designados a nivel directivo no siempre siguen las mismas iniciativas de sus antecesores, por lo que es necesario generar una política de manejo de datos en la nube que garantice la implementación de la filosofía 4.0 y alcance los objetivos planteados. Además, es recomendable contar con la asistencia de expertos en la nube y en seguridad de la información para garantizar una implementación exitosa y segura.

Internet de las Cosas

El Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) aplicado al mantenimiento de maquinaria pesada del Gobierno Provincial del Azuay, se refiere a la integración de sensores, dispositivos y sistemas de comunicación en los equipos camineros para recopilar y analizar datos en tiempo real, este enfoque permitirá monitorear el rendimiento y el estado de las mismas de manera remota, lo que brinda ventajas significativas en términos de eficiencia, seguridad y reducción de costos. Los sensores pueden instalarse en diferentes componentes de la maquinaria para medir variables como la temperatura, la vibración, la presión o el consumo de combustible, estos datos se recopilan y se transmiten por la red, lo que permite realizar un seguimiento continuo del estado de la maquinaria.

El análisis de los datos recopilados en tiempo real permite detectar patrones y anomalías en el rendimiento para identificar posibles problemas antes de que ocurran fallas, reparaciones o reemplazos de componentes antes de que se produzcan y el problema sea más grave, reduciendo el tiempo de inactividad de los equipos y los costos asociados, facilitando una gestión remota que permite un mantenimiento más efectivo

Tabla 4.15

Fases de implementación de cloud computing.

Fase 1	Evaluación de requisitos y selección del proveedor: En esta fase, se evalúan los requisitos específicos de almacenamiento y gestión de datos de la organización. Se deben considerar aspectos como el tamaño de los datos, los requisitos de seguridad, el presupuesto y las necesidades de acceso y disponibilidad. Luego, se selecciona un proveedor de servicios en la nube confiable que cumpla con esos requisitos.
Fase 2	Planificación y diseño de la arquitectura en la nube: En esta etapa, se diseña la arquitectura en la nube que se adaptará a las necesidades de la organización. Esto implica definir la estructura y la jerarquía de los datos, así como los servicios y herramientas que se utilizarán para gestionarlos. También se deben considerar aspectos de seguridad, como la encriptación de datos, los controles de acceso y las copias de seguridad.
Fase 3	Migración de datos: Una vez que se ha diseñado la arquitectura en la nube, se procede a la migración de los datos desde los sistemas locales o antiguos hacia la nube. Es importante planificar y ejecutar esta fase con cuidado para disminuir el tiempo inactivo y garantizar la integridad de los datos durante el proceso de transferencia.
Fase 4	Configuración y ajuste: Después de la migración, se realiza la configuración y el ajuste de los servicios en la nube según las necesidades de la organización. Esto puede incluir la configuración de permisos de acceso, la implementación de políticas de retención de datos, la optimización del rendimiento y la configuración de las copias de seguridad y la recuperación.
Fase 5	Implementación de medidas de seguridad: En esta fase, se establecen medidas de seguridad para la protección de los datos en la nube. Esto puede incluir la implementación de autenticación de dos factores, la encriptación de datos en reposo y en tránsito, la configuración de firewalls y la monitorización continua de la actividad de la nube. También es importante establecer políticas de seguridad claras y capacitar al personal sobre las mejores prácticas de seguridad en la nube.
Fase 6	Pruebas y verificación: Después de la implementación, se deben realizar pruebas exhaustivas para verificar la integridad y la disponibilidad de los datos en la nube. Esto implica realizar pruebas de recuperación de desastres, pruebas de continuidad del negocio y pruebas de seguridad para garantizar que los datos estén protegidos y se puedan restaurar según sea necesario.
Fase 7	Mantenimiento y monitoreo continuo: Una vez que la información está en la nube, es importante mantener un monitoreo y mantenimiento continuo del entorno. Esto implica realizar actualizaciones de software, aplicar parches de seguridad, realizar copias de seguridad regulares y monitorear la actividad del sistema para detectar y responder a posibles amenazas o problemas.

Nota: La Tabla presenta la descripción de las fases de implementación considerados para cargar, mantener y utilizar correctamente la información de la nube, para la propuesta no se considera como fase las pruebas y validación, capacitación y concienciación al igual que la actualización de software y equipos.

La implementación del Internet de las cosas (IoT) aplicado al mantenimiento de maquinaria pesada generalmente sigue varias fases, la Tabla 4.16 presenta una descripción general de las etapas involucradas planteadas en el proceso de mantenimiento .

Tabla 4.16

Fases de implementación del Internet de las Cosas (IoT).

Fase 1	Planificación y diseño: En esta fase inicial, se debe realizar un análisis detallado de las necesidades y objetivos de mantenimiento de la maquinaria pesada. Se identifican los equipos clave que se conectarán a través del IoT y se definen los parámetros y datos relevantes que se recopilarán. Se establecen los requisitos de conectividad, como la infraestructura de red necesaria y los protocolos de comunicación.
Fase 2	Selección de sensores y dispositivos: En esta fase, se eligen los sensores y dispositivos adecuados para recopilar los datos necesarios. Los sensores incluyen acelerómetros, sensores de presión, temperatura, contadores de horas de funcionamiento, entre otros. También se seleccionan los dispositivos de comunicación que permiten la transmisión de datos en tiempo real desde los sensores a los diferentes sistemas de análisis.
Fase 3	Implementación de infraestructura: En esta fase, se establece la infraestructura necesaria para admitir la conectividad y el intercambio de datos entre los sensores, los dispositivos IoT y los sistemas de análisis. Esto puede implicar la instalación y configuración de redes de comunicación, como redes inalámbricas o redes de área amplia (WAN). También se pueden requerir pasarelas o dispositivos de enlace para conectar los sensores a la red.
Fase 4	Integración y desarrollo de software: En esta etapa, se desarrolla el software necesario para recopilar, transmitir y analizar los datos del IoT. Esto puede implicar la creación de una plataforma de gestión de datos para almacenar y procesar los datos recopilados, así como la implementación de algoritmos de análisis y detección de anomalías. También se pueden desarrollar paneles de control o aplicaciones para visualizar los datos y facilitar la toma de decisiones.
Fase 5	Pruebas y validación: Una vez implementado el sistema, se llevan a cabo pruebas exhaustivas para verificar su funcionalidad y asegurar que los datos se recopilen y analicen correctamente. Se realizan pruebas de rendimiento, pruebas de integración y se validan los resultados obtenidos con respecto a los objetivos establecidos en la fase de planificación.
Fase 6	Implementación y despliegue: Después de las pruebas y validación exitosas, se procede a implementar el sistema IoT en toda la maquinaria pesada. Esto puede implicar la instalación de sensores, dispositivos y software en cada equipo identificado en la fase de planificación. Se capacita al personal responsable del mantenimiento para utilizar y aprovechar plenamente el sistema implementado.
Fase 7	Monitoreo y optimización continua: Una vez que el sistema IoT está en funcionamiento, es importante realizar un monitoreo continuo para asegurar su rendimiento óptimo. Se deben establecer métricas y KPIs (indicadores clave de rendimiento) para evaluar la eficacia del sistema y realizar ajustes y mejoras según sea necesario. El ciclo de mejora continua es esencial para maximizar los beneficios del IoT aplicado al mantenimiento de maquinaria pesada.

Nota: La Tabla presenta la descripción de las fases de implementación para el internet de las cosas, en la propuesta no se considera fases como la concienciación del uso de datos y la actualización de software y equipos.

Estas fases proporcionan una guía general para implementar el IoT en el mantenimiento de maquinaria pesada, pero es importante tener en cuenta que los detalles pueden variar

según las necesidades y requisitos específicos de cada organización o proyecto. Para los pilares propuestos en la implementación de una filosofía 4.0, se establecieron tres etapas para su implementación, siendo las mismas en orden de implementación

1. Registro y documentación de datos disponibles
2. Programación de software y hardware
3. Planificación de implementación

A continuación la Tabla 4.17 indica la etapa de implementación existente en cada uno de los pilares propuestos.

Tabla 4.17

Aplicación de los pilares de la Industria 4.0.

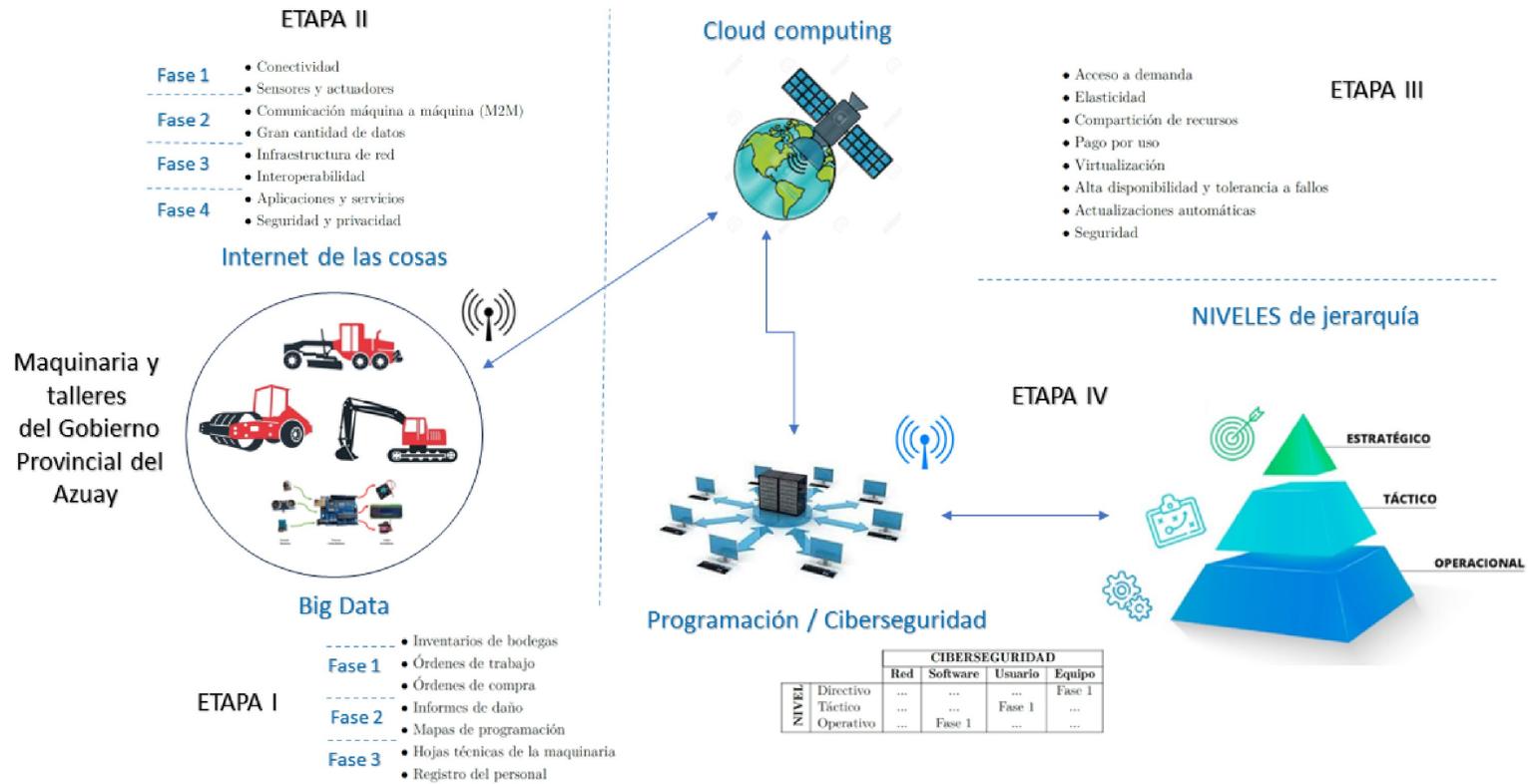
Máquina	Pilar de Gestión	Recursos	Etapa
.....	Big Data	Manual de la máquina	Planificación
		Historial de la máquina	Programación
		Informe Técnico	(*) Registro y documentación
.....	Ciberseguridad	Nivel jerárquico	Planificación
		Flujo del proceso	Programación
		Informe Técnico	(*) Registro y documentación
.....	Cloud computing	Clasificación de los datos	Planificación
		Cantidad de datos	Programación
		Informe Técnico	(*) Registro y documentación
.....	Internet de las cosas	Disponibilidad de datos	Planificación
		Sensores	Programación
		Informe Técnico	(*) Registro y documentación

Nota: En la Tabla se indica la etapa en la que se encuentran cada uno de los pilares propuestos para una primera implementación, se debe considerar que la información o el manejo de la data corresponde a muchos departamentos institucionales y en algunos de los casos son duplicados.

De acuerdo a los pilares a implementarse en diferentes etapas y cada una de ellas en diferentes fases, se propone en la Figura 4.10 el modelo de gestión de industria 4.0 para los talleres del Gobierno Provincial del Azuay.

Figura 4.10

Etapas del Modelo de Gestión de Industria 4.0 para los Talleres del Gobierno Provincial del Azuay.



Nota: La Figura presenta el las etapas del Modelo de Gestión en Industria 4.0 para el Gobierno provincial del Azuay. El estudio presenta una implementación basada en cuatro pilares fundamentales de la filosofía que serán implementados en diferentes etapas y cada una de llas en diferentes fases de acuerdo al presupuesto disponible y al Plan Operacional Anual (POA) de la Institución. De acuerdo al cumplimiento de las etapas de implementación con sus respectivas fases, se iran incorporando los demás pilares de la industria 4.0 como la realidad aumentada y la robótica.

4.2.3. Elaboración de una propuesta metodológica mediante un caso de estudio a nivel institucional para la validación del modelo de gestión 4.0 de los procesos críticos

El proceso de validación del modelo de gestión Industria 4.0 para los talleres del Gobierno Provincial del Azuay es crucial para asegurarse de que es confiable y preciso, basado en propuestas como las de Storch, Llamas, Saleté, Herrero, y Storch (2018) junto con las de Díaz y cols. (2019), que presentan una propuesta metodológica para la validación del modelo adaptado a un caso práctico de estudio de empresa o institución, donde se determina que el manejo de datos es un proceso crítico dentro de la organización. En este contexto primeramente se evaluará los procesos críticos relacionados con el mantenimiento para poder enfocarse en una propuesta de gestión Industria 4.0 en los más críticos de forma inductiva antes de aplicarse en otras áreas.

4.2.3.1. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para los procesos relacionados con el mantenimiento

A continuación se establecen los procesos relacionados con el mantenimiento en los talleres del Gobierno Provincial del Azuay, donde los mismos se presentan a continuación:

- Proceso de mantenimiento correctivo
- Proceso de mantenimiento preventivo
- de adquisiciones macro de insumos y repuestos
- Proceso de adquisiciones institucionales de otras direcciones relacionadas con temas técnicos
- Proceso de administración del talento humano de la dirección de talleres
- Proceso de planeación operativa y sus reformas periódicas
- Procesos de planeación estratégica
- Proceso de administración de espacios e infraestructura
- Proceso de planeación coordinada con direcciones operativas

Una vez establecidos los procesos, se procedió a formar el equipo de trabajo responsable de vigilar e implementar las acciones que permitan mejorar los procesos en riesgo, quedando conformado por el Jefe de mantenimiento, director del área de los talleres, jefe técnico y jefe operativo, quienes fueron los encargados de identificar las fallas y su alcance, dando un valor al nivel de severidad como se presenta a continuación en la Tabla 4.18:

Tabla 4.18

Nivel de severidad del proceso.

<i>Descripción</i>	<i>Nivel de severidad del proceso</i>
Pérdida de producción por falta de disponibilidad de equipos	10
Alto costo de producción relacionado con disponibilidad de equipos	9
Alto costo de producción relacionado con tiempos largos de mantenimiento	8

Nota: La Tabla presenta el valor asignado de nivel de severidad en función de costos de producción de acuerdo a la disponibilidad de equiporelacionadoc con el tiempo de mantenimiento.

Identificada las fallas del proceso se procede a establecer la ocurrencia de las mismas, que comúnmente es el motivo principal de los errores registrados, es decir, siempre se repiten los mismos errores durante el proceso y a veces con mayor frecuencia, donde para determinarlo se puede aplicar diferentes técnicas estadísticas desde el levantamiento de la información hasta el procesamiento para encontrar la frecuencia de falla.

A continuación, la Tabla 4.19 presenta el nivel de ocurrencia o frecuencia de la falla en un proceso de mantenimiento o relacionado con el mismo que se consideró para el caso de estudio en el Gobierno Provincial del Azuay.

Tabla 4.19

Nivel de ocurrencia de fallo en el proceso.

<i>Descripción</i>	<i>Nivel de ocurrencia o frecuencia de fallo del proceso</i>
Muy alta: Fallo casi inevitable del proceso	10
Alta: Fallos repetidos en el proceso	9
Moderada: Fallos ocasionales en el proceso	8
Baja: pocos fallos en el proceso	7
Remota: Fallos improbables en el proceso	6

Nota: La Tabla presenta el valor asignado de nivel de ocurrencia o frecuencia de fallo de los procesos relacionados al mantenimiento.

La Tabla 4.20 presenta el nivel de detección de la falla en el proceso o la probabilidad de que los controles propuestos en el proceso detecten el modo de falla, los controles pueden ser controles estadísticos, evaluaciones, gráficas, etc.

Tabla 4.20

Nivel de detección del fallo en el proceso.

<i>Descripción</i>	<i>Nivel de ocurrencia o frecuencia de fallo del proceso</i>
Muy alta: Difícil de establecer donde falla el proceso	10
Alta: Se orienta en donde se presenta el fallo dentro del proceso	9
Moderada: Es evidente establecer donde falla el proceso	8

Nota: La Tabla presenta el valor asignado de nivel de detección de fallo de los procesos relacionados al mantenimiento.

A continuación, la Tabla 4.21 presenta el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) aplicado a los procesos de mantenimiento del Gobierno Provincial del Azuay.

Tabla 4.21

Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para los procesos relacionados con el mantenimiento del Gobierno Provincial del Azuay.

PROCESOS		Mantenimiento de maquinaria del Gobierno provincial del Azuay			EQUIPO: Jefe de mantenimiento, director del área, jefe técnico y jefe operativo				
Descripción de la falla	Alcance de la falla	Severidad	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Responsable
Proceso de mantenimiento correctivo	Alto costo relacionado con el tiempo de mantenimiento y no cumplimiento por falta de disponibilidad del equipo	9	Falta de mantenimiento correctivo de avería imprevistas	9	No existe	10	810	Implementación de una herramienta operacional como Industria 4.0 enfocado en el manejo de datos y procesamiento de la información en tiempo real para toma de decisiones	Todo el personal técnico y administrativo de los talleres del Gobierno Provincial del Azuay
Proceso de mantenimiento correctivo	Alto costo relacionado con el tiempo de mantenimiento y no cumplimiento por falta de disponibilidad del equipo	9	Falta de mantenimiento preventivo de actividades planificadas	9	No existe	10	810	Implementación de una herramienta operacional como Industria 4.0 enfocado en el manejo de datos y procesamiento de la información en tiempo real para toma de decisiones	Todo el personal técnico y administrativo de los talleres del Gobierno Provincial del Azuay
Proceso de adquisiciones macro de insumos y respuestos	Falta de disponibilidad de equipos por adquisición de respuestos	9	No se adquiere insumos de los equipos	8	Monitoreo de las órdenes de compra de insumos	8	576	Generación, aprobación y solicitud de compra automático en un sistema informático cerrado	Departamento de compras del Gobierno provincial del Azuay
Proceso de adquisiciones institucionales de otras direcciones relacionadas a temas técnicos	Altos costos relacionados con servicios externos de mantenimiento	9	Contrataciones imprevistas de servicios externos	8	Monitoreo de las contrataciones externas	8	576	Generar la contratación externa de los mantenimientos apenas se generen en campo	Taller Mecánico, Gerencia y departamento de compras del Gobierno Provincial del Azuay
Proceso de administración del talento humano de la dirección de talleres	Alto costo por mano de obra directa e indirecta	9	Elevado personal técnico y administrativo en mantenimiento	8	Capacitación del personal técnico y administrativo	8	576	Generar ordenes de trabajo con el personal indicado	Taller mecánico, Gerencia y departamento de talento humano del Gobierno Provincial del Azuay
Proceso de planeación operativa y sus reformas periódicas	No cumplimiento de la planificación por falla en otros procesos	9	Demora en el tiempo de comunicación de reportes	8	Monitoreo de la planificación y seguimiento a la generación de informes	8	576	Monitorear el proceso en un sistema cerrado de manejo de datos	Gerencia y jefes departamentales del Gobierno Provincial
Procesos de planeación estratégica	No cumplimiento de la planificación	9	No existe información disponible y demora en la generación de informes	9	Seguimiento a la generación de informes de las diferentes áreas	8	648	Monitorear el proceso en un sistema cerrado de manejo de datos	Gerencia y jefes departamentales del Gobierno Provincial
Proceso de administración de espacios e infraestructura	No disponibilidad de espacios físicos	8	Elevada cantidad de equipos averiados	8	Seguimiento a la generación de informes de averías en los equipos	8	576	Monitorear el ingreso de equipos con ordenes de mantenimiento en el taller	Gerencia y jefes departamentales del Gobierno Provincial
Proceso de planeación coordinada con direcciones operativas	No cumplimiento de la planificación	9	Falta de comunicación oportuna para toma de decisiones	8	Monitoreo de los informes generales de área	8	576	Generar un sistema interno de generación de informes e información disponible en tiempo real	Gerencia y jefes departamentales del Gobierno Provincial

Nota: La Tabla presenta un análisis AMEF de los procesos del Gobierno Provincial del Azuay relacionados con el mantenimiento de la maquinaria pesada.

4.2.3.2. Definición de los objetivos de validación

Antes de comenzar, es importante establecer los objetivos específicos de la validación del modelo, donde es importante determinar ¿Qué aspectos del modelo validar?, y ¿Qué métricas de rendimiento son relevantes para el modelo?, en este contexto, la Tabla 4.22 presenta los principales pilares de la industria 4.0 a validar que en el caso de estudio son considerados como los aspectos principales, además la Tabla presenta las métricas consideradas más importantes.

Tabla 4.22

Aspectos del modelo de gestión a validar.

Pilar de Gestión	Aspectos
Big Data	Levantamiento de datos
Ciberseguridad	Protección de datos
Internet de las cosas	Transmisión de datos en tiempo real
Cloud computing	Almacenamiento de datos en la nube / procesamiento
Métricas	Tiempos
	Costos

Nota: En la Tabla se indica los aspectos principales que corresponden a los pilares fundamentales de la industria 4.0 y las métricas a considerar en el caso de estudio Komatsu.

Una vez establecidos los aspectos, el modelo de gestión plantea sus objetivos a conseguir, los mismos que deben ser medibles y cuantificables, en el caso de estudio se puede considerar:

- Disminuir el tiempo de mantenimiento de la maquinaria pesada del Gobierno Provincial del Azuay.
- Reducir los costos de mantenimiento por fallas no programadas.

Es necesario considerar que para cumplir con los objetivos se puede necesitar varias métricas de la misma variable de estudio (tiempos o costos) de acuerdo al proceso.

4.2.3.3. Recopilar datos de validación

Dentro de la propuesta metodológica, el obtener un conjunto de datos independientes para llevar a cabo la validación es fundamental para establecer una línea base de partida. Estos

datos deben ser representativos de la población para la cual se diseña el modelo, es decir, que represente en todos los equipos o máquinas pesadas la misma variable de análisis (tiempo, costo). La recolección de datos debe ser activa y precisa mediante el acceso a conjuntos de datos existentes en diferentes fuentes.

Para la recopilación de datos en el caso de estudio Komatsu Mitsui (2023) se ingresa la información directamente en su sistema informático en línea, como se observa en las Figuras 4.11 y 4.12, estos datos pueden variar dependiendo de la metodología específica que se esté utilizando y de acuerdo a la fortaleza del sistema, se puede cargar:

4.2.3.3.1. Información del equipo. Esto incluye detalles sobre los equipos o activos que serán objeto de mantenimiento, como su número de serie, ubicación física, características técnicas, fecha de instalación, historial de mantenimiento previo, etc.

4.2.3.3.2. Programa de mantenimiento. Se debe cargar información sobre el tipo de mantenimiento que se realizará en cada equipo, incluyendo la periodicidad (por ejemplo, mantenimiento preventivo trimestral), las tareas específicas a realizar, las herramientas y materiales necesarios, y cualquier procedimiento o instrucción relevante.

4.2.3.3.3. Manuales y documentación técnica. Es importante cargar manuales de equipos, diagramas, esquemas eléctricos, listas de repuestos, instrucciones de operación, guías de solución de problemas y cualquier otra documentación técnica relacionada con los equipos en cuestión.

Figura 4.11

Ingreso de datos de la máquina.

The screenshot shows a software interface for entering machine data. At the top, there is a header with a machine icon and three columns: 'Modelo-Tipo' (D65EX-16, Komatsu), 'N° De Serie' (83415), and 'SMR' (2636.6 H, 09/28/2023). Below this, there is a location and date field: 'Via sin nombre, Ecuador 09/29/2023 01:40:00'. A row of settings follows, including 'Bloqueo De La Máquina', 'Bloqueo Nocturno', 'Bloqueo Del Calendario', 'Fijar Desbloqueo', 'Modo De Ahorro De Ali...', 'Última fecha de comuni...', and 'vuelco de GPS'. A navigation bar at the bottom of the header contains 'Estado De Las Máquinas', 'Mantenimiento Periódico (Sustituir)', 'Resumen trabajo', and 'Datos máquina' (highlighted in blue). The main form area is titled 'Trabaja A Máquina La Información' and contains the following fields:

Fecha De Entrega	03/30/2021
Lugar de trabajo	
Nombre operador 1	
Nombre operador 2	
Nombre operador 3	
Persona a cargo del mantenimiento	
Observaciones	
Texto Libre	
nueva/usada	New Machine
Día de entrega máquina usada	
Número de gestión del cliente	
N° de máquina cliente	
Diferencia Temporal	-05:00
DB a cargo	
Nombre / Nombre(Inglés)	Diteca / Diteca
Distribuidor de asistencia	
Nombre / Nombre(Inglés)	
Observacione	
Observacione	

Nota: La Figura presenta la pantalla de dialogo para el ingreso de los datos de la maquinaria pesada. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

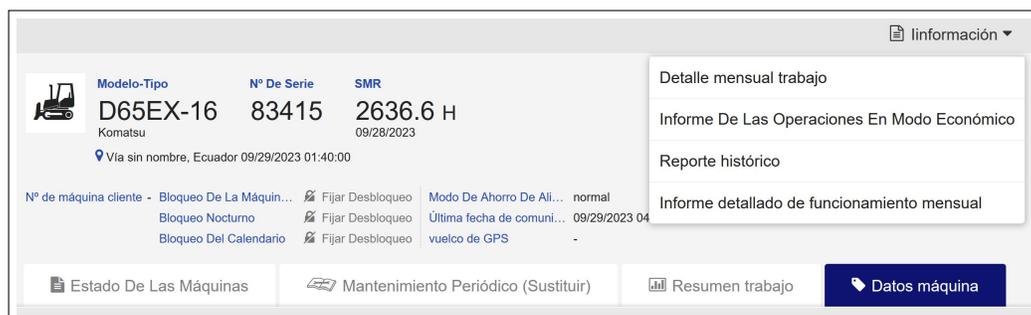
4.2.3.3.4. Registro de incidentes y averías. Se deben cargar datos sobre cualquier incidente, avería o problema que haya ocurrido en el pasado, incluyendo la fecha, descripción del problema, acciones tomadas y resultados obtenidos. Esto ayudará a identificar patrones y tomar medidas preventivas adecuadas.

4.2.3.3.5. Planificación de recursos. Si la metodología de mantenimiento incluye la asignación de recursos como personal, herramientas, repuestos, etc., es importante cargar información sobre la disponibilidad de estos recursos y su programación para asegurar que estén disponibles

cuando se necesiten.

Figura 4.12

Información de la maquina.



Nota: La Figura presenta la pestaña de información de la maquina analizada. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

4.2.3.3.6. Indicadores de rendimiento Se deben cargar datos relacionados con el rendimiento de los equipos y el mantenimiento realizado, como la duración del tiempo de inactividad, tiempo promedio entre fallas, tiempo promedio de reparación, costos asociados, cumplimiento de los objetivos de mantenimiento, entre otros.

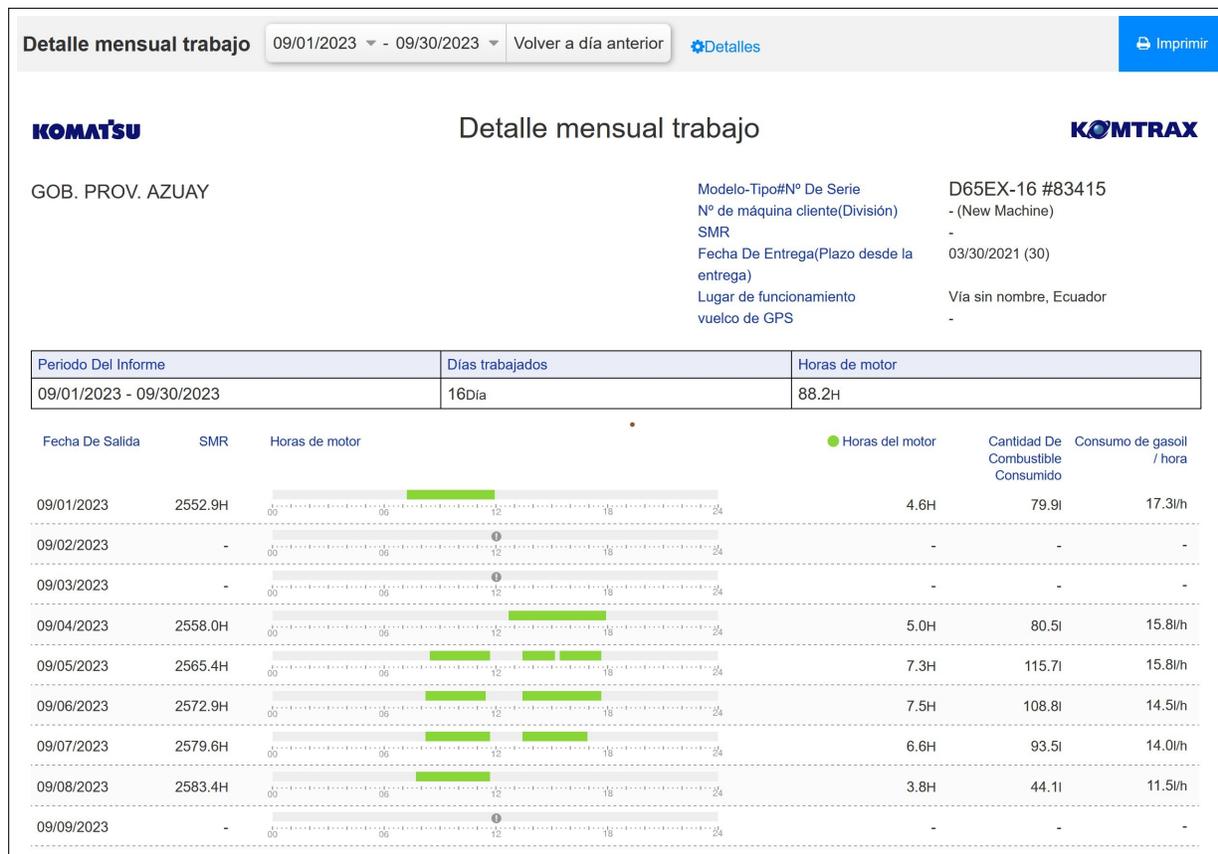
Es importante tener presente que para el caso de estudio y la metodología de mantenimiento propuesta se suben los datos antes descritos, es importante adaptar los datos específicos a las necesidades y requisitos de cada organización, y asegurarse de mantener la información actualizada y accesible para todo el equipo de mantenimiento.

4.2.3.4. Dividir los datos

Se propone que los datos de validación se dividan en dos conjuntos: uno para la validación propiamente dicha (datos que levantan la línea base) y otro para la evaluación final (datos a partir de la línea base con la propuesta de una metodología 4.0). El conjunto de validación se utilizará durante el proceso de validación para ajustar y optimizar el modelo, mientras que el conjunto de evaluación final se utilizará al final para obtener una medida precisa del rendimiento que puede ser analizado en tiempos y costos. A continuación se puede observar en las Figuras el detalle de datos históricos para establecer la línea base del caso de estudio “Komatsu”.

Figura 4.13

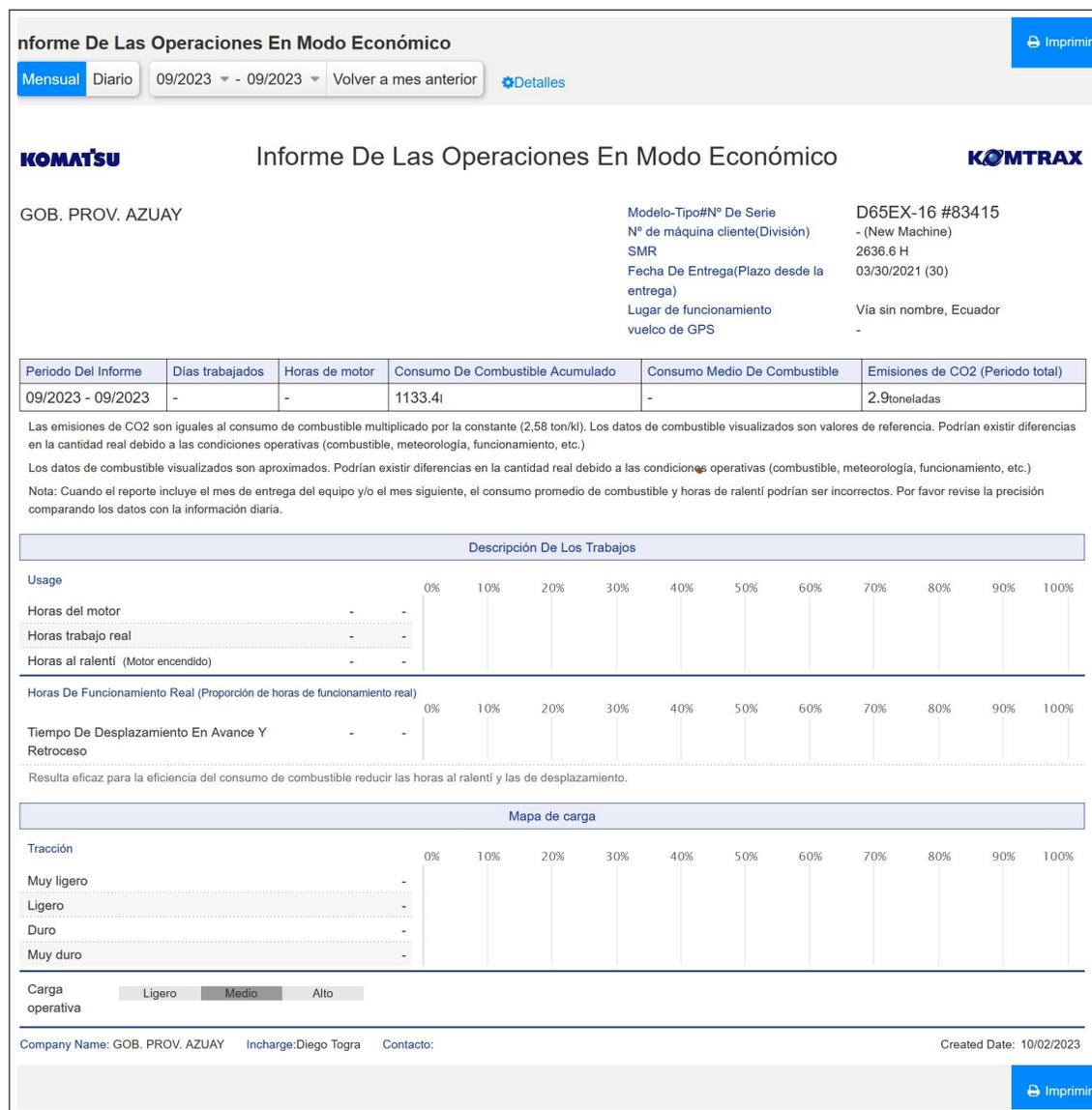
Detalle mensual del trabajo de la máquina.



Nota: La Figura presenta el detalle del trabajo mensual de la máquina donde se reporta las horas del motor, cantidad total de consumo de combustible y el consumo del combustible por hora. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

Figura 4.14

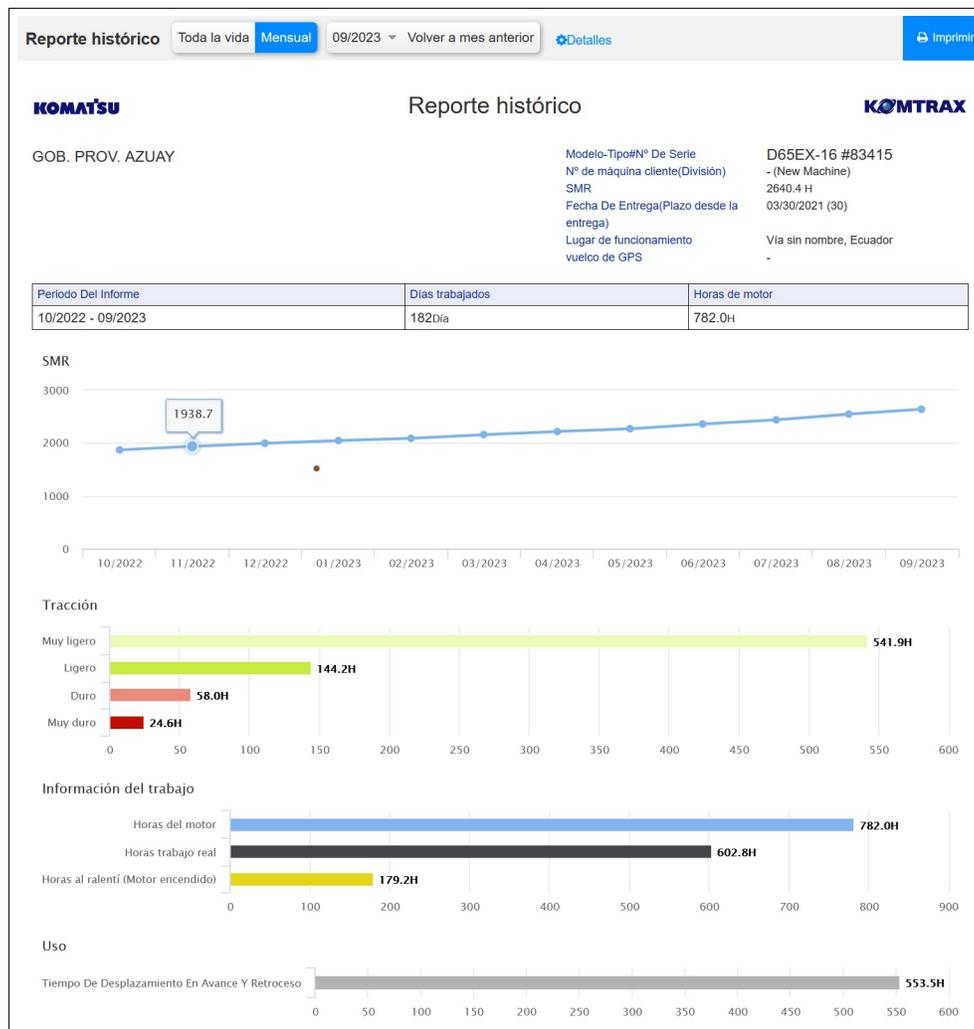
Detalle del informe de las operaciones en modo económico.



Nota: La Figura presenta el informe de las operaciones de la máquina donde se reporta las horas del motor, días trabajados, cantidad total de consumo de combustible, emisiones de CO2 y el consumo del combustible por hora. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

Figura 4.15

Detalle gráfico del informe del reporte histórico mensual.



Nota: La Figura presenta el detalle del reporte histórico de la máquina donde se indica el tipo de trabajo realizado en función del esfuerzo hecho por el equipo durante todo un mes. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

Figura 4.16

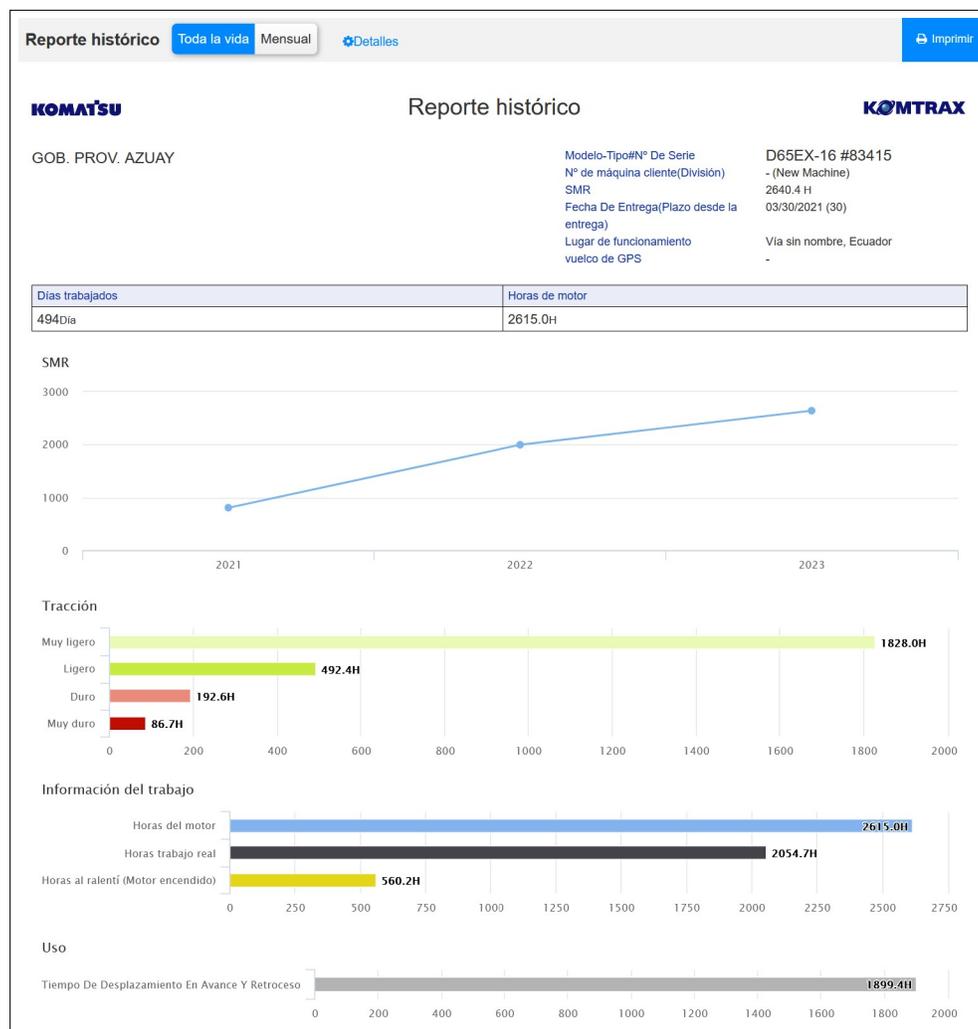
Detalle del informe del reporte histórico mensual.



Nota: La Figura presenta el detalle de las horas de trabajo del motor, el día en que trabaja, hora de encendido, tiempo de desplazamiento, horas trabajadas y la cantidad de combustible consumido. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

Figura 4.17

Detalle gráfico del informe del reporte histórico de toda la vida.



Nota: La Figura presenta el detalle del reporte histórico de la máquina donde se indica el tipo de trabajo realizado en función del esfuerzo hecho por el equipo durante toda la vida del equipo. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

Figura 4.18

Detalle del informe del reporte histórico de toda la vida.

Información del trabajo										
	Horas del motor	días	Horas trabajo real	Proporción	Horas al ralenti (Motor encendido)	Tiempo De Desplazamiento En Avance Y Retroceso	Proporción	Horas trabajo pesado	Proporción	Cantidad De Combustible Consumido
2021	794.0H	139Día	612.0H	77.1%	182.0H	556.0H	90.8%	76.3H	9.6%	11836.3l
2022	1182.0H	199Día	955.0H	80.8%	227.0H	890.0H	93.2%	131.0H	11.1%	19479.0l
2023	639.0H	156Día	487.7H	76.3%	151.2H	453.4H	93.0%	72.0H	11.3%	9420.3l
Total	2615.0H	494Día	2054.7H	78.6%	560.2H	1899.4H	92.4%	279.3H	10.7%	40735.7l
Promedio	871.6H	164.6Día	684.9H	78.1%	186.7H	633.1H	92.3%	93.1H	10.7%	13578.5l

Información precaución		
	Temperatura Del Aceite Hidráulico	Indicador Del Separador De Agua
2021	1Día	3Día
2022	-	5Día
2023	-	-
Total	1Día	8Día
Promedio	1Día	4Día

Company Name: GOB. PROV. AZUAY Incharge: Diego Togra Contacto: _____ Created Date: 10/03/2023

Observacione:

[Imprimir](#)

Nota: La Figura presenta el detalle del comportamiento las horas de trabajo del motor, días trabajados, horas de trabajo real, porcentaje de trabajo, horas del relanti (motor encendido), tiempo de desplazamiento, horas efectivas de trabajo y la cantidad de combustible consumido, a más de la duración de alertas tanto de temperatura del aceite hidráulico como del separador de agua. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

4.2.3.5. Preprocesamiento de datos

Realiza cualquier preprocesamiento necesario en los datos de validación. Esto puede incluir la limpieza de datos, la normalización, la codificación de variables categóricas, entre otras, asegurándose de aplicar las mismas transformaciones a los datos de entrenamiento y de validación para evitar sesgos.

4.2.3.6. Validación cruzada

Se aplica una técnica de validación cruzada, como la validación cruzada k-fold, para evaluar el rendimiento del modelo de manera robusta. Esto implica dividir el conjunto de validación en

k subconjuntos (folds) y realizar k iteraciones, en cada una de las cuales se entrena el modelo en k-1 subconjuntos y se evalúa en el subconjunto restante. La validación cruzada k-fold es una técnica comúnmente utilizada en el campo del aprendizaje automático (machine learning) para evaluar y validar modelos de predicción utilizando un conjunto de datos limitado. Esta técnica es especialmente útil cuando se tiene un conjunto de datos pequeño y se desea obtener una estimación más precisa del rendimiento del modelo. La validación cruzada de los datos generados en la línea base y los obtenidos posteriormente aplicando cualquier método de validación cruzada se lo realiza en la programación dentro del Cloud Computing.

4.2.3.7. Métricas de rendimiento.

Se seleccionan las métricas de rendimiento apropiadas para el modelo y los objetivos de validación establecidos en el paso 1 (sección 4.2.3.1), que para el caso de estudio se eligieron tiempos y costos. Esto puede incluir precisión, recall, F1-score, área bajo la curva ROC, etc. Se calcula estas métricas para cada iteración de la validación cruzada y se obtiene una medida promedio.

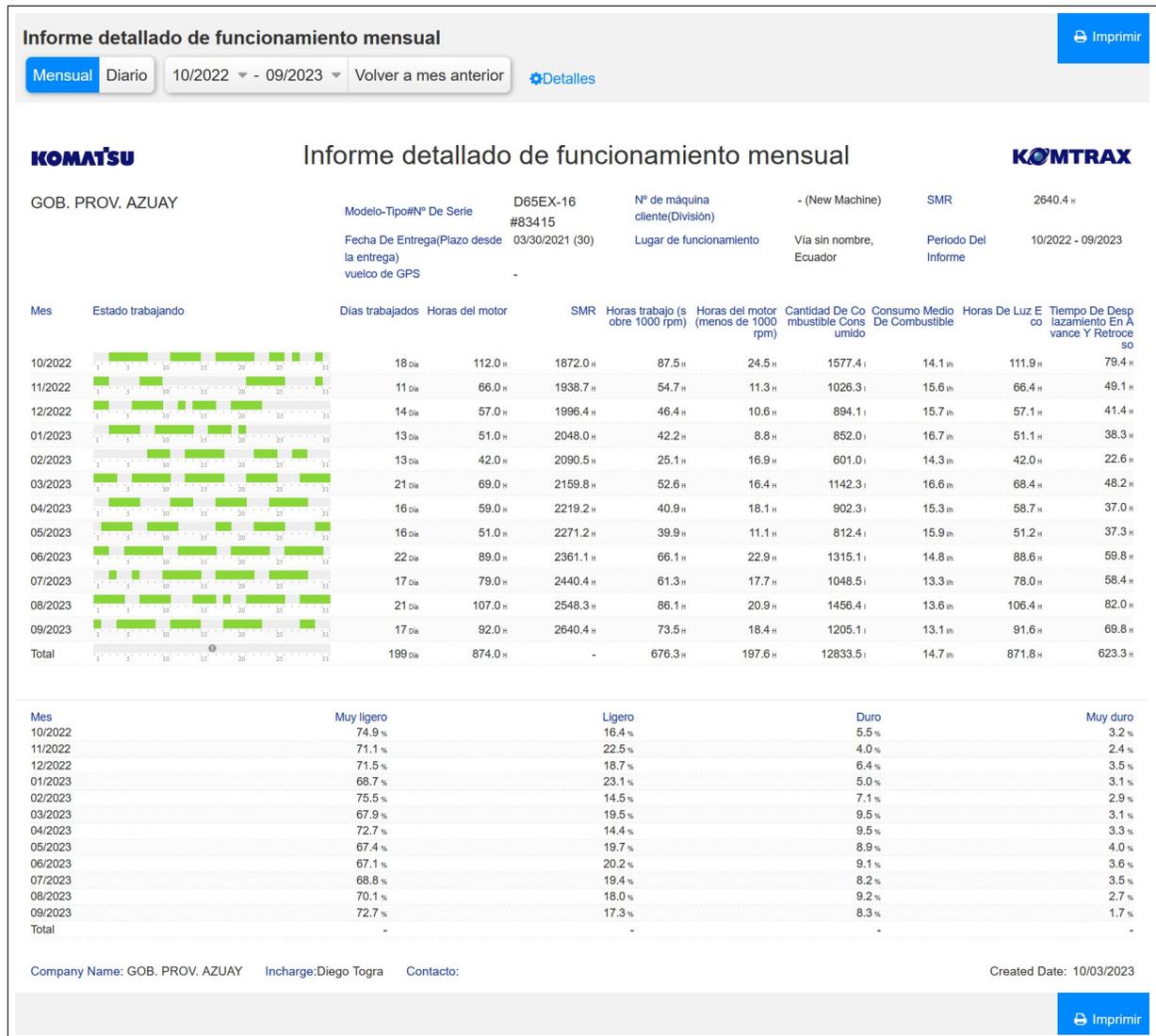
Las Figuras 4.19, 4.20 y 4.21 presentan algunas métricas que pueden ser analizadas según el caso de estudio, las mismas podrían ser:

- Horas de trabajo del motor
- Consumo de combustible
- Días trabajados
- Tiempo de desplazamiento
- Distancia de desplazamiento
- Tiempo de parada
- Potencia máxima del motor
- Temperatura del aceite, etc

Para el caso de estudio, las métricas de estudio fueron los costos de mantenimiento y tiempos de mantenimiento que vienen definidos por funciones matemáticas que son evaluadas en la programación para posteriormente ser visualizados en los diferentes informes.

Figura 4.19

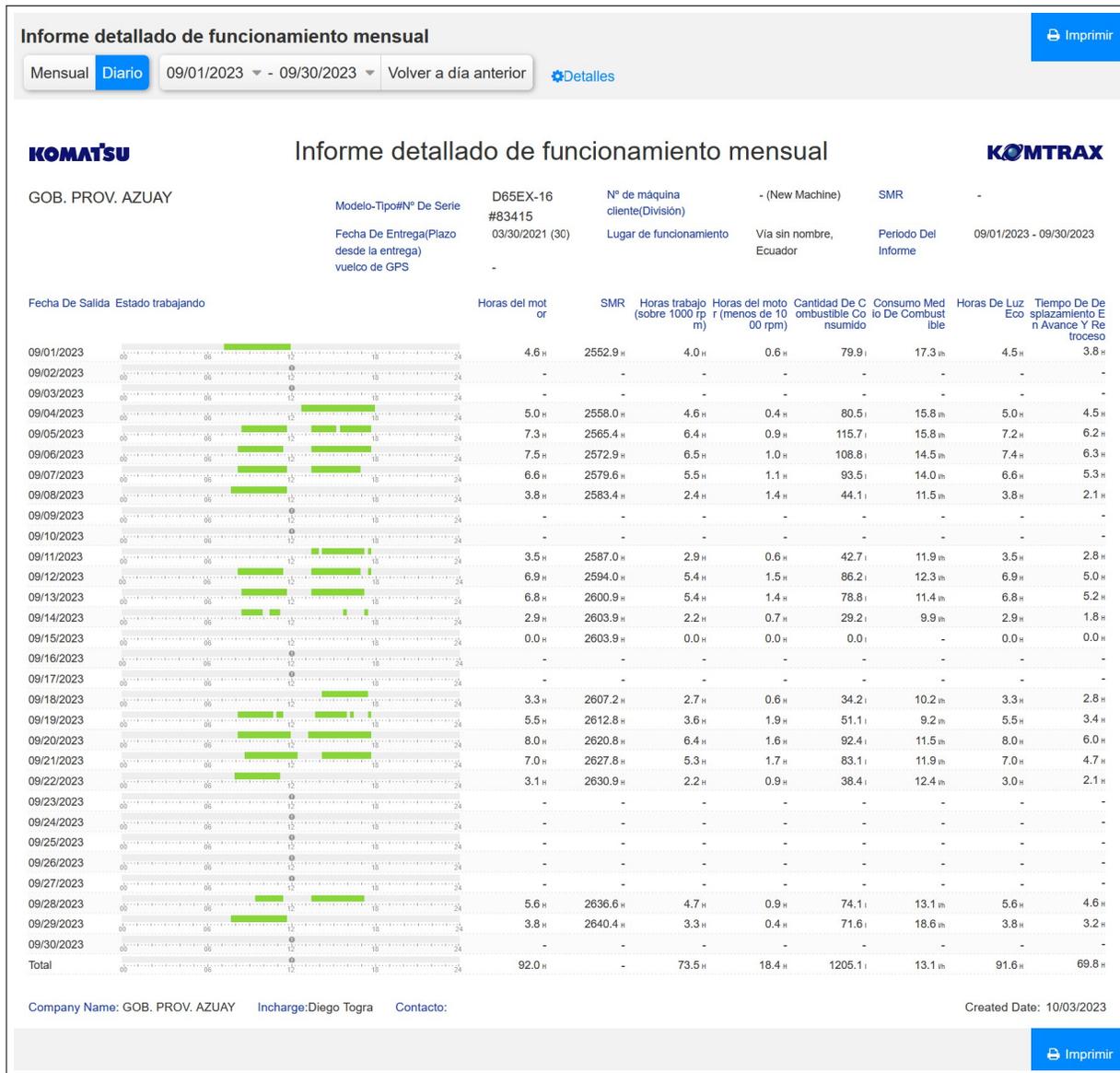
Informe detallado del funcionamiento mensual.



Nota: La Figura presenta el detalle del funcionamiento mensual de la máquina con una gráfica sencilla de sus rangos de paro y operación y su carga cada mes. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

Figura 4.20

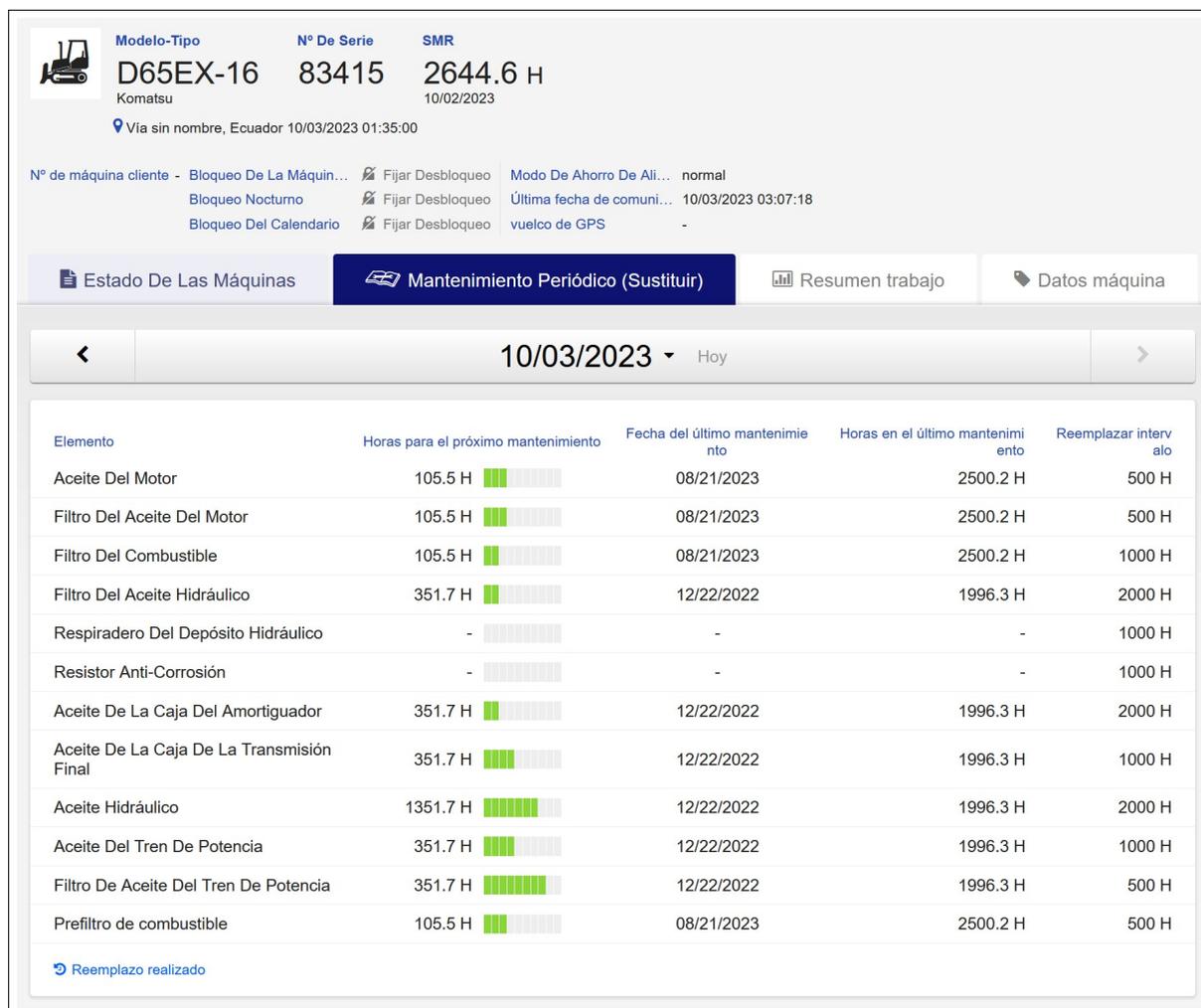
Informe detallado del funcionamiento diario.



Nota: La Figura presenta el detalle del funcionamiento mensual de la máquina con una gráfica sencilla de sus rangos de paro y operación y su carga diaria. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

Figura 4.21

Informe de mantenimiento periódico.



Nota: La Figura indica el estado general de la máquina reportado en tiempo real, su cantidad de combustible al momento y la temperatura del agua de enfriamiento. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

4.2.3.8. Ajuste y optimización del modelo.

Se utiliza los resultados de la validación cruzada para ajustar y optimizar el modelo, se puede probar diferentes configuraciones de hiperparámetros, técnicas de regularización, algoritmos de aprendizaje, etc. Asegurándose de utilizar buenas prácticas de selección de

modelos matemáticos para evitar el sobre ajuste.

4.2.3.9. Evaluación final.

Toda metodología debe ser ajustada y optimizada, calculando independiente las métricas de rendimiento seleccionadas para comparar lo calculado con lo programado y así establecer el rendimiento del modelo.

4.2.3.10. Documentación y presentación.

Hay que documentar todo el proceso de validación, incluyendo los pasos seguidos, los conjuntos de datos utilizados, las métricas de rendimiento obtenidas y cualquier otro detalle relevante. Comúnmente cuando existe una gestión de mantenimiento por GMAO (gestión de mantenimiento asistido por ordenador) los datos son almacenados en un ordenador o en la nube si aplica una filosofía 4.0 y los datos son presentados en una interfase gráfica con los datos finales como se observa en la Figura 4.22.

De acuerdo al caso de estudio, el modelo de gestión propuesto en la Figura 4.10, los datos son ingresados en la máquina como se indica en la Tabla 4.11 (**Big Data**), los mismos pueden ser de manera manual en una primera fase, hasta colocar los sensores (**Internet de las cosas**) y se emita la señal correspondiente en tiempo real a la nube (**Cloud Computing**) para posterior alimentar al procesador que desviará la información a los **niveles de jerarquía** correspondientes de acuerdo a la programación establecida con los accesos de información y ejecución (**Ciberseguridad**).

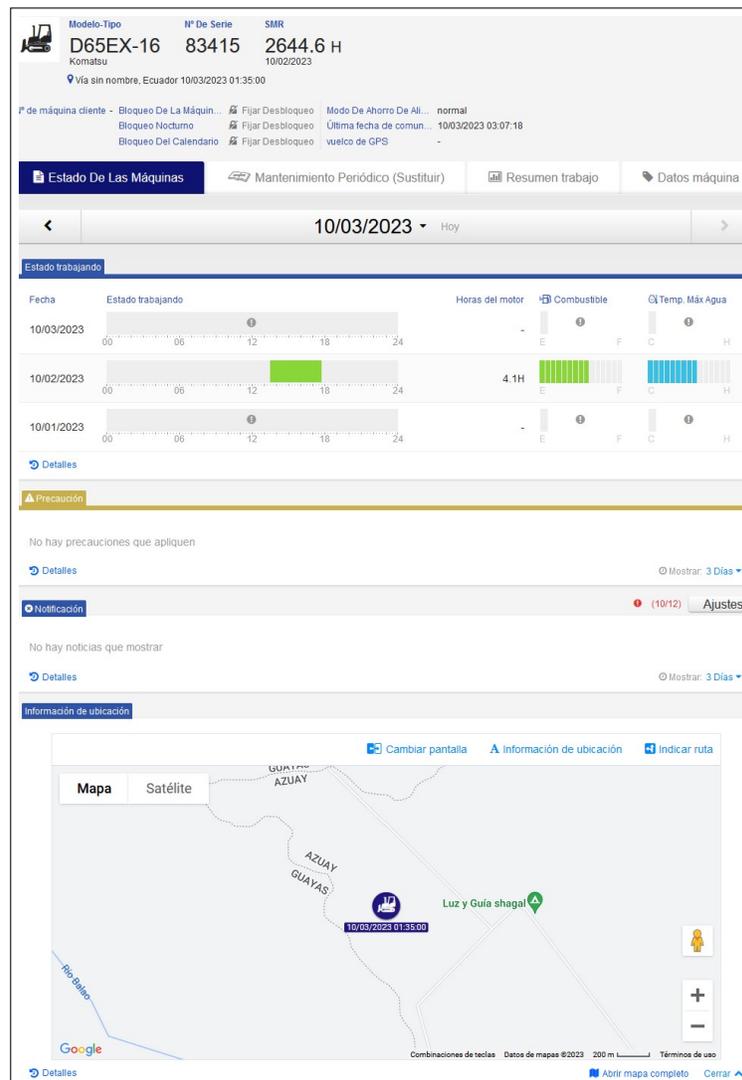
La presentación de resultados debe adaptarse a los usuarios y sus necesidades específicas de acuerdo a los niveles establecidos, es importante utilizar un lenguaje claro y comprensible, resaltar los aspectos más relevantes y proporcionar contexto adecuado para una interpretación correcta. A continuación, se presentan algunas formas de presentar los resultados utilizando una implementación de la Industria 4.0 de acuerdo a los niveles establecidos:

4.2.3.10.1. Tableros de control en tiempo real (Nivel Operativo). Utiliza tableros interactivos para mostrar los resultados clave en tiempo real. Estos tableros pueden incluir gráficos, indicadores clave de rendimiento (KPI), métricas de producción, eficiencia, calidad, uso de recursos, etc. Los tableros pueden ser personalizados según las necesidades específicas de la

empresa o institución que pueden ser accesibles en tiempo real desde diferentes dispositivos y ubicaciones.

Figura 4.22

Informe de presentación del estado de la máquina.



Nota: La Figura indica el estado general de la máquina, donde incluye; su ubicación, cantidad de combustible y temperatura del agua, a mas de proporcionar información del tiempo que la máquina lleva encendida. También indicará de alertas que tenga el equipo cuando se detecte algún fallo. Adaptado de: Komatsu Mitsui (2023).

4.2.3.10.2. Visualización de datos (Nivel Táctico y Directivo). Utiliza técnicas de visualización de datos, como gráficos, diagramas y representaciones visuales, para presentar los resultados de manera clara y concisa. Por ejemplo, puedes utilizar gráficos de barras, líneas, dispersión, diagramas de Gantt, mapas de calor, entre otros, para resaltar tendencias, comparaciones y patrones en los datos.

4.2.3.10.3. Informes automatizados (Nivel Táctico y Directivo). Implementa sistemas automatizados de generación de informes que recopilen automáticamente los resultados relevantes y los presenten en un formato estructurado. Estos informes pueden incluir resúmenes ejecutivos, análisis detallados, visualizaciones gráficas y recomendaciones, y pueden ser generados periódicamente o en tiempo real según las necesidades.

4.2.3.10.4. Alertas y notificaciones (Nivel Operativo, Táctico y Directivo). Configura sistemas de alertas y notificaciones basados en reglas predefinidas para informar de forma proactiva sobre eventos importantes o desviaciones en los resultados. Estas alertas pueden enviarse por correo electrónico, mensajes de texto o notificaciones en aplicaciones móviles, lo que permite una respuesta rápida y eficiente ante situaciones críticas.

5. Resultados

5.1. Resultados de los modelos de gestión 4.0 vinculados a sistemas críticos en flotas vehiculares

Dentro de los modelos estudiados se presentaron algunos modelos de gestión 4.0, donde la característica principal de cada uno de ellos, es identificar los niveles de jerarquía que dependen directamente del organigrama de la empresa o institución. Los casos de estudio identificaron diferentes fases que indican el nivel de automatización del proceso, desde una analítica descriptiva hasta la toma de decisiones para la ejecución de la orden. En las Tablas 5.1, 5.2 se presenta los niveles y fases vinculados al modelo de gestión 4.0 analizados.

Tabla 5.1

Primer modelo de gestión de Industria 4.0.

	Nivel	Fase	Pilares aplicados
Modelo 1	Operativo	Sensores	Big Data
	Técnico	Datos	Cloud Computing
		Conectividad	Ciberseguridad
	Tecnológico	Analítica Monitoreo Reporteador Toma de decisión Ejecución	Internet de las cosas Integración

Nota: En la Tabla se indica los niveles, fases y pilares del primer modelo de gestión Industria 4.0 analizado “Metodología del mantenimiento predictivo 4.0 para asegurar procesos de producción”, investigación realizada por Luna y Vázquez (2019).

Tabla 5.2

Segundo modelo de gestión de Industria 4.0.

	Nivel	Fase	Pilares aplicados
Modelo 2	Digitalización	PLC Tecnología IPV4	Big Data Internet de las cosas Cloud computing
	Integración	IoT CPS Fábrica IPV4 IPV6	Simulación Integración
	Virtualización	IoT CPS Datos Nube Gemelo digital	

Nota: En la Tabla se indica los niveles, fases y pilares del segundo modelo de gestión Industria 4.0 analizado “Modelo de gestión, planificación y control de la producción enfocado en la industria 4.0 para una industria manufacturera de bebidas no alcohólicas (BNA)”, investigación realizada por Sarango (2022).

Los casos de estudios presentados por Peñata y cols. (2021a) en su investigación “Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una Empresa de Producción de Bebidas” y el caso de Luna y Vázquez (2019) con su estudio “Diseño de una metodología de mantenimiento predictivo para asegurar procesos de producción de la industria 4.0”, presentan aplicaciones de herramientas de operaciones industriales distintas como el SAP (Desarrollo de programas de sistemas de análisis) y el ERP (Planificación de recursos empresariales), que adaptan parte de la filosofía de Industria 4.0 con el manejo de la Big Data en todo su contexto desde el levantamiento de datos, clasificación y digitalización para su tratamiento con una programación definida que permita ser visualizada a tiempo real desde que los datos son subidos al sistema. Aunque en ambos casos utilizan pilares de la Industria 4.0, lo están aplicando en diferentes fases de integración, la Tabla 5.3 presenta una interpretación del modelo de gestión para los dos casos.

Tabla 5.3

Tercer y cuarto modelo de gestión de Industria 4.0.

	Nivel	Fase	Pilares aplicados
Modelo 3 y 4	Digitalización	Ciclo PHVA	Big Data
		PLC	Internet de las cosas
	Integración	Software (SAP)	Cloud computing
		SAP	Simulación
ERP		Integración	
Virtualización	IA		

Nota: En la Tabla se indica los niveles, fases y pilares del tercer y cuarto modelo de gestión Industria 4.0 analizados “Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una Empresa de producción de Bebidas” realizada por Peñata y cols. (2021b) y “Diseño de una metodología de mantenimiento predictivo para asegurar procesos de producción de la industria 4.0” realizada por Luna y cols. (2020).

5.2. Resultados de la arquitectura que permite la integración de los diferentes niveles jerárquicos de gestión del Gobierno Provincial del Azuay

De acuerdo a los casos estudiados como referencia, junto con el fundamento teórico de Industria 4.0 con sus pilares fundamentales para el mantenimiento propuesto por Visión Industrial (2020), se planteó para el Gobierno Provincial del Azuay el siguiente modelo que consta de tres partes fundamentales; siendo el primero los niveles de jerarquía, que fueron planteados de acuerdo al organigrama establecido donde la sección de mecánica de los talleres y custodio se unieron en un nivel Operativo, la sección técnicos de talleres en el nivel Táctico y finalmente la Dirección de talleres en el nivel Directivo donde cada uno tienen diferentes fases de implementación de acuerdo a cada pilar de la Industria 4.0. La Tabla 5.4 presenta los pilares a implementar en una primera etapa, la Figura 5.1 presenta los niveles propuestos junto con la Tabla 5.5 que presenta un ejemplo de las fases de implementación de a nivel en un pilar establecido.

Tabla 5.4

Pilares de la I4.0 propuestos para la implementación en todos los niveles.

NIVELES	PILAR I4.0
Directivo	Big Data
Táctico	Ciberseguridad
Operativo	Cloud computing Internet de las cosas

Nota: La Tabla indica los niveles propuestos con sus fases de implementación de un pilar considerado en la implementación.

Tabla 5.5

Fases de implementación de la ciberseguridad de acuerdo a los niveles de jerarquía.

		CIBERSEGURIDAD				FASE
		Red	Software	Usuario	Equipo	
NIVEL	Directivo	...	...	...	Fase 1	Fase 1: Planificación
	Táctico	...	...	Fase 1	...	Fase 2: Implementación
	Operativo	...	Fase 1	...	...	Fase 3: Monitoreo

Nota: La Tabla indica los niveles propuestos con sus fases de implementación del pilar Ciberseguridad, considerando que existen diferentes fases de implementación .

Para cada pilar se consideró diferentes fases de implementación, que dependerá del levantamiento de los datos disponibles, nivel de implementación tecnológico implementado en los equipos, transmisión de datos, disponibilidad en la nube, desarrollo de software y planificación del manejo de la información, la tabla 5.6 presenta como ejemplo la descripción de una fase.

Tabla 5.6

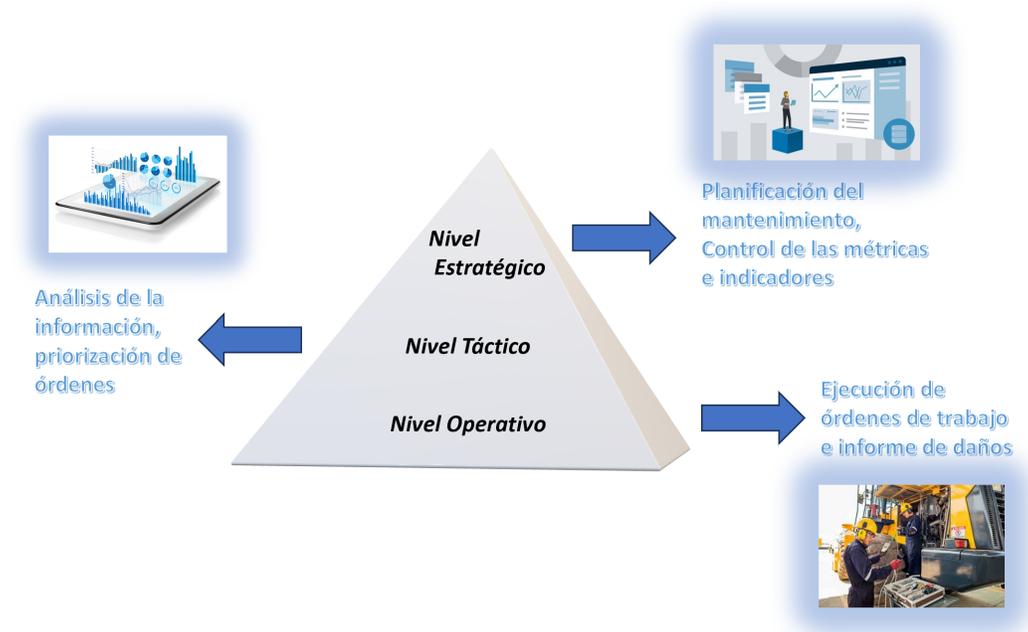
Descripción de una fase.

Fase 1	Planificación y diseño: En esta fase inicial, se debe realizar un análisis de objetivos y necesidades planteadas en el mantenimiento de la maquinaria pesada. Se identifican los equipos clave que se conectarán a través del IoT y se definen los parámetros y datos relevantes que se recopilarán. Se establecen los requisitos de conectividad, como la infraestructura de red necesaria y los protocolos de comunicación.
---------------	---

Nota: La Tabla presenta la descripción de una fase, considerando que cada pilar de la industria 4.0 consta de diferentes fases para su implementación en cada nivel.

Figura 5.1

Niveles de jerarquía de I4.0 propuestos.



Nota: La Figura presenta los niveles de I4.0 propuestos para el Gobierno Provincial del Azuay. Adaptado de: Sarango (2022); Traimak (2022).

A continuación la Figura 5.3 presenta el Modelo de Gestión en Industria 4.0 para el Gobierno provincial del Azuay basado en cuatro pilares fundamentales de la filosofía que serán implementados en diferentes etapas y cada una de ellas en diferentes fases de acuerdo al presupuesto disponible y al Plan Operacional Anual (POA) de la Institución. De acuerdo al cumplimiento de las etapas de implementación con sus respectivas fases, se irán incorporando los demás pilares de la industria 4.0 como puede ser realidad aumentada y la robótica.

Figura 5.2

Modelo de Gestión de Industria 4.0 para los Talleres del Gobierno Provincial del Azuay fundamentado en niveles jerárquicos de acuerdo al organigrama de la institución.



Nota: En la Figura se observa el Modelo de Gestión en Industria 4.0 planteado para el Gobierno provincial del Azuay basado en cuatro pilares fundamentales de la filosofía que serán implementados en diferentes etapas y cada una de ellas en diferentes fases de acuerdo al presupuesto disponible y al Plan Operacional Anual (POA) de la Institución y que se observa en la Figura 4.10. Los niveles propuestos están alineados al organigrama actual de la empresa donde no se puede generar cambios por ser una institución gubernamental.

5.3. Resultados de la propuesta metodológica mediante un caso de estudio a nivel institucional para la validación del modelo de gestión 4.0 de los procesos críticos

Se presentó una propuesta metodológica para la implementación de la filosofía 4.0 aplicada al mantenimiento, partiendo de un caso de estudio a nivel institucional “Komatsu” que presenta una plataforma (Demo) diseñada para esta herramienta operacional, donde se plantea una propuesta metodológica de implementación de I4.0 para el Gobierno Provincial del Azuay:

5.3.1. Definición de los objetivos de validación

- Disminuir el tiempo de mantenimiento de la maquinaria pesada del Gobierno Provincial del Azuay.
- Reducir los costos de mantenimiento por fallas no programadas.

5.3.2. Recopilación de los datos de validación

Para el caso de estudio se definieron los datos más relevantes que definen el estado del actual del Gobierno provincial del Azuay (Big Data), los cuales requieren un análisis profundo para establecer una línea base antes de presentar alguna propuesta de mejora al sistema de gestión existente, como es integrar una herramienta de integración operacional como la Industria 4.0. A continuación se presentan los datos relacionados en función del tiempo y costos de mantenimiento.

5.3.2.1. Costos

- Costos de mantenimiento:
 - Correctivo
 - Preventivo
 - Costo de paradas
 - Costo Total
- Costo de personal

- Costo del activo
- Producción (diaria, semanal, mensual, ...)

5.3.2.2. Tiempos

- Tiempos de mantenimiento:
 - Correctivo
 - Preventivo
- Tiempos de indisponibilidad:
 - Por mantenimiento (imprevisto)
 - Por fallos
 - Por mantenimiento (planificado)
- Tiempos totales:
 - Tiempo total de funcionamiento
 - Tiempo total de disponibilidad por mantenimiento
 - Tiempo de disponibilidad conseguido durante el tiempo requerido
- Horas hombre:
 - Horas-hombre por mantenimiento realizado
 - Horas-hombre total empleado en mantenimiento

5.3.3. División de datos

Una vez establecidos todos los datos en función de los costos y tiempos de mantenimiento (análisis de Big Data), se procedió a segmentarlos o dividirlos de acuerdo a los principales indicadores de rendimiento del mantenimiento especificados en la norma Norma Española UNE-EN 15341 (2008) y de acuerdo al nivel jerárquico planteado: operativo, táctico y estratégico, en función de la propuesta de niveles de jerarquía en la estructura de industria 4.0 (Reference Architectural Model Industry 4.0).

5.3.3.1. Indicadores Económicos

- Nivel Operativo
 - Costo del mantenimiento correctivo
 - Costo del mantenimiento preventivo
 - Costo total del mantenimiento
 - Costos de paradas programadas para mantenimiento
- Nivel Táctico
 - Costo total de personal interno empleado en mantenimiento
 - Costo total del mantenimiento
- Nivel Estratégico
 - Costo total del mantenimiento
 - Valor de sustitución del activo
 - Cantidad producida

5.3.3.2. Indicadores técnicos

- Nivel Operativo
 - Tiempo de mantenimiento preventivo que origina tiempo de indisponibilidad
 - Tiempo total de indisponibilidad por mantenimiento
- Nivel Táctico
 - Tiempo total de funcionamiento
 - Tiempo de indisponibilidad por fallos
 - Tiempo de indisponibilidad por mantenimiento planificado y programado
- Nivel Estratégico
 - Tiempo total de funcionamiento
 - Tiempo de disponibilidad por mantenimiento
 - Tiempo de disponibilidad conseguido durante el tiempo requerido

5.3.3.3. Indicadores organizacionales

- Nivel Operativo
 - Tiempo empleado en mantenimiento correctivo de urgencia
 - Tiempo total de indisponibilidad ligado a mantenimiento
- Nivel Táctico
 - Horas-hombre de mantenimiento por operario de producción
 - Horas-hombre totales de los operarios de producción
- Nivel Estratégico
 - Efectivo de personal interno de mantenimiento
 - Efectivo total de empleados internos

5.3.4. Cálculo de Métricas o indicadores

Para el cálculo de las métricas que establecerán el comportamiento de los indicadores de costos y tiempos se establecieron las siguientes relaciones matemáticas de acuerdo a la Norma Española UNE-EN 15341 (2008).

5.3.4.1. Indicadores económicos

- Nivel operativo

$$\% \text{Costo de mantenimiento correctivo} = \frac{\text{Costo del mantenimiento correctivo}}{\text{Costo total del mantenimiento}} \times 100$$

Costo de mantenimiento después de producirse el fallo, destinado a poner al equipo en funcionamiento

$$\% \text{Costo de mantenimiento preventivo} = \frac{\text{Costo del mantenimiento preventivo}}{\text{Costo total del mantenimiento}} \times 100$$

Costo de mantenimiento destinado a prevenir fallos o degradación de un equipo

- **Nivel Táctico**

$$\% \text{ Costo del personal interno} = \frac{\% \text{ Costo total de personal interno empleado en mantenimiento}}{\text{Costo total del mantenimiento}} \times 100$$

Costo del personal involucrado en el proceso, personal directo, personal indirecto y personal de producción

- **Nivel Estratégico**

$$\% \text{ Costo total del mantenimiento} = \frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Valor de sustitución del equipo}} \times 100$$

Costo total de mantenimiento que involucra salarios, impuestos, seguros, costos administrativos, etc, en relación con el valor del equipo

$$\% \text{ Relación mantenimiento – producción} = \frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Cantidad producida}} \times 100$$

Cantidad obtenida en producción o cantidad de servicio realizado por un activo/bien (toneladas, litros, etc)

5.3.4.2. Indicadores técnicos

- **Nivel operativo**

$$\% \text{ Tiempo de indisponibilidad por MP} = \frac{\text{Tiempo de MP que origina indisponibilidad}}{\text{Tiempo total de indisponibilidad por mantenimiento}} \times 100$$

Tiempo de mantenimiento preventivo (MP) que origina tiempo de indisponibilidad

- **Nivel Táctico**

$$\% \text{ Tif} = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Tiempo total mantenimiento} + \text{tiempo de indisponibilidad por fallos}} \times 100$$

Tiempo de indisponibilidad del equipo por fallos

$$\% \text{Tip} = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Tiempo total mantenimiento} + \text{tiempo de indisponibilidad programado}} \times 100$$

Tiempo de indisponibilidad por mantenimiento planificado y programado

- **Nivel Estratégico**

$$\% \text{Costo total del mantenimiento} = \frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Valor de sustitución del equipo}} \times 100$$

Costo total de mantenimiento que involucra salarios, impuestos, seguros, costos administrativos, etc, en relación con el valor del equipo

$$\% \text{Relación mantenimiento – producción} = \frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Cantidad producida}} \times 100$$

Cantidad obtenida en producción o cantidad de servicio realizado por un activo/bien (toneladas, litros, etc)

5.3.4.3. Indicadores organizacionales

- **Nivel operativo**

$$\% \text{Tiempo de MC} = \frac{\text{Tiempo empleado en mantenimiento correctivo de urgencia}}{\text{Tiempo total de indisponibilidad ligado al mantenimiento}} \times 100$$

Tiempo de mantenimiento correctivo (MC) después de detectarse una avería en el equipo para evitar un daño con mayores consecuencias

- **Nivel Táctico**

$$\% \text{Horas de MO} = \frac{\text{Horas – hombre de mantenimiento por operario de producción}}{\text{Horas – hombre totales de los operarios de producción}} \times 100$$

Horas-hombre de mantenimiento realizado por un operario (MO) que no pertenece al departamento de mantenimiento

- Nivel Estratégico

$$\% \text{Efectivo de PI} = \frac{\text{Efectivo de personal interno de mantenimiento}}{\text{Efectivo total de empleados internos}} \times 100$$

Personal interno (PI) de mantenimiento, personal que labora en talleres y el personal indirecto como gestores, oficinistas, almacenes, etc

5.3.5. Ajuste y optimización del modelo

Después de implementar los pilares de la industria 4.0 como el Big Data, Ciberseguridad, Cloud computing e Internet de las cosas en el Gobierno Provincial del Azuay, se realiza un monitoreo y seguimiento continuo en cada uno de los niveles jerárquicos y en sus fases de implementación de planificación, implementación y monitoreo para evaluar la efectividad de las mejoras de tiempos y costos para realizar ajustes adicionales si es necesario. Esto puede implicar la recolección y análisis de datos nuevos, el seguimiento y la retroalimentación del personal y las tecnologías implementadas con la finalidad de optimizar el modelo de gestión. Esto puede implicar la modificación de los procedimientos existentes, la implementación de nuevas tecnologías o herramientas, la reasignación de recursos o la capacitación del personal.

5.3.6. Evaluación final

De acuerdo a la Norma Española UNE-EN 66175 (2003) se deben realizar evaluaciones periódicas con el fin de mantener, modificar o suprimir los indicadores existentes, o en su defecto crear nuevos indicadores, de manera que permita disponer indicadores y un cuadro de mando que fomente a la mejora continua a base de evaluaciones continuas. En este contexto se presenta a continuación las Tablas con los indicadores que permitirán en el Gobierno Provincial del Azuay evaluar la eficacia de la implementación de la filosofía de industria 4.0.

Tabla 5.7

Cuadro de mando en función del aspecto económico.

ASPECTO ECONÓMICO		OBJETIVO: Reducir los costos de mantenimiento por fallas no programadas.		
ESTRATEGIA	NIVEL	Objetivos relacionados con cada nivel	Plan de actuación para cumplir con los objetivos	Indicador
Big Data ¹ Ciberseguridad ² Cloudcomputing ³ Internet de las cosas ⁴	Operativo	Disminuir en un 10% los costos de mantenimiento correctivo y preventivo	Generar ordenes de trabajo automáticas en el sistema como la adquisición y reposición de repuestos con la finalidad de disminuir tiempos de mano de obra que se refleja en costos	<ul style="list-style-type: none"> • Costo del mantenimiento preventivo • Costo del mantenimiento correctivo
Big Data Ciberseguridad Cloudcomputing Internet de las cosas	Táctico	Disminuir en un 5% los costos de mantenimiento indirectos por mano de obra	Generar documentación a través del sistema informático de manera que no intervenga parte del personal administrativo	<ul style="list-style-type: none"> • Costo del personal interno empleado en mantenimiento
Big Data Ciberseguridad Cloudcomputing Internet de las cosas	Estratégico	Aumentar en un 5% la producción de cada maquinaria pesada	Disminuir el tiempo del proceso de mantenimiento administrativo para una mayor disponibilidad del equipo en un rango definido de tiempo (turno, semanal, mensual, ...)	<ul style="list-style-type: none"> • Relación entre el mantenimiento y producción por cada activo

¹ **Big Data:** Levantamiento y selección de la Data de forma automática o manual relacionado con el mantenimiento para tenerla disponible en la nube de acuerdo a cada nivel. Para el caso de estudio los datos estan relacionados a costos y tiempos de mantenimiento.

² **Ciberseguridad:** La información levantada y procesada debe de llegar a cada nivel establecido con el personal designado al manejo de la información con el acceso a tomar desiciones con la responsabilidad correspondiente.

³ **Cloudcomputing:** El procesamiento de la información a base de programación en un servidor local o en la nube de acuerdo al volumen de información disponible, donde presenta las diferentes interfases gráficas en los diferentes niveles para el levantamiento, proceso de datos y toma de desiciones.

⁴ **Internet de las cosas:** Manejo de datos en forma cruda o procesados en tiempo real que permita al personal adecuado y autorizado tomar desiciones inmediatas para disminuir los tiempos de comunicación y ejecutar órdenes a tiempo real.

Nota: La Tala indica los objetivos e indicadores a cumplir de acuerdo a la estrategia planteada al implementar cuatro pilares fundamentales de la industria 4.0 en el Gobierno Provincial del Azuay.

Tabla 5.8

Cuadro de mando en función del aspecto técnico.

ASPECTO TÉCNICO		OBJETIVO: Reducir los costos de mantenimiento por fallas no programadas y disminuir los tiempos de mantenimiento		
ESTRATEGIA	NIVEL	Objetivos relacionados con cada nivel	Plan de actuación para cumplir con los objetivos	Indicador
Big Data ¹ Ciberseguridad ² Cloudcomputing ³ Internet de las cosas ⁴	Operativo	Aumentar en un 5% la disponibilidad de los equipos en función a las horas de uso	Generar ordenes de trabajo automáticas en el sistema de acuerdo a la planificación de mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de disponibilidad por mantenimiento preventivo
Big Data Ciberseguridad Cloudcomputing Internet de las cosas	Táctico	Disminuir en un 5% los tiempos de indisponibilidad de los equipos debido a los fallos presentados o a la planificación de mantenimiento preventivo	Generar documentación a través del sistema informático de manera que se reduzca el tiempo de trámite de órdenes de trabajo, de compra de repuestos y de servicio externo, con sus respectivas autorizaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de indisponibilidad del equipo por fallos • Tiempo de indisponibilidad por mantenimiento planificado y programado
Big Data Ciberseguridad Cloudcomputing Internet de las cosas	Estratégico	Aumentar en un 5% la producción de cada maquinaria pesada Disminuir en un 10% los costos asociados al mantenimiento	Disminuir el número de empleados administrativos relacionados con el mantenimiento y reducir los tiempos de indisponibilidad del equipo para aumentar la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Costo total de mantenimiento que involucra salarios, impuestos, seguros, costos administrativos, etc, en relación con el valor del equipo • Cantidad obtenida en producción o cantidad de servicio realizado por un activo/bien (toneladas, litros, etc)

¹ **Big Data:** Levantamiento y selección de la Data de forma automática o manual relacionado con el mantenimiento para tenerla disponible en la nube de acuerdo a cada nivel. Para el caso de estudio los datos estan relacionados a costos y tiempos de mantenimiento.

² **Ciberseguridad:** La información levantada y procesada debe de llegar a cada nivel establecido con el personal designado al manejo de la información con el acceso a tomar desiciones con la responsabilidad correspondiente.

³ **Cloudcomputing:** El procesamiento de la información a base de programación en un servidor local o en la nube de acuerdo al volumen de información disponible, donde presenta las diferentes interfases gráficas en los diferentes niveles para el levantamiento, proceso de datos y toma de desiciones.

⁴ **Internet de las cosas:** Manejo de datos en forma cruda o procesados en tiempo real que permita al personal adecuado y autorizado tomar desiciones inmediatas para disminuir los tiempos de comunicación y ejecutar órdenes a tiempo real.

Nota: La Tala indica los objetivos e indicadores a cumplir de acuerdo a la estrategia planteada al implementar cuatro pilares fundamentales de la industria 4.0 en el Gobierno Provincial del Azuay.

Tabla 5.9

Cuadro de mando en función del aspecto organizacional.

ASPECTO ORGANIZACIONAL		OBJETIVO: Reducir los costos de mantenimiento por fallas no programadas y disminuir los tiempos de mantenimiento		
ESTRATEGIA	NIVEL	Objetivos relacionados con cada nivel	Plan de actuación para cumplir con los objetivos	Indicador
Big Data ¹ Ciberseguridad ² Cloudcomputing ³ Internet de las cosas ⁴	Operativo	Disminuir en un 5% el tiempo de mantenimiento después de detectada la avería	Transmitir la información en tiempo real para que se genere en el sistema las respectivas órdenes que serán aprobadas con el responsable de cada nivel	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de mantenimiento correctivo (MC) después de detectarse una avería en el equipo para evitar un daño con mayores consecuencias
Big Data Ciberseguridad Cloudcomputing Internet de las cosas	Táctico	Disminuir en un 5% los tiempos de indisponibilidad de los equipos debido a los fallos presentados o a la planificación de mantenimiento preventivo	Generar documentación a través del sistema informático de manera que se reduzca el tiempo de trámite de órdenes de trabajo, de compra de repuestos y de servicio externo, con sus respectivas autorizaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Horas-hombre de mantenimiento realizado por un operario (MO)
Big Data Ciberseguridad Cloudcomputing Internet de las cosas	Estratégico	Aumentar en un 5% la producción de cada maquinaria pesada Disminuir en un 10% los costos asociados al mantenimiento	Disminuir el número de empleados administrativos relacionados con el mantenimiento y reducir los tiempos de indisponibilidad del equipo para aumentar la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje efectivo del personal interno (PI) de mantenimiento, personal que labora en talleres y el personal indirecto como gestores, oficinistas, almacenes, etc

¹ **Big Data:** Levantamiento y selección de la Data de forma automática o manual relacionado con el mantenimiento para tenerla disponible en la nube de acuerdo a cada nivel. Para el caso de estudio los datos están relacionados a costos y tiempos de mantenimiento.

² **Ciberseguridad:** La información levantada y procesada debe de llegar a cada nivel establecido con el personal designado al manejo de la información con el acceso a tomar decisiones con la responsabilidad correspondiente.

³ **Cloudcomputing:** El procesamiento de la información a base de programación en un servidor local o en la nube de acuerdo al volumen de información disponible, donde presenta las diferentes interfases gráficas en los diferentes niveles para el levantamiento, proceso de datos y toma de decisiones.

⁴ **Internet de las cosas:** Manejo de datos en forma cruda o procesados en tiempo real que permita al personal adecuado y autorizado tomar decisiones inmediatas para disminuir los tiempos de comunicación y ejecutar órdenes a tiempo real.

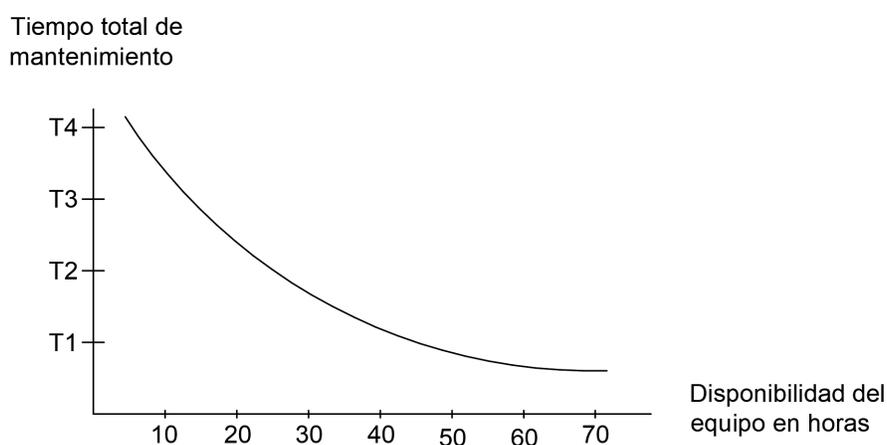
Nota: La Tala indica los objetivos e indicadores a cumplir de acuerdo a la estrategia planteada al implementar cuatro pilares fundamentales de la industria 4.0 en el Gobierno Provincial del Azuay.

5.3.7. Documentación y presentación

La propuesta metodológica para la implementación se adaptó a los usuarios y sus necesidades específicas de acuerdo a los niveles operativo, táctico y estratégico, es importante utilizar un lenguaje claro y comprensible, resaltar los aspectos más relevantes y proporcionar el contexto adecuado para una interpretación correcta.

Figura 5.3

Disponibilidad de la maquinaria pesada en función del tiempo de mantenimiento.



Nota: La curva en la Figura indica el comportamiento de la disponibilidad de la maquinaria pesada del Gobierno Provincial en función del tiempo de mantenimiento, donde se interpreta que existe una mayor disponibilidad del equipo en un lapso definido de tiempo al disminuir las paradas por reparaciones.

Los tiempos de mantenimiento (T_n) están determinados por la propuesta de implementación de la filosofía de Industria 4.0, en específico en qué fase de implementación está cada uno de los pilares: Big Data, Ciberseguridad, Cloudcomputing e Internet de las cosas, en los tres niveles propuestos. En este contexto, T1 representa la implementación de Industria 4.0 con todas las fases y en todos los niveles, en cambio, T4 representa la situación actual de la organización.

A continuación, la Tabla 5.10 presenta la evolución de la disponibilidad de los equipos en función del tiempo en que se demora en realizar un mantenimiento programado, considerando que la evolución es la misma en un mantenimiento correctivo.

Tabla 5.10

Eficacia en función de los costos y tiempos relacionados con la implementación de las Fases de los pilares de la I4.0.

Tiempo de mantenimiento	Pilares de la industria 4.0 Fases de implementación				Eficacia
	Big Data ¹	Ciberseguridad ²	Cloudcomputing ³	IoT ⁴	
T4	Planificación para el levantamiento de datos	Planificación de los responsables de recibir y autorizar órdenes	Planificación de como se presenta la información de acuerdo al área	Planificación de las políticas de trasmisión de datos	20%
T3	Datos levantados de: bodega, ordenes de trabajo, compra, informes de daño, hojas técnicas, etc	Implementación de Fase 1 y 2	Implementación de Fase 1 y 2	Implementación de la Fase 1,2 y 3	30%
T2	Datos levantados de: bodega, ordenes de trabajo, compra, informes de daño, hojas técnicas, etc	Implementación de Fase 1, 2 y 3	Implementación de Fase 1,2,3 y 4	Implementación de Fase 1,2,3,4 y 5	40%
T1	Datos levantados de: bodega, ordenes de trabajo, compra, informes de daño, hojas técnicas, etc	Implementación de Fase 1,2,3 y 4	Implementación de Fase 1,2,3,4 y 5	Implementación de Fase 1,2,3,4,5 y 6	50%

¹ **Big Data:** Levantamiento y selección de la Data de forma automática o manual relacionado con el mantenimiento para tenerla disponible en la nube de acuerdo a cada nivel. Para el caso de estudio los datos estan relacionados a costos y tiempos de mantenimiento.

² **Ciberseguridad:** Implementación de las fases de acuerdo a los niveles de jerar presentados en la Tabla 4.14 y que será implementada en la red, software, usuario y equipo como se indica en la Tabla 4.13.

³ **Cloudcomputing:** Fases para el almacenamiento de la información en la nube como se presenta en la Tabla 4.15, este proceso se debe de adaptar a las necesidades cambiantes de la institución.

⁴ **Internet de las cosas:** Las fases de implementación del internet de las cosas IoT se presentan a detalle en la Tabla 4.16 y se considera que es el pilarque más tiempo demanda para su implementación.

Nota: La Tala indica la eficacia de la implementación de los pilares de la industria 4.0 en sus diferentes fases, representados en función de los costos y tiempos.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

Conclusión 1.

Los modelos de gestión 4.0 vinculados a la industria y al parque automotor presentaron niveles jerárquicos derivados del organigrama de la empresa o institución, con diferentes fases de implementación en cada uno de los pilares de Industria 4.0 adoptados, donde cada uno de los mismos son implementados en diferentes etapas.

Conclusión 2.

Para la arquitectura de gestión se establecieron tres niveles jerárquicos de operación, táctico y directivo de acuerdo al organigrama de la institución, donde el manejo, tratamiento, transmisión y procesamiento de datos se basan en los pilares de I4.0 del big data, ciberseguridad, cloud computing e internet de las cosas que serán implementados en diferentes etapas y cada uno de ellos en diferentes fases.

Conclusión 3.

Para la implementación de las fases en los diferentes niveles jerárquicos se planteó una metodología enfocada al mantenimiento que parte desde los objetivos de la empresa o institución hasta el análisis de datos de forma programada que permitió una evaluación de los mismos mediante el cumplimiento de indicadores en función de costos y tiempos.

6.2. Recomendaciones

Recomendación 1.

Definir el presupuesto anual para la implementación de los pilares de gestión 4.0 y el tiempo de cumplimiento de cada fase para incorporar todos los pilares de forma cronológica.

Recomendación 2.

Establecer un plan de capacitación inicial sobre Industria 4.0 para que todos los que conforman el Gobierno Provincial del Azuay se alineen a la filosofía y objetivos de la empresa o institución.

Recomendación 3.

Se debe realizar la contratación de personal especializado desde la planificación hasta en cada uno de los momentos de la implementación de las fases de cada pilar de gestión 4.0.

Recomendación 4.

Se recomienda implementar la propuesta de gestión lo antes posible, contando con un equipo de profesionales con conocimientos diversos, capaces de integrarse según las fases propuestas de implementación.

Referencias Bibliográficas

- Ait El Cadi, A., Gharbi, A., Dhouib, K., y Artiba, A. (2021). *Joint production and preventive maintenance controls for unreliable and imperfect manufacturing systems*. Journal of Manufacturing Systems, Vol. 58, N° 0278-6125, Pág. 263-279.
- Albarrán, s., Salgado, M., y Pérez, J. (2020). *Integración de la gestión del conocimiento y la industria 4.0, una guía para su aplicación en una organización*. Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO, Vol. 1, N° 7, Pág. 1 - 13.
- Alejandro, A. (2022). *¿cómo incorporar el mantenimiento 4.0 a tu operación?* [Disponible en: [https:// www. datadec .es/blog /como- incoporar -mantenimiento -4.0-a -tu- operacion](https://www.datadec.es/blog/como-incorporar-mantenimiento-4.0-a-tu-operacion); Accedido el: 9 de junio del 2023].
- Alonso, M. (2021). *Gemelo digital: definición, nuevas variantes y alternativas*. Revista: Automática e Instrumentación, N° 527, [Disponible en: [https:// www. automatica einstrumentacion .com/ texto- diario/ mostrar/ 2824079/ gemelo- digital- definicion- nuevas- variantes- alternativas](https://www.automatica-e-instrumentacion.com/texto-diario/mostrar/2824079/gemelo-digital-definicion-nuevas-variantes-alternativas); Accedido el: 12 de mayo del 2023].
- Alvarez, L. (2017). *Modelos de gestión*. Areandina. Fundación Universitaria del Área Andina, isbn: 978-958-5459-28-1.
- Atlassian. (2024). *Gestión de incidentes para equipos de alta velocidad*. [Disponible en: [https:// www.atlassian. com/es/ incident-management/ kpis/ common- metrics](https://www.atlassian.com/es/incident-management/kpis/common-metrics); Accedido el: 29 de enero del 2024].
- Aulestia, J., y Guerrero, A. (2022). *Desarrollo de una herramienta informática basada en el método jack-knife para el análisis de fallas y costos en flotas de transporte*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Aura Quantic. (2021). *Integraciones con el conector sap*. [Disponible en: [https:// www. auraquantic .com/ es/ soluciones/](https://www.auraquantic.com/es/soluciones/); Accedido el: 9 de junio del 2023].
- Autycom. (2023). *Cuáles son los 9 pilares de la industria 4.0*. [Disponible en: [https:// www.autycom. com/ pilares-d e-la- industria- 4-0/](https://www.autycom.com/pilares-de-la-industria-4.0/); Accedido el: 5 de mayo del 2023].
- Aínsa, I. (2015). *El mantenimiento de maquinaria del futuro con realidad aumentada*. [Disponible en: [https:// www. itainnova.es /blog/ industria -4-0/ el-mantenimiento](https://www.itainnova.es/blog/industria-4.0/el-mantenimiento)

- de-maquinaria -del-futuro -con-realidad -aumentada/; Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- BBC Mundo. (2016). *Realidad aumentada*. [Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37678017>; Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- Burrus, D. (2023). *¿qué es la industria 4.0?* [Disponible en: <https://www.sap.com/latinamerica/products/scm/industry-4-0/what-is-industry-4-0.html>; Accedido el: 5 de mayo del 2023].
- Canahua, N. (2004). *Implementación de la metodología tpm-lean manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (oe) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica*. Scielo Perú, Vol.24, N°1 Lima, versión impresa issn 1560-9146, versión On-line issn 1810-9993.
- Centro de Innovación Industrial para el sector Automotriz CIIA. (2022). *Fabricación aditiva*. [Disponible en: <https://www.ciaa.mx/category/fabricacion-aditiva/>; Accedido el: 15 de mayo del 2023].
- Chen, Y., Annebicque, D., Philippot, A., y Alexandre, V. (2023). *Evaluation methodology of interoperability for the industrial domain: Standardization vs. mediation*. Processes MDPI. Vol. 11, N° 1274, Pág. 1 - 29.
- Chiavenato, I. (1993). *Iniciación a la planeación y el control de la producción*. McGraw-Hill, isban 9789701003091, [Disponible en: <https://books.google.com.ec/>; Accedido el: 5 de mayo del 2023].
- Concepto. (2023). *Robótica*. Revista Automática e Instrumentación. [Disponible en: <https://concepto.de/robotica/>; Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- Código orgánico de la planificación y finanzas públicas*. (2010).
- Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (cootad)*. (2015).
- Da Silva, P., De Oliveira, G., Neto, G., Ferreira, J., y Pujol, H. (2021). *Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries*. Journal of Cleaner Production, Vol. 278, N° 0959-6526.
- De la Sierra, F. (2021). *Cuánto deberían saber las empresas de big data*. [Disponible en: <https://www.avante.es/cuanto-deberian-saber-las-empresas-de-big-data/>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- De Toni, A., A y Meneghetti. (2020). *The production planning process for a network of firms in the textile-apparel industry*. International Journal of Production Economics, Vol. 65, N° 0925-5273, Pág. 17-32.
- Dinten, R., López, P., y Zorrilla, M. (2021). *Arquitectura de referencia para el diseño y desarrollo de aplicaciones para la industria 4.0*. Revista Iberoamericana de automática

e informática industrial.

- Díaz, F., Ortega, J., Medellín, V., Santana, L., Gonzáles, M., Oñate, G., y Baca, C. (2019). *Proyectos. formulación y criterios de evaluación*. Alfaomega. Isbn: 9789586827508.
- El Economista. EcoDiario.es. (2019). *¿sabes en qué año exacto comenzamos a usar estas palabras?* [Disponible en: [https:// es.wikipedia. org/ wiki/ Realidad _aumentada](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada); Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- Enwerem, G., y Ali, G. (2016). *Economic effects of bad roads on vehicle maintenance in nigeria*. International Journal of Scientific and Research Publications, Vol.6, N°6, Pág. 761–766.
- Erdil, A. (2020). *An evaluation on lifecycle of products in textile industry of turkey through quality function deployment and pareto analysis*. Procedia Computer Science, Vol. 158, N° 1877-0509, Pág. 735-744.
- Fegemu Solutions. (2023). *¿cuál es la diferencia entre una simulación y un gemelo digital?* [Disponible en: [https:// www. fegaut. com/es /blog/ cual-es -la- diferencia- entre-una -simulacion -y-un- gemelo- digital/ 0-432/](https://www.fegaut.com/es/blog/cual-es-la-diferencia-entre-una-simulacion-y-un-gemelo-digital/0-432/); Accedido el: 12 de mayo del 2023].
- Forbes. (2023). *Las cinco principales tendencias de ciberseguridad para 2023*. [Disponible en: <https://forbes.es/empresas/194234/las-cinco-principales-tendencias-de-ciberseguridad-para-2023/>; Accedido el: 15 de mayo del 2023].
- Fractal. (2023). *¿cómo hacer un plan de mantenimiento?* [Disponible en: https://www.fractal.com/es/como-hacer-un-plan-de-mantenimiento; Accedido el: 20 de agosto del 2023].
- Garell, A., y Gilera, L. (2019). *La industria 4.0 en la sociedad digital*. Marge Bookas. ISBN 8417313869, 9788417313869. N° de páginas: 226 páginas.
- González, G. (2001). *Las reformas sanitarias y los modelos de gestión*. Rev Panam Salud Publica/Pan Am, Vol. 9, N° 6, Pág. 406 - 412.
- Grapsas, T. (2018). *¿qué es cloud computing o computación en la nube?* [Disponible en: [https:// rockcontent. com/es/ blog/ computacion- en-la- nube/](https://rockcontent.com/es/blog/computacion-en-la-nube/); Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- Hole, G., y Hole, A. (2020). *Improving recycling of textiles based on lessons from policies for other recyclable materials: A minireview*. Sustainable Production and Consumption, Vol. 23, N° 2352-5509, Pág. 42-51.
- ICA Consultores América. (2020). *Amef de proceso*. [Disponible en: [https:// consultores america. com/ importancia -del -amef -en-tu -organizacion amef-de -proceso/](https://consultoresamerica.com/importancia-del-amef-en-tu-organizacion-amef-de-proceso/); Accedido el: 12 de diciembre del 2023].
- Joyanes, L. (2017). *Industria 4.0 la cuarta revolución industrial*. Alfaomega, Maracombo -

9788426725684, 500 páginas.

- Kagermann, H., Wahlster, W., y Helbing, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. final report of the industrie 4.0 working group*. [Disponible en: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf; Accedido el: 5 de mayo del 2023].
- Kaspersky. (2023). *¿qué es la ciberseguridad?* [Disponible en: <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-cyber-security>; Accedido el: 15 de mayo del 2023].
- Klingenberg, O., y Vale, J. (2017). *Industry 4.0: what makes it a revolution?* [Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/319127784>; Accedido el: 5 de mayo del 2023].
- Komatsu Mitsui. (2023). *Monitoreo komtrax*. [Disponible en: <https://komatsu.pe/index.php/monitoreo-komtrax/komtrax-movil>; Accedido el: 2 de octubre del 2023].
- Ley orgánica para la optimización y eficiencia de trámites administrativos*. (2018).
- Luna, M., Piña, I., y Álvarez, G. (2020). *Diseño de una metodología de mantenimiento predictivo para asegurar procesos de producción de la industria 4.0*. South Florida Journal of Development, Miami. Vol. 2, N° 1, Pág. 1009 - 1017. Doi: 10.46932/sfjv2n1-074.
- Luna, M., y Vázquez, G. (2019). *Metodología de mantenimiento predictivo 4.0 para asegurar procesos de producción*. Sistemas, cibernética e informática. Vol. 16, N° 2, Pág. 1 - 6.
- Meléndez, G., y Joffre, R. (2016). *Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la flota de transporte pesado de la empresa san joaquín s.a.* Universidad Señor de Sipán.
- Montoya, C. (2011). *El balanced scorecard como herramienta de evaluación en la gestión administrativa*. Visión de futuro. Vol. 15, N° 2.
- Mora, A. (2004). *La evaluación educativa: concepto, períodos y modelos*. Revista electrónica "Actualidades Investigativas en Educación". e-issn: 1409-4703.
- Norma Española UNE-EN 15341. (2008). *Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento*. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR.
- Norma Española UNE-EN 66175. (2003). *Guía para la implantación de sistemas de indicadores*. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR.
- Norup, N., Pihl, K., Damgaard, A., y Scheutz, C. (2018). *Development and testing of a sorting and quality assessment method for textile waste*. Waste Management, Vol. 79, N° 0956-053X, Pág. 8-21.
- Oliveira, D., Pujol, G., Ferreira, P., J andDa Silva, Da Silva, D., y Amorim, M. (2021).

- Stakeholders, influences on the adoption of cleaner production practices: A survey of the textile industry.* Sustainable Production and Consumption, Vol. 26, N° 2352-5509, Pág. 126-145.
- Ollero, A. (2001). *Robótica. manipuladores y robots móviles.* Marcombo S.A. Barcelona España, ISBN: 84-267-1313-0.
- Orientalmotor. (2023). *La robótica industrial crece en España, a pesar del "deficiente" marco normativo.* Revista Automática e Instrumentación. [Disponible en: [https:// www. automaticae instrumentacion. com/texto -diario/ mostrar/ 2735239/ robotica- industrial- crece- espana- pesar- deficiente -marco- normativo](https://www.automaticaeinstrumentacion.com/texto-diario/mostrar/2735239/robotica-industrial-crece-espana-pesar-deficiente-marco-normativo); Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- Osisoft, E., y Dassault, S. (2023). *Gemelo digital: definición, nuevas variantes y alternativas.* Automática e instrumentación [Disponible en: [https:// www. automatica einstrumentacion .com/ texto- diario/ mostrar/ 2824079/ gemelo- digital- definicion- nuevas- variantes- alternativas](https://www.automaticaeinstrumentacion.com/texto-diario/mostrar/2824079/gemelo-digital-definicion-nuevas-variantes-alternativas); Accedido el: 12 de mayo del 2023].
- Peñata, H., Bolaños, C., y Chimbí, J. (2021a). *Integración de la industria 4.0 en el modelo de gestión de mantenimiento de una empresa de producción de bebidas.* Tesis Master. Universidad ECCI.
- Peñata, H., Bolaños, C., y Chimbí, J. (2021b). *Integración de la industria 4.0 en el modelo de gestión de mantenimiento de una empresa de producción de bebidas.* Dirección de Posgrados, Universidad ECCI, Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
- Piedra, L. (2018). *Gestión de mantenimiento en la industria farmacéutica bajo la filosofía del lean maintenance y la industria 4.0.* Escuela de Ingeniería Electromecánica Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Red Hat. (2023). *¿qué es el internet de las cosas (iot)?* [Disponible en: [https:// www. redhat. com/es /topics/ internet- of-things/ what-is -iot](https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot); Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Rodríguez, F., y Gomez, L. (1991). *Indicadores de calidad y productividad de la empresa.* [Disponible en: [http:// scioteca .caf.com /handle/ 123456789/863](http://scioteca.caf.com/handle/123456789/863); Accedido el: 8 de mayo del 2023].
- Ruiz, E. (2021). *Diseño de un modelo de gestión de proyectos con la integración de industria 4.0 para mejorar la productividad de la industria manufacturera en la región occidental de la sabana de bogotá.* [Disponible en: <http://hdl.handle.net/10654/38742>; Accedido el: 2 de mayo del 2023].
- Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A., y Cevikcan, E. (2018). *Gestión de mantenimiento en la industria farmacéutica bajo la filosofía del lean maintenance y la industria 4.0.* Springer International Publishing, Cham, Pág.. 3–23. doi:10.1007/978-3-319-57870-5_1.
- Sarango, E. (2022). *Propuesta de un modelo de gestión, planificación y control de la producción*

enfocado en la industria 4.0 y sustentabilidad, según una categorización de niveles de automatización, en la industria manufacturera de bebidas no alcohólicas. Tesis de Maestría. Universidad Central del Ecuador.

- Segura, F. (2017). *Balanced scorecard, ¿retos u obstáculos? en la gestión del mantenimiento.* Universidad ECCI. Tesis de maestría.
- Shkiliova, L., y Fernández, M. (2011). *Sistemas de mantenimiento técnico y reparaciones y su aplicación en la agricultura.* Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol.20, N° 1, Pág. 72-77.
- Singh, J., Sung, K., Cooper, T., West, K., y Mont, O. (2019). *Challenges and opportunities for scaling up upcycling businesses – the case of textile and wood upcycling businesses in the uk.* Resources, Conservation and Recycling, Vol. 150, 104439.
- Storch, M., Llamas, B., Salet, E., Herrero, b., y Storch, J. (2018). *Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales.* Diaz de Santos. Isbn: 9788490520499.
- Swhosting. (2018). *¿qué es cloud computing?* [Disponible en: [https:// www. swhosting. com/](https://www.swhosting.com/); Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- Tecnipesa. (2021). *Qué es y cómo funciona la tecnología rfid.* [Disponible en: [https:// www. tecnipesa. com/blog /69- tecnologia- rfid-que -ventajas -tiene](https://www.tecnipesa.com/blog/69-tecnologia-rfid-que-ventajas-tiene); Accedido el: 9 de junio del 2023].
- Tecnológico de Monterrey. (2023a). *La arquitectura de la industria 4.0 parte 1.* Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Tecnológico de Monterrey. (2023b). *La arquitectura de la industria 4.0 parte 2.* Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Tenea. (2021). *Rami 4.0, el modelo de arquitectura de referencia para la industria 4.0.* [Disponible en: [https:// blog.tenea. com/rami -4-0- el-modelo -de- arquitectura -de- referencia- para-la- industria-4-0/](https://blog.tenea.com/rami-4-0-el-modelo-de-arquitectura-de-referencia-para-la-industria-4-0/); Accedido el: 29 de enero del 2024].
- Tobar, F. (1999). *Modelos de gestión: La encrucijada de la reconversión.* Enfoque management, Vol. 5, N° 8, Pág. 6 - 14.
- Torres, J., y Hervás, J. (2018). *Analítica avanzada para la industria 4.0.* Gartner. Market Opportunity Map: Analytics and Business Intelligence, Worldwide. Minsait by Indra.
- Traimak, I. (2022). *Arquitectura de la industria 3.0 y la industria 4.0.* Tecnológico de Monterrey.
- Up Spain. (2023). *Organigrama de una empresa. qué es y cómo crearlo.* [Disponible en: [https:// www. up- spain. com/ blog/ organigrama -de -una -empresa/](https://www.up-spain.com/blog/organigrama-de-una-empresa/); Accedido el: 3 de julio del 2023].
- Vilumsone, I. (2018). *Lay planning and marker making in textile cutting operations.* In The

Textile Institute Book Series, N° 9780081021224, Pág. 13-27.

- Visión Industrial. (2020). *Gestión del mantenimiento para la industria 4.0*. [Disponible en: [https:// vision industrial .com.mx/ industria/ operacion- industrial /gestion- del- mantenimiento- para- la- industria- 4-0](https://visionindustrial.com.mx/industria/operacion-industrial/gestion-del-mantenimiento-para-la-industria-4-0); Accedido el: 9 de junio del 2023].
- Wei, B., Hao, K., Gao, L., y Tang, X. (2019). *Detecting textile micro-defects: A novel and efficient method based on visual gain mechanism*. Information Sciences, Vol. 541, N° 0020-0255, Pág. 60-74.
- Wikipedia. (2023a). *Computación en la nube*. [Disponible en: [https:// es.wikipedia. org/w/ index.php ?title =Computaci%C3%B3n _en _la _nube oldid= 150735362](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Computaci%C3%B3n_en_la_nube&oldid=150735362); Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- Wikipedia. (2023b). *Internet de las cosas*. [Disponible en: [https:// es. wikipedia. org/ wiki/ Internet_de_las_cosas](https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas); Accedido el : 16 de mayo del 2023].
- Wikipedia. (2023c). *Realidad aumentada*. [Disponible en: [https:// es.wikipedia. org/wiki /Realidad _aumentada](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada); Accedido el: 16 de mayo del 2023].
- Yaghin, G. (2020). *Enhancing supply chain production-marketing planning with geometric multivariate demand function (a case study of textile industry)*. Computers Industrial Engineering, Vol. 140, N° 0360-8352.
- Zineb, A. (2006). *Monitoring and predictive maintenance: Modeling and analyze of fault latency*. Published by Elsevier B.V. doi:10.1016/j.compind.2006.02.017, Amsterdam, Nederland.

ANEXOS

Anexo A: Hoja técnica de la maquinaria

La Figura 6.1 presenta un ejemplo de una hoja técnica correspondiente a una maquinaria pesada.

Figura 6.1

de registro basada en la metodología establecida en el estándar SAE J1011/12.

FICHA TECNICA			
REALIZADO POR:	Martín Herrera Paloma Guadalupe	FECHA:	11 de septiembre 2020
MAQUINARIA- EQUIPO:	Tractor Topador Bulldozer	FABRICANTE:	John Deere
MODELO:	550J	MARCA:	John Deere
CARACTERISTICAS GENERALES			
PESO: 7718–8279 kg	ALTURA: 2743mm	ANCHO: 2921mm	LARGO: 1753mm
CARACTERISTICAS TECNICAS		FOTO DEL EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Profundidad de excavación por espacio libre 523mm. ➤ Capacidad del tanque de combustible 178 lts. ➤ Capacidad del tanque hidráulico 32.2 lts. ➤ Tracción final del tipo tripe reducción. ➤ Potencia 63 kW. ➤ Revoluciones 2200 rpm. 			
<p>FUNCION</p> <p>El Bulldozer se emplea en trabajos de excavación y empuje, este compuesto por un tractor sobre orugas o sobre dos ejes neumáticos y chasis rígido o articulado y una hoja horizontal, perpendicular al eje longitudinal del tractor, situada en la parte delantera del mismo.</p>			

Nota: La Tabla presenta como ejemplo, los modos y efectos de falla por lo que se para una turbina, que relaciona con las actividades o tareas de mantenimiento junto con otros conceptos.

Anexo B: Orden de compra



GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY

Tomás Ordóñez 8-69 y Bolívar
Cuenca - Ecuador

INFIMA CUANTÍA

Nro. de Orden de Compra: Servicios	IC-GPA-00017-2023
------------------------------------	-------------------

FECHA: 22/02/2023 10:37:47

AREA REQUERENTE : DIRECCION DE TALLERES

NÚMERO DE CERTIFICACION PRESUPUESTARIA : CP/000088 | NIC N° 0023 - TOLEDO TOLEDO JUAN CARLOS - SERVICIOS - RECONSTRUCCIÓN DE BISAGRE SUPERIOR E INFERIOR DE PUERTA DELANTERA LH, RECONSTRUCCION DE BASE DE BATERIA - VARIAS UNIDADES | 2023

SOLICITUD DE COMPRA : SC/2023/00015

TRÁMITE : 0528-I-2023

OBJETO DE CONTRATACION : El Contratista se obliga con el Gobierno Provincial de Azuay a proveer los servicios requeridos a entera satisfacción del Gobierno Provincial de Azuay, conforme el siguiente detalle:

PROVEEDOR:	TOLEDO TOLEDO JUAN CARLOS	PROFORMA Nro:	001-001-00813
RUC:	0104455225001	FECHA:	02/02/2023 23:35:59
TELÉFONO:		CONTACTO:	JUAN CARLOS TOLEDO
DIRECCIÓN:	GENERAL ARTIGAS 5-58 Y JORGE ISAAC	VIGENCIA:	90
CORREO:	jcttoledo35@hotmail.com		

ITEM	CPC	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	V.UNITARIO	V.TOTAL
1	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 30.00000000	\$ 30.00
2	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 30.00000000	\$ 30.00
3	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 75.00000000	\$ 75.00
4	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 75.00000000	\$ 75.00
5	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 130.00000000	\$ 130.00
6	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 40.00000000	\$ 40.00
7	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 90.00000000	\$ 90.00
8	871410513	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 110.00000000	\$ 110.00
9	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 30.00000000	\$ 30.00
10	871410018	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 57.00000000	\$ 57.00
11	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 189.00000000	\$ 189.00
12	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 70.00000000	\$ 70.00
13	871410521	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 38.00000000	\$ 38.00
14	871410512	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 245.70000000	\$ 245.70
15	871410514	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 207.00000000	\$ 207.00
16	871410514	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 36.00000000	\$ 36.00
17	871410514	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 162.00000000	\$ 162.00

Dirección: Tomás Ordóñez 8-69 y Simón Bolívar | Teléfono: 07 284 2588 | Sitio web: <http://www.azuay.gob.ec>



GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY

Tomás Ordóñez 8-69 y Bolívar
Cuenca - Ecuador

18	871410514	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 144.00000000	\$ 144.00
19	871410514	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 144.00000000	\$ 144.00
20	871410514	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 180.00000000	\$ 180.00
21	871410514	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 180.00000000	\$ 180.00
22	871410514	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 94.50000000	\$ 94.50
23	871410018	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 139.50000000	\$ 139.50
24	871410513	SERVICIO DE MANO OBRA 12% - Iva 12% Compra Servicios	UNIDAD	1.00	\$ 380.00000000	\$ 380.00
					Sub-Total:	\$ 2,876.70
					IVA 12%::	\$ 345.20
					Total:	\$ 3,221.90

NOTAS:

- Según la naturaleza de la contratación, en caso de requerirse, se puede incluir otras particularidades, para la correcta ejecución de la orden de compra.

- Para el caso de obras se deberá anexar los Análisis de Precios Unitarios (APU's).

- Lo no contemplado en la presente orden de compra, se estará a las disposiciones de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, su Reglamento General de aplicación, y demás normativa secundaria emitida para el efecto por parte del SERCOP.

ADMINISTRADOR DE LA ORDEN DE COMPRA:

La administración de la orden de compra, estará a cargo de JEREZ GUAMAN CRISTIAN GEOVANNY -TECNICO/A DE TALLERES, quien velará por el cabal y oportuno cumplimiento de todas y cada una de las obligaciones derivadas de la Orden de Compra y verificará que los bienes adquiridos/ servicios contratados/ obras ejecutadas, cumplan con las especificaciones técnicas/ términos de referencia establecidas en el objeto contractual.

La máxima autoridad o su delegado, podrá cambiar de administrador de la orden de compra, en cualquier momento durante la ejecución del referido instrumento, para lo cual bastará únicamente la notificación al contratista.

FORMA DE PAGO:

El Gobierno Provincial el Azuay, pagará la orden de compra para la "CONTRATACIÓN SERVICIO ESPECIALIZADO DE CHAPA Y PINTURA PARA LOS VEHICULOS PESADOS, LIVIANOS Y MAQUINARIA PESADA DEL GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY, una vez que se hayan ejecutado y cumplido con todos los componentes de los bienes/servicios/obras, conforme con el siguiente detalle:

PLAZO DE EJECUCION:

El plazo para la prestación de los servicios contratados a entera satisfacción de la contratante es de 90 días, contados a partir de la fecha de suscripción de la orden de compra.

OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA:

Dar cumplimiento cabal a lo establecido en los Términos de Referencia y/o Especificaciones Técnicas

MULTAS:

Dirección: Tomás Ordóñez 8-69 y Simón Bolívar | Teléfono: 07 284 2588 | Sitio web: <http://www.azuay.gob.ec>

Anexo C: Orden de trabajo

		GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY		
ORDEN DE TRABAJO CORRECTIVA				N°: C00006131
Area	CAMPAMENTO BASE	FECHA EMISION:	30/03/2021 09:08:26	
Grupo	MOTONIVELADORAS	SOT N°:		
Subgrupo	J. DEERE 670C	MEDIDOR DE SERVICIO:	5380 HRS	
SOLICITADO POR	ADMINISTRADOR TALLER	PROVEEDOR DE SERVICIO:	TALLERES PILAY	
Equipo : MOTONIVELADORA-009	COD.			
MARCA: JOHN DEERE	MODELO: 670C	SERIE: DW670CX569705	UBICACION:	
PLANIFICADO PARA:	30/03/2021 09:08:26	INMEDIATO:	<input checked="" type="checkbox"/>	PLAZO DE EJECUCION:
#	PROBLEMA REPORTADO	TRABAJO A REALIZAR		
01	GENERAL - GENERAL BASE DEL FILTRO DAÑADA	RECTIFICADO DE BASE DEL FILTRO		
TRABAJO REALIZADO				
OBSERVACIONES:				
PERSONAL A TRABAJAR	CARGO	FECHA	DESDE	HASTA
NIVEL DE SATISFACCION DE CUMPLIMIENTO:				
Calificar el trabajo realizado en una escala de 1 a 5:		FECHA DE CUMPLIMIENTO:		
Solicitado Por ADMINISTRADOR TALLER	Autorizado Por PEDRO DELGADO	Realizado Por	Recibi conforme	
		Nombre: _____	Nombre: _____	

Anexo D: Estudio de mercado para la definición del presupuesto



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
MUNICIPAL DEL CANTÓN 24 DE MAYO

ADMINISTRACIÓN 2019-2023

ESTUDIO DE MERCADO PARA LA DEFINICIÓN DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL

Tipo de producto:	Obra		Bien	
	Servicio	X	Consultoría	
Identificación del objeto:	ALQUILER DE 350 HORAS MAQUINAS DE TRACTOR DE 190HP PARA LA REAPERTURA, APERTURA Y CORTES DE GRADIENTE A LA VIA LA PROVIDENCIA, LOS CLAVALES, LA BELLA, EL MATECITO DEL CANTON 24 DE MAYO			
FECHA: (día/mes/año)	28/12/2022			

Instrucciones: El técnico del área requirente deberá llenar el presente formulario que contiene el estudio de mercado para la determinación y justificación del presupuesto referencial, de conformidad con el Art. 49 del nuevo Reglamento General de la LOSNCP, en concordancia con el numeral 26.1 del Art. 2 de la Codificación de las Resoluciones del SERCOP y las instrucciones que a continuación se detallan:

Para el caso de obras: Considerar la Norma de Control Interno de la Contraloría General del Estado 408-11.

Para el caso de consultorías: considerar el Art. 155 del nuevo Reglamento General de la LOSNCP.

Para el caso de bienes y servicios no normalizados: considerar el numeral 18 del Art. 6 de la LOSNCP.

Para el caso de Subastas Inversas: considerar el numeral 5 del Art. 130 del nuevo Reglamento General de la LOSNCP.

Para el caso de contratación de consultorías para los estudios de ingeniería y diseño definitivo: considerar el Art. 287 de la Codificación y actualización de las resoluciones del SERCOP.

Ínfima cuantía: En los procedimientos de ínfima cuantía, el estudio de mercado para la definición del presupuesto referencial, deberá cumplir únicamente lo establecido en los numerales 1 y 4 del presente formulario.

Catálogo Electrónico: Se exceptúa el cálculo del presupuesto referencial en los procedimientos de Catálogo Electrónico.

(Fundamento: Codificación de Resoluciones SERCOP, Art. 26.1, segundo párrafo).

Art. 99.- (LOSNCP).- Responsabilidades.- [...] Las entidades contratantes están prohibidas de incluir en el presupuesto referencial y en el precio del contrato los costos de cualquier reunión de trabajo, visita, inspección, recepción, proceso de capacitación, transferencia de conocimiento, entre otros. Se exceptúa de esta disposición los eventos de transferencia de conocimiento que sea en fábrica o para eventos de alta especialidad tecnológica o del conocimiento que estará previsto en el reglamento de aplicación a esta Ley, en todo caso los costos de estas actividades los cubrirá la entidad contratante mediante la aplicación de la normativa correspondiente.

1.- ANÁLISIS DEL BIEN O SERVICIO A SER ADQUIRIDO:

1.1. Características técnicas: Una vez adjudicado el Proveedor ganador, realizará el servicio dentro del plazo establecido, al delegado como administrador del GAD MUNICIPAL DEL CANTON 24 DE MAYO, Posterior se suscribirá el Acta Entrega Recepción de bienes, conforme indica el Reglamento de Bienes del Sector Público.

ITEM	DETALLE	ESPECIFICACION TECNICA	UNIDAD	CANTIDAD
1	ALQUILER DE 350 HORAS MAQUINAS DE TRACTOR DE 190HP PARA LA REAPERTURA, APERTURA Y CORTES DE GRADIENTE A LA VIA LA PROVIDENCIA, LOS CLAVALES, LA BELLA, EL MATECITO DEL CANTÓN 24 DE MAYO	ALQUILER DE 350 HORAS MAQUINAS DE TRACTOR DE 190HP PARA LA REAPERTURA, APERTURA Y CORTES DE GRADIENTE A LA VIA LA PROVIDENCIA, LOS CLAVALES, LA BELLA, EL MATECITO DEL CANTÓN 24 DE MAYO	hora	350



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN 24 DE MAYO

ADMINISTRACIÓN 2019-2023

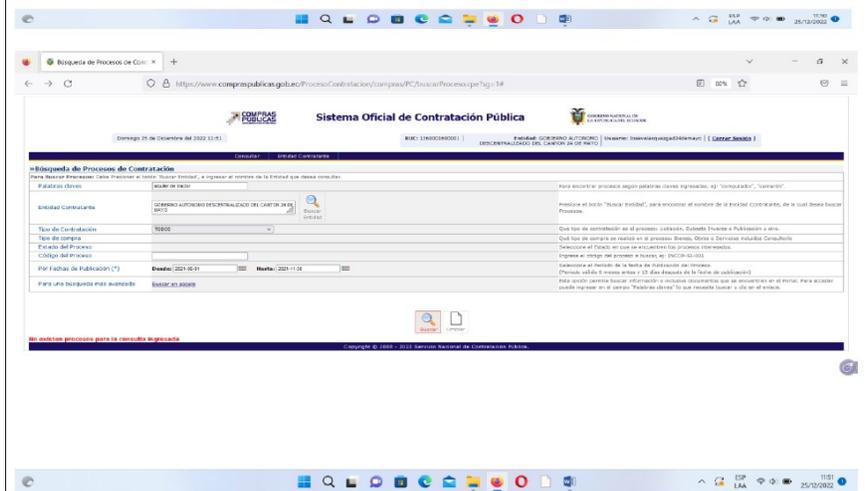
		CLAVALES, LA BELLA, EL MATECITO DEL CANTÓN 24 DE MAYO.			
--	--	--	--	--	--

2.- MONTOS DE ADJUDICACIONES SIMILARES:

Con la utilización de las herramientas de apoyo que constan en el Portal del SERCOP se realizó el respectivo procedimiento de búsqueda de información tanto en procesos publicados por la entidad, así como también en los procesos publicados a nivel nacional por otras entidades para determinar el presupuesto referencial, rango de búsqueda mínimo dos años.

ENTIDAD CONTRATANTE

La entidad contratante dentro del periodo de diciembre del 2020 hasta diciembre 2022 se evidencia que la entidad **NO ha realizado procedimiento** con relación al objeto de contratación





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
MUNICIPAL DEL CANTÓN 24 DE MAYO

ADMINISTRACIÓN 2019-2023

Las imágenes muestran tres capturas de pantalla del sistema web 'Sistema Oficial de Contratación Pública' en diferentes fechas:

- 19 de Noviembre del 2019 (19/11/2019):** Se muestra el formulario de búsqueda de procesos de contratación. El campo 'Entidad Contratante' está configurado como 'GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN 24 DE MAYO'. El tipo de contrato es 'Bienes'. El estado del proceso es 'Búsqueda de Proceso'. Las fechas de publicación son del 19/11/2019 hasta el 19/11/2019.
- 25 de Diciembre del 2019 (25/12/2019):** El formulario muestra el mismo estado, pero las fechas de publicación se han actualizado al 25/12/2019.
- 25 de Octubre del 2020 (25/10/2020):** El formulario muestra el mismo estado, pero las fechas de publicación se han actualizado al 25/10/2020.

En cada captura, se observan los campos de búsqueda, el tipo de contrato, el estado del proceso y las fechas de publicación, así como un botón de 'Búsqueda' y un mensaje de 'No existen procesos para la consulta ingresada'.