



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**Evaluación de sostenibilidad del sistema de gestión de
mantenimiento en empresa CASME C&M S.R.L. aplicando
índice CMSI**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Huaccha Quispe, Rubén (orcid.org/000-0002-0150-0459)

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (orcid.org/0000-0001-6743-6915)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente trabajo dedico a todas aquellas personas que creyeron en mí y de manera muy especial a mi familia que me acompañaron a lo largo de este proceso formativo el cual me inspira a seguir mejorando cada día.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por la vida y salud que me brinda para seguir adelante, también a todas aquellas personas y de manera especial a los docentes que a pesar de la pandemia que azotó al mundo entero, se esforzaron y buscaron los medios adecuados para brindarnos los conocimientos que nos ayuda a seguir creciendo profesionalmente.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra y muestreo	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIÓN	61
VI. CONCLUSIONES.....	65
VII. RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS	69
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de madurez para evaluación de sostenibilidad.....	19
Tabla 2. Escala de frecuencia.....	28
Tabla 3. Escala de impacto.....	28
Tabla 4. Análisis de criticidad.....	28
Tabla 5. Diagrama de Pareto.....	30
Tabla 6. Valores de los criterios que componen el Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento.....	34
Tabla 7. Escala del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI).....	36
Tabla 8. Estado de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI).....	36
Tabla 9. Valores posteriores de los criterios que componen el Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento.....	50
Tabla 10. Estado posterior del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI).....	52
Tabla 11. Estado posterior de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI).....	52
Tabla 12. Mejora del estado de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI).....	53
Tabla 13. Mejora del Estado de los criterios de la Perspectiva Financiera.....	54
Tabla 14. Mejora del Estado de los criterios de la Perspectiva Financiera.....	55
Tabla 15. Mejora del Estado de los criterios de los Procesos de Mantenimiento.....	56
Tabla 16. Mejora del Estado de los criterios de Innovación y Desarrollo.....	57
Tabla 17. Gastos administrativos.....	58
Tabla 18. Personal administrativo.....	59
Tabla 19. Otros.....	59

Tabla 20. Inversión total.....	60
---------------------------------------	----

Índice de figuras

Figura 1 Procedimiento para recolección de datos.....	23
Figura 2 Captura de pantalla del Sistema de Apoyo a la toma de Decisiones (DSS) para el indicador CMSI	24
Figura 3 Diagrama de Ishikawa	27
Figura 4 Diagrama de Pareto	32
Figura 5 Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento.....	35
Figura 6 Estado de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI).....	37
Figura 7 Estado de los criterios de la Perspectiva Financiera	37
Figura 8 Estado de los criterios de los Stakeholders de Mantenimiento	38
Figura 9 Estado de los criterios de los Procesos de Mantenimiento	38
Figura 10 Estado de los criterios de Innovación y Desarrollo.....	39
Figura 11 Puntos críticos	40
Figura 12 Diseño para el sistema de gestión de mantenimiento mejorado	41
Figura 13 Equipo para el mantenimiento en la empresa	43
Figura 14 Proceso general de mantenimiento	44
Figura 15 Árbol Seiri.....	47
Figura 16 Tarjeta Roja.....	48
Figura 17 Criterio frecuencia de uso.....	48
Figura 18 Incentivos y sanciones	49
Figura 19 Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento.....	51
Figura 20 Estado de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI) antes y después de la mejora	53
Figura 21 Mejora del Estado de los criterios de la Perspectiva Financiera	54
Figura 22 Mejora del Estado de los criterios de los Stakeholders de Mantenimiento	55

Figura 23 Mejora del Estado de los criterios de los Procesos de Mantenimiento	56
Figura 24 Mejora del estado de los criterios de Innovación y Desarrollo.....	57

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar la sostenibilidad del Sistema de Gestión de Mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI. Se desarrolló en marco de una metodología aplicada, de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño pre experimental. Considerando el uso de la técnica de la observación y, la guía de observación como instrumento. Como resultados se obtuvo que las causas principales ante el incumplimiento del sistema de gestión del mantenimiento fueron la falta de control de actividades de mantenimiento, la falta de seguimiento, equipos inoperativos y planes de mantenimiento no aplicados. Los puntos críticos detectados fueron la Perspectiva Financiera (0.25) y Procesos de Mantenimiento (0.308), lo cuales ocasionaban un indicador CMSI de 0.314. La mejora del sistema de gestión de mantenimiento se basó en el ciclo Deming en la se integró la planificación, ejecución, monitoreo y mejora continua. Con la propuesta incrementaron los valores del CMSI con un valor de 0.785 (47.1%), asimismo, las la perspectiva financiera mejoró en un 58.60%, los procesos de mantenimiento en 45.50%, los Stakeholders de Mantenimiento en 38.50% e Innovación y Desarrollo en 44.70%. La mejora implementada requirió una inversión de S/22,636.86. Concluyendo que, fue posible mejorar el nivel de sostenibilidad del Sistema de gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI.

Palabras Clave: Sostenibilidad, mantenimiento, indicador.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the sustainability of the Maintenance Management System in the company CASME C&M S.R.L. applying the CMSI index. It was developed within the framework of an applied methodology, quantitative approach, descriptive level and pre-experimental design. Considering the use of the observation technique and the observation guide as an instrument. As results, it was obtained that the main causes of non-compliance with the maintenance management system were the lack of control of maintenance activities, the lack of follow-up, inoperative equipment and maintenance plans not applied. The critical points detected were the Financial Perspective (0.25) and Maintenance Processes (0.308), which caused a CMSI indicator of 0.314. The improvement of the maintenance management system was based on the Deming cycle in which planning, execution, monitoring and continuous improvement were integrated. With the proposal, the values of the CMSI increased with a value of 0.785 (47.1%), likewise, the financial perspective improved by 58.60%, the maintenance processes by 45.50%, the Maintenance Stakeholders by 38.50% and Innovation and Development by 44.70%. The implemented improvement required an investment of S/22,636.86. Concluding that it was possible to improve the level of sustainability of the Maintenance Management System of the company CASME C&M S.R.L. applying the CMSI index.

Keywords: Sustainability, maintenance, indicator.

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de maquinaria ha ido evolucionando de un enfoque a otro a medida que las exigencias y avances tecnológicos aumentan. Las máquinas y equipos han incrementado su complejidad con el paso de los años, mientras que las líneas productivas, en su afán de aumentar su rentabilidad se han vuelto más sensibles a los problemas de disponibilidad, requiriendo sostenerse en propuestas de gestión más confiables y permanentes (Jasiulewicz-Kaczmarek, Antosz, et al., 2021).

En consecuencia, las propuestas de planificación preventiva y actividades de revisión han derivado a ser solo el punto de partida de todo Sistema de Gestión de Mantenimiento (SGM), hasta el grado en que al día de hoy, se presentan incluso soluciones automatizadas capaces de evaluar variables o parámetros de funcionamiento de los equipos de forma remota y continua, facilitando el diagnóstico y el manejo descentralizado del mantenimiento (Vrignat et al., 2022).

El problema de estas propuestas es que, aun cuando son viables, los análisis basados en confiabilidad y disponibilidad de los equipos se sustentan en la reducción de tiempos muertos en las líneas productivas, dejando de lado variables adicionales que podrían estar afectando la rentabilidad del sistema; es allí donde nace la necesidad de avanzar a un enfoque de análisis integral, que además de fortalecer la continuidad operativa de los equipos, busque la reducción de costos sin dejar de lado aspectos como la calidad, la seguridad operativa y el medioambiente (Jasiulewicz-Kaczmarek, Antosz, et al., 2021).

Para ello, el mantenimiento ha tenido que evolucionar de un enfoque preventivo a un sistema más inteligente, integrado y articulado en el que se involucre el compromiso de todos los niveles empresariales, y en que el manejo de datos, información y el apoyo en sistemas informáticos mediante las tecnologías aplicables sean el sustento para la aplicación del mismo (Jasiulewicz-Kaczmarek, Antosz, et al., 2021). Este crecimiento ha resultado en el desarrollo de varias perspectivas, pasando desde la función reactiva al conjunto de actividades preventivas; posteriormente la implementación del enfoque Lean Maintenance con el Total Productive Maintenance (TPM), en el cual se busca mermar los excesos sosteniendo la producción, y en última instancia el Green Maintenance, un enfoque

desarrollado para considerar los impactos ambientales en las actividades de un SGM (Jasiulewicz-Kaczmarek, Antosz, et al., 2021).

Sin embargo, en los últimos años varios investigadores han empezado a tomar atención a la perspectiva de sostenibilidad dentro del SGM (Franciosi et al., 2017; Maletič et al., 2018; Singh & Gupta, 2020) incorporando los objetivos de sostenibilidad en las estrategias de gestión de mantenimiento, tratando de acoplarse al enfoque de fabricación sostenible e integrando las tecnologías propias del Mantenimiento 4.0 en todas las etapas de vida de los equipos (Bilge et al., 2017; Chen et al., 2018). Esta propuesta prioriza la construcción de una ventaja competitiva que permita a las empresas un desarrollo en las tres dimensiones principales de la sostenibilidad; mejoras económicas, progreso social y reducción de impactos al medioambiente. De esta manera, un Sistema de Gestión de Mantenimiento Sostenible (SGMS) se presume como una forma evolucionada de gestionar las actividades de mantenimiento, integrándose al enfoque general de todo el ecosistema de la empresa (Hami et al., 2019).

De esta manera, un buen SGMS es crucial en el cumplimiento de los objetivos de fabricación sostenible, evaluando indicadores propios de las actividades de mantenimiento en concordancia a las dimensiones de sostenibilidad; a nivel económico, tal enfoque sostenible involucra los costes de mantenimiento derivados de repuestos, mano de obra, entre otros, además de los costes operativos; en la dimensión medioambiental, la correcta planificación del servicio y monitoreo de equipos reduce el consumo de insumos tecnológicos y materias primas, aumentando además la eficiencia en su uso; la dimensión social relacionará la función del mantenimiento con el personal involucrado dentro y fuera de la empresa, con mayor énfasis en el personal técnico capacitado, buscando una mayor competencia y satisfacción de los mismos a la par que se involucran aspectos de seguridad y prevención. (Jasiulewicz-Kaczmarek & Żywica, 2018).

Sin embargo, aparecen muchas dificultades básicas para su efectiva implementación, iniciando en la falta de compromiso por parte de las empresas y áreas gerenciales que aún no valoran el rol del mantenimiento convencional dentro de las actividades de gestión y no reconocen su capacidad e impacto, y siendo aún más escépticos con enfoques integrales (Ibrahim et al., 2019). Estos hechos son

más notorios al entender que, aun cuando se reconozca la relevancia de un enfoque de SGMS, existen pocas experiencias exitosas que hayan dado el paso a dicha sostenibilidad, sobre todo cuando se involucran aspectos sociales y medioambientales en los que las exigencias y requerimientos normalmente se adhieren al cumplimiento mínimo de normativa nacional o internacional (Hami et al., 2019).

Por ello, se hace relevante estudiar herramientas que permitan integrar cambios o medidas puntuales para acercar poco a poco a la empresa al nivel de sostenibilidad que se desea, sin necesidad de dar un gran salto o un cambio drástico en la forma de gestión actual. Debido a esto, diversos autores se han dado en la tarea de involucrar en los indicadores de gestión o KPI's habituales, dimensiones que involucren el ecosistema completo de trabajo, aspectos de seguridad, compromiso ambiental y seguridad laboral. Por ejemplo, la propuesta de Sénéchal y Trentesaux (2019) desarrolla un marco enfocado a la toma de decisiones en el mantenimiento de sistemas físicos para evaluar su impacto ambiental en miras del consumo de energía y contaminación; por otro lado (Amrina y Yulianto ,2018) proponen doce indicadores KPI para la evaluación del mantenimiento sostenible en la fabricación del caucho, considerando las tres dimensiones clave del desarrollo sostenible.

Investigaciones más recientes como la de (Franciosi ,2020) logran el desarrollo de dimensiones holísticas para medir el impacto del mantenimiento en la sostenibilidad general de la empresa desde la perspectiva de varios niveles de la empresa, desde el gerencial hasta el cliente final.

Sin embargo, debido a la complejidad multidimensional en la que se encuentra envuelto el mantenimiento sostenible, derivado del contexto y objetivos únicos de cada empresa y del impacto del mantenimiento en sus procesos de gestión, un adecuado formato de medición a miras de ser utilizado consistentemente para la toma de decisiones debe ser lo suficientemente adaptativo como para medir con certeza la realidad de la empresa. Con este objetivo en mente, los autores (Jasiulewicz y Zywica 2018) proponen integrar la perspectiva sostenible en la toma de decisiones para el mantenimiento tomando en consideración las tres dimensiones de sostenibilidad (económica, social y ambiental) con cuatro

perspectivas del Cuadro de Mando Integral (Balance Scorecard) de Kaplan y Norton; herramienta altamente empleada en la gestión empresarial.

Los autores logran construir mediante lógica difusa un indicador analítico y altamente aplicable a la toma de decisiones denominado Índice Compuesto de Sostenibilidad del Mantenimiento (Composite Maintenance Sustainability Index, CMSI), diseñando además en una investigación subsecuente un entorno para el apoyo en la toma de decisiones (Decision Support System, DSS) que permite la retroalimentación activa de cómo los cambios a futuro podrían acercar más a la empresa a nuevos niveles de sostenibilidad (Jasiulewicz-Kaczmarek, Żywica, et al., 2021).

De esta forma, viendo el constante avance en investigaciones relacionadas, se reconoce que la transición a un mantenimiento sostenible requerirá cambios en la manera en la que los responsables toman las decisiones, teniendo en cuenta el enfoque convencional basado en aspectos financieros hasta un enfoque más holístico que involucre aspectos sociales y ambientales, resultando en un proceso de mejora continua de cuatro etapas; primero, evaluar el desempeño actual en miras de la sostenibilidad; segundo, identificar los puntos de mejora; tercero, sugerir las acciones específicas para continuar aumentando la sostenibilidad percibida; finalmente, la implementación de tales acciones. En tal situación, el CMSI podría sostenerse como una herramienta de retroalimentación permanente en sistemas enfocados a la calidad permanente.

Bajo este contexto evolutivo de las perspectivas de mantenimiento, la empresa constructora local CASME C&M S.R.L. desempeña sus actividades a terceros, involucrada en el alquiler de equipos y servicios de mecánica, transporte y venta de combustible, materiales y repuestos a necesidad de los clientes. Recientemente, a razón de reconocer deficiencias en sus procesos de mantenimiento que derivaron en aumentos en los costos y presupuestos de reparación, en conjunto con un margen de incumplimiento en la programación de actividades, el autor (Castañeda, 2020) propuso la mejora en el enfoque de mantenimiento de la empresa aplicando herramientas Lean Maintenance, concretamente la adhesión del enfoque TPM y el manejo de las 5's en las áreas de trabajo.

Por lo tanto, a fin de continuar en el proceso de mejora continua, se busca la inserción de enfoques integrales para la evaluación de las actividades de gestión propiamente desarrolladas en la empresa, siendo el enfoque sostenible la característica idónea que cumple los estándares de calidad buscados por el área gerencial.

De esta manera, y a razón de tener un punto de partida para continuar mejorando la eficacia de sus procesos de forma integral, se busca evaluar mediante el Índice Compuesto de Sostenibilidad del Mantenimiento el rendimiento en cuanto a sostenibilidad actual, dando origen a la pregunta de investigación: ¿Cuál es la evaluación de la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI?

La propuesta, teniendo un carácter exploratorio, se encuentra justificada desde las siguientes perspectivas:

En primer lugar, a nivel práctico, la medición adecuada en la sostenibilidad de las actividades del SGM en la empresa CASME C&M S.R.L. con un enfoque holístico e integral, permitirá a los encargados de la toma de decisiones reconocer la situación actual de la empresa, facilitando hacer énfasis en aquellas dimensiones que estén siendo descuidadas y que puedan acercar, mediante la inversión de los recursos adecuados, al objetivo de sostenibilidad deseado.

A nivel metodológico, la propuesta evaluación de sostenibilidad por medio del CMSI en un caso práctico es de carácter innovador, permitiendo extender de la teoría a la práctica la metodología propuesta por los autores (Jasiulewicz y Zywicka 2018) y brindando una apertura para que, en futuras investigaciones o empresas pueda replicarse la metodología de análisis a emplear aquí empleada, mediante la utilización de los mismos instrumentos de medición y análisis.

A nivel económico, reconocer las dimensiones principales sobre las cuales existen deficiencias en la empresa CASME C&M S.R.L. permitirá obtener el mayor rendimiento posible de los esfuerzos y recursos empleados, permitiendo a futuro generar el mayor impacto en sus capacidades de mantenimiento con la inversión económica mínima posible.

Por último, a nivel teórico la generación de un antecedente de evaluación de sostenibilidad en un SGM con enfoque de caso de estudio, siendo el primero a nivel regional, permitirá a futuras investigaciones tener un resultado inicial para el contraste de teorías y conceptos, además de ser un punto de partida para la discusión de resultados.

Posteriormente, para el cumplimiento de la propuesta de investigación, se plantea como objetivo general el “Evaluar la sostenibilidad del Sistema de Gestión de Mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI”.

Para ello, se desglosa la investigación en el cumplimiento de cuatro (05) objetivos específicos tal y como se menciona a continuación; a) Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L; b) Identificar los puntos críticos que influyen en la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L; c) Mejorar los puntos críticos identificados en el sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L; d) Evaluar la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento mejorado en la empresa CASME C&M S.R.L. e) Detallar la inversión del sistema de Gestión de Mantenimiento mejorado en la empresa CASME C&M S.R.L.

Finalmente, se plantea como hipótesis: Es posible mejorar el nivel de sostenibilidad del Sistema de gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMS.

II. MARCO TEÓRICO

La presente propuesta de investigación se encuentra precedida por los siguientes antecedentes internacionales:

(Rivero et al 2022) en su investigación proponen como objetivo general construir un procedimiento para determinar el nivel de sostenibilidad presente en la Gestión de Sistemas y Tecnologías de Información. Los autores construyen una metodología basada en el análisis documental, construida en seis pasos diferentes; en primer lugar, establecen las dimensiones particulares de análisis enfocados al estudio sostenible; posteriormente construyen los criterios de medida y la selección de expertos encargados de corregir y pulir los criterios planteados; luego, pusieron a prueba la aplicación de la propuesta para determinar el nivel de Green IT/IS en una organización de prueba para finalmente, evaluar los resultados. Las conclusiones demostraron una gran capacidad de replicación para el estudio de sistemas de gestión sin importar el rubro o área de especialidad.

(Pérez, 2021) en su investigación plantean como objetivo principal lograr una alineación estratégica y la mejora continua de la gestión del mantenimiento mediante un enfoque sostenible, haciendo uso de un cuadro de mando integral en la industria del plástico ubicada en Cuba. Utilizó un como técnicas de recolección de datos la revisión documental de las definiciones analizadas, encuestas y entrevistas, luego de ello se realizó un análisis jerárquico que permita diseñar un indicador para medir la sostenibilidad del mantenimiento. En esta investigación se desarrolló un procedimiento de cuatro fases alineando a un enfoque sostenible mediante la Jerarquía de Saaty, además de estar basado en procesos y PHVA, concluyendo que puede ser utilizada para cualquier empresa del rubro o acondicionarla según sea el caso correspondiente.

(Hasan y Beshara, 2020) en su artículo de investigación desarrollan como objetivo principal la construcción de un modelo de evaluación del Mantenimiento Sostenible para proyectos de infraestructura vial en Egipto. La metodología construida por los autores se basa en los procesos de jerarquía analítica (Analytical Hierarchy Model, AHP) para clasificar y explorar el peso de 26 indicadores de evaluación con tres niveles de jerarquía que construyen las principales categorías y subcategorías sostenibles. Con la suma de cada indicador se construyó el Índice de Desempeño

de Mantenimiento Sostenible (SMI). Los autores concluyen que el modelo desarrollado permitirá a los encargados de la toma de decisión recibir retroalimentación sobre el desempeño actual a fin de reconocer los puntos principales de mejora y optimización factibles, para direccionar de forma inteligente y con mayor rendimiento esperado los recursos disponibles. Tal herramienta demostró ser reutilizable para evaluar el desempeño en etapa de operación y mantenimiento.

(Singh y Gupta, 2020) en su investigación proponen como objetivo principal el desarrollo de un marco para la aplicación de un sistema de mantenimiento sostenible en organizaciones enfocadas a la fabricación. Los autores identificaron por medio de la revisión de literatura, catorce factores de mantenimiento válidos para la mejora sostenible del desempeño mediante el uso de un modelo estructural interpretativo y un análisis MICMAC difuso, que les permitió estudiar la dependencia entre sí de los factores. Esto permitió generar un marco para mejora sostenible del rendimiento clasificando los principales factores impulsores mediante la técnica de preferencia de orden por similitud con una solución ideal (TOPSIS). Finalmente, se concluye que ningún factor puede funcionar de forma aislada en el aumento del rendimiento de un sistema de fabricación, en esta situación, la propuesta de los autores permite elegir las decisiones óptimas mediante la categorización de qué aspectos tienen mayor poder impulsor, encontrándose entre estos la participación activa de la alta dirección, la promoción de una cultura de trabajo participativa e innovadora y la actualización constante del sistema de mantenimiento.

(Franciosi et al, 2020) en su investigación proponen evaluar el entorno industrial del sur de Italia y sus metodologías para la autoevaluación del mantenimiento y su impacto en la producción. La investigación es de carácter exploratorio, aplicando por medio de una encuesta piloto entrevistas sobre varias partes interesadas en distintas empresas de producción a fin de evaluar de qué forma estas evalúan los impactos de sus actividades de mantenimiento en la sostenibilidad total de la empresa, y qué indicadores plantean para ello. En sus resultados declaran un bajo nivel de consciencia sobre las partes interesadas, y con la aplicación de indicadores centrados principalmente en aspectos económicos y técnicos, dejando de lado las perspectivas enfocadas al medio ambiente, calidad y seguridad. Sin embargo, aun

cuando existen grupos muy interesados en aumentar la relevancia de estas últimas perspectivas, no existen indicadores de sostenibilidad integrales que de forma práctica permitan una toma de decisiones adecuada.

(Amrina y Yulianto, 2018) en su investigación plantean como objetivo principal desarrollar un modelo estructural para interpretar y evaluar el mantenimiento desde un enfoque sostenible en la industria de caucho. Los autores basaron su propuesta en la construcción de indicadores clave de rendimiento (KPI) identificados mediante una revisión de literatura, con una posterior validación por expertos en el rubro del mantenimiento. La propuesta se basó en el modelo estructural interpretativo (ISM) que permiten la evaluación de tres factores; económicos, sociales y ambientales, divididos en un total de trece indicadores KPI y forman parte de los tres niveles del ISM desarrollado. Finalmente, la puesta a prueba del modelo ISM construido por los autores arroja como conclusión que, el factor económico es el aspecto básico de la evaluación, el factor social corresponde al factor intermedio mientras que el factor ambiental figura como el factor principal de toda la evaluación.

(Jasiulewicz-Kaczmarek & Żywica, 2018) realizaron una investigación con el objetivo general de proponer un modelo de procedimiento para la evaluación del Sistema de Gestión de Mantenimiento de una empresa desde la perspectiva sostenible. Los autores integran de forma metodológica las tres dimensiones principales de la sostenibilidad (económica, social y ambiental) con las perspectivas del cuadro de mando integral de Kaplan y Norton como base de su modelo de evaluación del Desempeño de Sostenibilidad del Mantenimiento. El modelo construido se basa en la lógica difusa para integrar indicadores de cuatro dimensiones generales distintas, la financiera, el desempeño de los involucrados en el mantenimiento (Maintenance Stakeholders), los procesos del mantenimiento y el nivel de innovación y desarrollo de la empresa evaluada. Los autores concluyen con la construcción del Índice de Sostenibilidad del Mantenimiento Compuesto (CSMI), un indicador con gran aplicabilidad para la toma de decisiones gerenciales enfocado al desarrollo sostenible.

(Cuzco et al, 2019) en su investigación proponen como objetivo principal aplicar una metodología de valoración cuantitativa para evaluar el rendimiento en la Gestión de Mantenimiento practicada en los hospitales del Instituto Ecuatoriano de

Seguridad Social Zona 3, Ecuador. Los autores aplican una metodología de cinco etapas con la que construyen paso a paso la metodología a aplicar; en primer lugar, discretizan los criterios de evaluación aplicables al área de estudio; en segundo lugar, plantean un sistema de ponderación para estos para, posteriormente, desarrollar el instrumento de evaluación. Luego, se proponen de validar el instrumento construido en una muestra de cuatro hospitales para, finalmente, identificar cuáles son los indicadores con bajo desempeño encontrados en la evaluación. Finalmente, los autores concluyen la aplicabilidad de su propuesta de evaluación de gestión en sistemas de mantenimiento para instalaciones estacionarias y sistemas para edificios, evaluando en un 55,5/100 el desempeño de la Gestión de Mantenimiento de los hospitales evaluados.

A nivel local no se encontraron investigaciones directas que se encarguen de evaluar los sistemas de gestión de mantenimiento desde una perspectiva sostenible; sin embargo, es común el desarrollo de investigaciones de mejora mediante enfoques integrales de gestión de mantenimiento, como el TPM propio del enfoque Lean o el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés). Todas estas propuestas de investigación serían puntos iniciales de aplicación para la evaluación posterior del enfoque integral y sostenible. En este aspecto, a nivel local dentro de la empresa CASME C&M S.R.L. ya se han integrado propuestas de SGM, de las cuales se puede destacar la siguiente:

(Castañeda, 2020) en su tesis de grado tuvo como objetivo general elaborar un plan de mantenimiento a fin de incrementar los niveles de productividad en los equipos de trabajo de la Constructora CASME C&M S.R.L. El autor aplica el enfoque TPM y las 5's propios de la metodología Lean Maintenance, a fin de fortalecer la capacidad de mantenimiento autónomo, las actividades de mejora focalizada y la capacitación continua del personal de trabajo. Tal investigación es de enfoque cuantitativo y diseño no experimental – descriptivo; de esta manera, se aplica un conjunto de encuesta y entrevista sobre los 15 colaboradores de la empresa para reconocer el estado inicial del SGM, logrando construir un plan de mantenimiento nuevo basado en los requerimientos y exigencias de calidad del área de gerencia y gestión. Finalmente, se concluye un estado inicial desalentador, con ausencia de planificación y organización de productividad, derivando en sobrecostos

significativos y fallas con detenciones totales de la productividad continuos. La propuesta Plan para Gestión de Mantenimiento del autor se estima en una inversión de S/ 15,500.00 y un B/C= 1.33.

Concretados los antecedentes de investigación necesarios para contextualizar la propuesta de investigación, se procede entonces a describir las teorías sobre las que se basará el presente trabajo. Sin embargo, antes de hacer introducción al enfoque de medición de la sostenibilidad en los SGM, debe entenderse qué es lo que el desarrollo sostenible aborda y cuál es su relevancia en la actualidad.

El desarrollo sostenible puede considerarse como la aspiración de la humanidad a tener una vida mejor (continuar con el desarrollo en todos sus aspectos) respetando las limitaciones impuestas por la naturaleza (Fonseca et al., 2020). El nivel de relevancia de este concepto en la sociedad actual es tal, que al año 2015 de forma internacional la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó los denominados 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a fin de integrar la operacionalización organizacional y la sostenibilidad en un solo enfoque, y de esta manera, abordar las necesidades actuales y futuras de todas las partes interesadas, garantizando un futuro mejor y sostenible para todos, sosteniéndose en tres dimensiones principales: el desarrollo económico, social y ambiental (Fonseca et al., 2020).

Históricamente, el concepto de desarrollo sostenible nace a mediados del año 1987, propuesto en el llamado “Informe Brundtland” de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, definiéndolo como un desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Dhahri & Omri, 2018).

Desde entonces, el desarrollo sostenible ha sido el camino que muchos entornos empresariales han tomado para reorientar el avance hacia un modelo más inclusivo, que busca crear una relación simbólica entre las tres dimensiones del mismo, entendiendo que, tanto el pilar social, ambiental y económico están íntimamente interrelacionados y no pueden ser considerados por separado (Dhahri & Omri, 2018). Esta interrelación fue difícil de entender para muchas compañías, pues debían aceptar que el desarrollo económico puro debe tener los límites adecuados, de lo contrario, una sociedad que se enfoque solo en esto,

incrementaría su producto interno bruto sin límites, pero también destruiría el medioambiente y atropellaría los derechos de la población involucrada (Dhahri & Omri, 2018).

Para entender mejor el objetivo de la sostenibilidad, se puede describir lo que representa o aspira la evaluación de cada una de sus dimensiones.

En primer lugar, a razón del desarrollo social no solo se espera disminuir y erradicar la pobreza, también se busca aumentar el bienestar de los individuos, permitir el acceso a mejores niveles de educación, cambiar a enfoques de enseñanza integrales y, a nivel empresarial, velar por la integridad y seguridad de los involucrados en los procesos de producción de la misma (Poltronieri et al., 2019).

A nivel económico, la entrada de emprendedores, aumento de la innovación y desarrollo de la economía del crecimiento y digitalización se han convertido en algunas de las principales variables para el aumento de la competitividad y un mejor desarrollo comercial y de mercado; adicionalmente, la integración de soluciones tecnológicas e introducción de sistemas de automatización y robótica permite mejorar la eficiencia de los sistemas reduciendo los riesgos y optimizando el consumo de recursos (Fonseca et al., 2020).

Finalmente, el aspecto medioambiental es uno que ha tomado mucha relevancia en los últimos años; la protección al medioambiente y el desarrollo sostenible se toman de la mano en soluciones tecnológicas como la generación de energía por fuentes renovables, como la eólica, solar, entre otros tipos de formas de energía verde. Adicionalmente, la entrada masiva de estas propuestas han estado estrechamente relacionadas con el involucramiento de políticas de apoyo, inclusión de proyectos comunitarios y le desarrollo de programas de financiación (Gasper, 2019).

Una vez aclarado el enfoque de la sostenibilidad y su relevancia en la sociedad actual, debe entenderse cómo esta se complementa a los sistemas de análisis de Gestión de Mantenimiento y cuál es la propuesta principal sobre la que se basa la presente investigación.

Desde un punto de vista pragmático, el objetivo principal del mantenimiento es optimizar el ciclo de vida general de un objeto; es decir, garantizar la máxima

disponibilidad y fiabilidad de los equipos de producción, al mínimo coste y de acuerdo con los requisitos legales vinculantes (en materia de medio ambiente, seguridad laboral, etc.) (Jasiulewicz - Kaczmarek & Gola, 2019).

A lo largo de los años, junto con el proceso productivo, el mantenimiento ha evolucionado desde la función reactiva, pasando por el preventivo, lean (Lean Maintenance), verde (Green Maintenance), hasta el enfoque moderno en el que se considera un proceso que debe gestionarse de forma perspectiva sostenible. Esta perspectiva de mantenimiento con enfoque sostenible se entiende como un subsistema clave del proceso de fabricación sostenible, por lo que uno no puede existir sin el otro (Jasiulewicz-Kaczmarek, Antosz, et al., 2021).

Sin embargo, para cambiar la visión convencional del mantenimiento como generador de costos, es necesario integrar la perspectiva sustentable en el proceso de toma de decisiones de mantenimiento. Esto requiere incluir requisitos de sostenibilidad económica, ambiental y social en el sistema de gestión del mantenimiento para reducir los impactos relacionados con el mantenimiento y sus consecuencias y desarrollar un nuevo sistema para evaluar el desempeño del mantenimiento teniendo en cuenta este impacto y sus consecuencias (Jasiulewicz-Kaczmarek & Żywica, 2018)

En base a ello, han surgido muchas formas de evaluar y recibir retroalimentación de los SGM en muchas investigaciones, pero para el caso se resalta el Índice Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI); este corresponde a una propuesta para evaluar el mantenimiento desde la perspectiva de fabricación sostenible construido mediante un análisis difuso por los autores (Jasiulewicz-Kaczmarek & Żywica 2018). Su enfoque estuvo orientado a resolver cuatro preguntas principales: ¿Cuál es el impacto de las perspectivas y criterios en el desempeño del mantenimiento sostenible?, ¿Cómo se puede determinar la importancia de estas perspectivas y criterios?, ¿Cómo se puede medir el desempeño del mantenimiento? Y ¿Cuál es el nivel real de rendimiento del mantenimiento desde el punto de vista de fabricación sostenible?

En base a esas dudas, los autores construyeron desde la perspectiva clásica del modelo de Balanced Scorecard (BSC) este modelo integral basado en cuatro perspectivas distintas y 14 indicadores.

La primera de las perspectivas del modelo de evaluación es la “Perspectiva Financiera” (FP). Refleja la función de mantenimiento que puede definirse como velar por la seguridad humana y de los equipos, el respeto por el medio ambiente y la accesibilidad al menor coste posible. La evaluación de esta perspectiva incluye dos criterios: (f1) costos de los interesados en el mantenimiento y (f2) costos de mantenimiento. La segunda perspectiva es la perspectiva de las “partes interesadas de mantenimiento” (Maintenance Stakeholders) (MS). Las partes interesadas de mantenimiento son varias unidades organizativas de la empresa que reciben servicios, en particular, el departamento de producción y sus empleados.

Los aspectos clave de esta perspectiva incluyen, entre otros: la satisfacción con los servicios prestados, el tiempo de respuesta, la disponibilidad de equipos técnicos, la información obtenida de los servicios de soporte técnico, la cooperación entre departamentos y la seguridad de los empleados y el medio ambiente. Bajo esta perspectiva, se los autores evalúan cuatro criterios: (s1) producción y calidad, (s2) seguridad y salud, (s3) medio ambiente, (s4) comunicación y cooperación con las partes interesadas.

La tercera perspectiva es los “Procesos de mantenimiento” (MP) que hacen referencia a todos los aspectos relacionados con las operaciones de mantenimiento, incluida la planificación y la programación, el seguimiento y el control, así como la mejora. El objetivo general en su evaluación es asegurar la eficiencia y eficacia de las operaciones, mediante la adecuada organización de los trabajos de mantenimiento, mejora de la gestión de repuestos y consumibles, mejora de la fiabilidad del servicio por parte de los servicios técnicos propios y unidades externas (proveedores de servicios), mejora de la seguridad de los servicios prestados, etc. Dentro de esta perspectiva se valoran cinco criterios: (p1) análisis y mejora, (p2) ejecución y medición, (p3) planificación y programación del mantenimiento procesos, (p4) gestión de servicios externos, (p5) gestión de repuestos y consumibles. La cuarta perspectiva, “Innovación y desarrollo” (ID), indica que lograr la eficiencia desde las perspectivas financiera, de partes interesadas y de procesos internos depende en gran medida de las competencias de los empleados, los recursos que puedan tener durante la ejecución de las tareas y el nivel de satisfacción laboral. Dentro de esta perspectiva, se evalúan tres áreas:

(id1) competencias de los trabajadores de mantenimiento, (id2) infraestructura de mantenimiento, (id3) satisfacción de los trabajadores de mantenimiento. Los alcances detallados de cada criterio de evaluación se presentan en la tabla 1.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación planteado es aplicada; debido a que pretende dar solución a un determinado problema de forma específica, teniendo como único fin la búsqueda y contrastación de resultados prácticos. Es por ello que el estudio emplea esta metodología con la finalidad de crear nuevos conocimientos comprobados en las diferentes áreas del centro de estudio (Gallardo, 2017).

En relación al enfoque, la investigación es cuantitativa, siendo estas aquellas investigaciones con una metodología bien estructurada y que manejan variables y dimensiones de característica cuantificable; adicionalmente, de trabajarse con variables cualitativas, una investigación con enfoque cuantitativo puede plantear la construcción de baremos mediante datos de carácter ordinal para poder realizar los análisis estadísticos respectivos (Cabezas et al., 2018).

En este aspecto, la aplicación del Índice Compuesto de Sostenibilidad del Mantenimiento (CMSI) establece la necesidad de emplear únicamente datos numéricos para la evaluación a modo de razón de los datos trabajados; por ende, aun cuando algunos subindicadores del proceso de recojo de información puedan ser elementos cualitativos, serán contruidos por medio de escalas ordinales que permitan su ordenación y valoración.

Por otro lado, con respecto al alcance la investigación propone un nivel descriptivo, ya que detallará las características del fenómeno estudiado, de tal forma se describe el comportamiento del problema, teniendo como única función el de recopilar información de manera conjunta referente a las variables de estudio (Cabezas et al., 2018).

En última instancia, el diseño planteado corresponde al pre experimental, empleando pre y post test. Este tipo de estudios destaca porque se analiza una sola variable y no se considera ningún tipo de control, no involucra la manipulación de la variable independiente (Arias & Covinos, 2021). Por otro lado, al emplear el pre y post test se refiere a una prueba antes y después de un estudio, con el fin de destacar y dar a conocer lo más relevante (Arias & Covinos, 2021).

De esta forma, la presente propuesta se plantea en el siguiente diseño esquemático:

$$O_1 \quad X \quad O_2$$

Dónde:

X= Sostenibilidad en el SGM

O1= Medición pre experimental de la Sostenibilidad en el SGM

O2= Medición post experimental de la Sostenibilidad en el SGM

3.2. Variables y operacionalización

Se plantea para el estudio el análisis de una única variable de investigación, correspondiente a la siguiente:

Variable de estudio: Sostenibilidad del Sistema de Gestión de Mantenimiento

Su respectiva operacionalización se presenta como anexo en el presente proyecto.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población corresponde a la totalidad de los individuos que delimitan el estudio a realizar, teniendo las características de interés en relación a la variable o temática correspondiente (Arias & Covinos, 2021). En este caso, se desea evaluar el nivel de sostenibilidad presente en el Sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa Constructora CASME C&M S.R.L., por lo tanto, la población elegida será todos los relacionados a este.

Muestra

La muestra hace referencia a aquel subconjunto representativo de la población sobre la cual se puede tener alcance para la aplicación de los instrumentos respectivos (Rodríguez & Mendivelso, 2018). Por lo general, la muestra busca aminorar los recursos necesarios para obtener información de la población total, por lo que esta debe representar fielmente la distribución de características de todo el conjunto poblacional. Sin embargo, la presente investigación plantea el análisis de todos los individuos involucrados en la población, tomando en consideración lo denominado como muestra censal (Arias & Covinos, 2021).

La muestra censal es aquel caso en donde todos los individuos de estudio serán considerados dentro del mismo (Arias Gonzáles, 2020); por lo tanto, la muestra es equivalente a los Sistemas de Gestión de la empresa CASME C&M S.R.L.

Muestreo

Al aplicar una muestra censal no es necesaria la aplicación de una técnica de muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas de recojo de datos corresponden a aquellas metodologías por las cuales se obtendrán los datos objetivo en relación a la variable de estudio sobre la muestra seleccionada (Gallardo, 2017). Estas técnicas dependerán a la forma en la que la información requerida se encuentra disponible en los sujetos de análisis. Para el caso, se han planteado dos técnicas principales, la observación directa y el análisis documental.

La observación directa consiste en analizar directamente el fenómeno, caso o hecho estudiado a fin de obtener la información requerida y registrarla en algún instrumento adecuado para su posterior análisis (Arias Gonzáles, 2020); para el caso, el instrumento construido corresponde a la “Ficha de observación para el análisis de la sostenibilidad en la Gestión de Mantenimiento” descrito a detalle en el punto siguiente.

En lo concerniente al análisis documental, es un procedimiento basado en la selección y discretización de ideas informativas relevantes a la investigación realizada y presentes en un documento escrito o digitalizado (Arias Gonzáles, 2020); el objetivo de este es estudiar la documentación referente a la Gestión del Mantenimiento dentro de la constructora CASME C&M S.R.L. a fin de reconocer los procedimientos, actividades, registros, planes de mantenimiento, cronogramas y análisis de costos y tiempos existente, y, de esta manera, poder solventar los aspectos establecidos en la ficha de observación construida. El proceso respectivo se divide en cuatro fases, descripción bibliográfica, catalogación, indización y resumen de los aspectos encontrados.

Instrumentos

Como instrumentos se empleará una guía de observación construida en base a los indicadores del CMSI establecidos por (Jasiulewickz y Zywicki 2018). El instrumento consta de 4 dimensiones con un total de 14 criterios y 83 reactivos, agregado como anexo en la presente propuesta de investigación.

Si bien el indicador CMSI no establece los ítems específicos a medir o la forma en la que este deba ser medido, recomienda la construcción de criterios propios a la realidad de la empresa que establezcan una medición numérica a fin de que, el valor final del criterio se mida como la relación entre la puntuación obtenida entre la puntuación total accesible del mismo, dando como resultado un rango continuo de 0 a 1, tal y como se representa en la siguiente ecuación:

$$\text{Valor del criterio} = \frac{\text{Puntaje obtenido}}{\text{Puntaje máximo disponible}}; [0; 1] \quad \text{Ecuación (01)}$$

De esta manera, se ha decidido construir el instrumento en relación a una escala de medición lingüística politómica, basado en un enfoque de Matriz de Madurez con cinco (05) niveles.

Cada nivel establecerá un acercamiento mayor de la madurez en el aspecto específico de los procesos medidos de la empresa hacia el enfoque objetivo, visto como la mejora continua de la gestión con enfoque sostenible. A su vez, cada nivel de madurez representará un punto adicional a la valorización del criterio propio de la empresa. Estos niveles se resumen y describen en la Tabla 1, siendo esta la escala con la que se medirá cada ítem respectivo a los criterios del CMSI.

Tabla 1

Niveles de madurez para evaluación de sostenibilidad

Nivel de madurez	Punt.	Significado
-------------------------	--------------	--------------------

Nivel 1 – Se desconoce	0	El ítem en relación al criterio no se tiene identificado ni existen planes de evaluarlo a priori; usualmente solo se tiene en cuenta cuando afecta drásticamente los procedimientos. La empresa no genera respuesta ante sus consecuencias.
Nivel 2 – Se administra correctivamente	1	Se reconoce el hecho y las consecuencias negativas precedentes de su existencia/ausencia, mas no se tienen planificaciones ni estimaciones del mismo. Se trabaja de forma correctiva.
Nivel 3 – Se encuentran identificados	2	Se reconoce y evalúa el hecho y las consecuencias negativas precedentes de su existencia/ausencia, existiendo una estimación superficial de los mismos, pero sin planificación al respecto. Se trabaja Con procedimientos de gestión fijos y básicos.
Nivel 4 – Se administran cuantitativamente (previstos)	3	Se reconoce y evalúa el hecho y las consecuencias negativas precedentes de su existencia/ausencia, existiendo una estimación clara de su impacto en los procesos de gestión. Se incluye un plan o programa de gestión basada en sustentos cuantitativos (indicadores, medición constante, etc)
Nivel 5 – En proceso de optimización	4	Se reconoce y evalúa el hecho y las consecuencias negativas precedentes de su existencia/ausencia, existiendo un plan de mejora continua para la mejora del estado en relación al mismo. Se trabaja en proyección a la mejora continua de los procedimientos de gestión relacionados al aspecto en cuestión.

Finalmente, cada dimensión y criterio se medirá como se explica a continuación

En primer lugar, con respecto la dimensión “Perspectiva Financiera” (FP), se manejarán 2 criterios:

F1, definido como Costos de Stakeholders de Mantenimiento; este será evaluado por medio de 9 ítems (1-9) con un rango de puntuación final de 0 a 36 puntos.

F2, definido como los Costos directos del mantenimiento; este será evaluado por medio de 5 ítems (10-14) con un rango de puntuación final de 0 a 20 puntos.

Para la dimensión “Stakeholders de Mantenimiento” (MS), se manejarán 4 criterios:

S1 definido como Producción y Calidad; este será evaluado por medio de 8 ítems (15-22) con un rango de puntuación final de 0 a 32 puntos.

S2, definido como los Seguridad y Salud; este será evaluado por medio de 5 ítems (23-27) con un rango de puntuación final de 0 a 20 puntos.

S3, definido como Ambiente; este será evaluado por medio de 5 ítems (28-32) con un rango de puntuación final de 0 a 20 puntos.

S4, definido como Comunicación y cooperación con los Stakeholders; este será evaluado por medio de 4 ítems (33-36) con un rango de puntuación final de 0 a 16 puntos.

Con respecto la dimensión “Procesos de Mantenimiento” (MP), se manejarán 4 criterios:

P1, definido como Análisis y mejora; este será evaluado por medio de 9 ítems (37-45) con un rango de puntuación final de 0 a 36 puntos.

P2, definido como los Ejecución y medición; este será evaluado por medio de 8 ítems (46-53) con un rango de puntuación final de 0 a 32 puntos.

P3, definido como los Planificación y programación de mantenimiento; este será evaluado por medio de 6 ítems (54-59) con un rango de puntuación final de 0 a 24 puntos.

P4, definido como los Gestión de servicios externos; este será evaluado por medio de 4 ítems (60-63) con un rango de puntuación final de 0 a 16 puntos.

P5, definido como los Gestión de repuestos y consumibles; este será evaluado por medio de 6 ítems (64-69) con un rango de puntuación final de 0 a 24 puntos.

Finalmente, para la dimensión “Innovación y Desarrollo” (ID), se manejarán 2 criterios:

D1, definido como Competencias de trabajadores de mantenimiento; este será evaluado por medio de 4 ítems (70-73) con un rango de puntuación final de 0 a 36 puntos.

D2, definido como la Infraestructura de mantenimiento; este será evaluado por medio de 5 ítems (75-79) con un rango de puntuación final de 0 a 20 puntos.

D3, definido como la Satisfacción de trabajadores de mantenimiento; este será evaluado por medio de 4 ítems (80-83) con un rango de puntuación final de 0 a 16 puntos.

3.5. Procedimientos

Para la recolección de los datos, se plantea un procedimiento estructural en coordinación a la institución de estudio, comenzando con la programación y coordinación de visitas técnicas de observación, recolección de documentación y posterior análisis para llenado de la Guía establecida.

El diagrama de procedimientos se establece en la Figura 1, detallando cada una de las etapas de recojo de información establecidas.

3.6. Método de análisis de datos

Una vez construida la valoración para cada uno de los indicadores propuestos en el CMSI, se procederá a emplear la plataforma virtual “Sistema de Apoyo a la Decisión” (DSS) propuesta por los autores (Jasiulewicz et al. 2021) que incluye el análisis de integración difusa respectivo (Figura 2), valorando el impacto de cada indicador sobre el resto, y sobre la sostenibilidad total, y con esto, se obtendrá automáticamente el valor del CMSI inicial de la empresa de estudio y, adicionalmente, cuales indicadores podrían fortalecer de manera eficaz el resultado actual.

Adicionalmente, se empleará el software Microsoft Excel para la construcción de gráficos, tablas u elementos descriptivos requeridos para la presentación de los resultados encontrados.

Figura 1

Procedimiento para recolección de datos

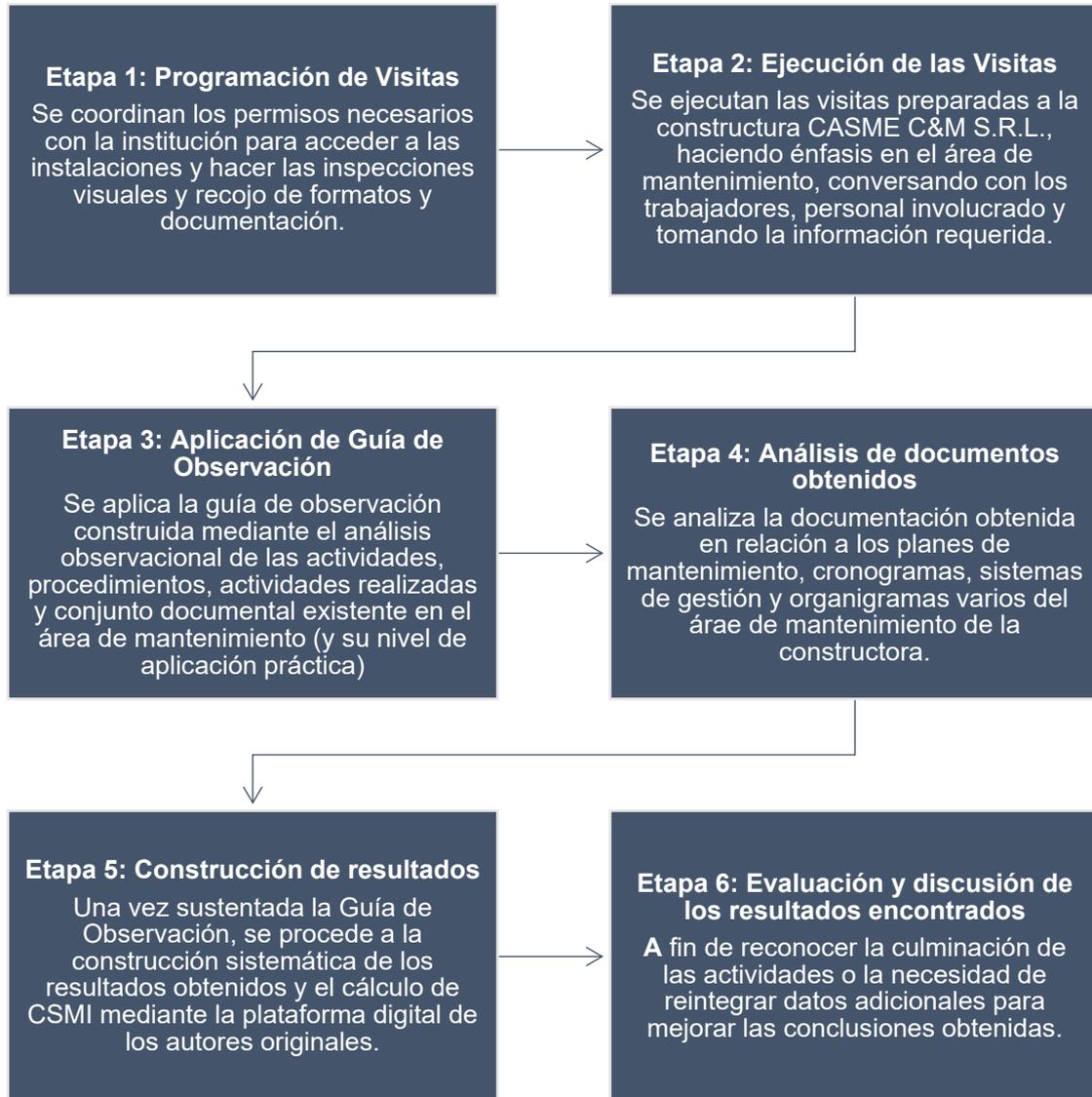
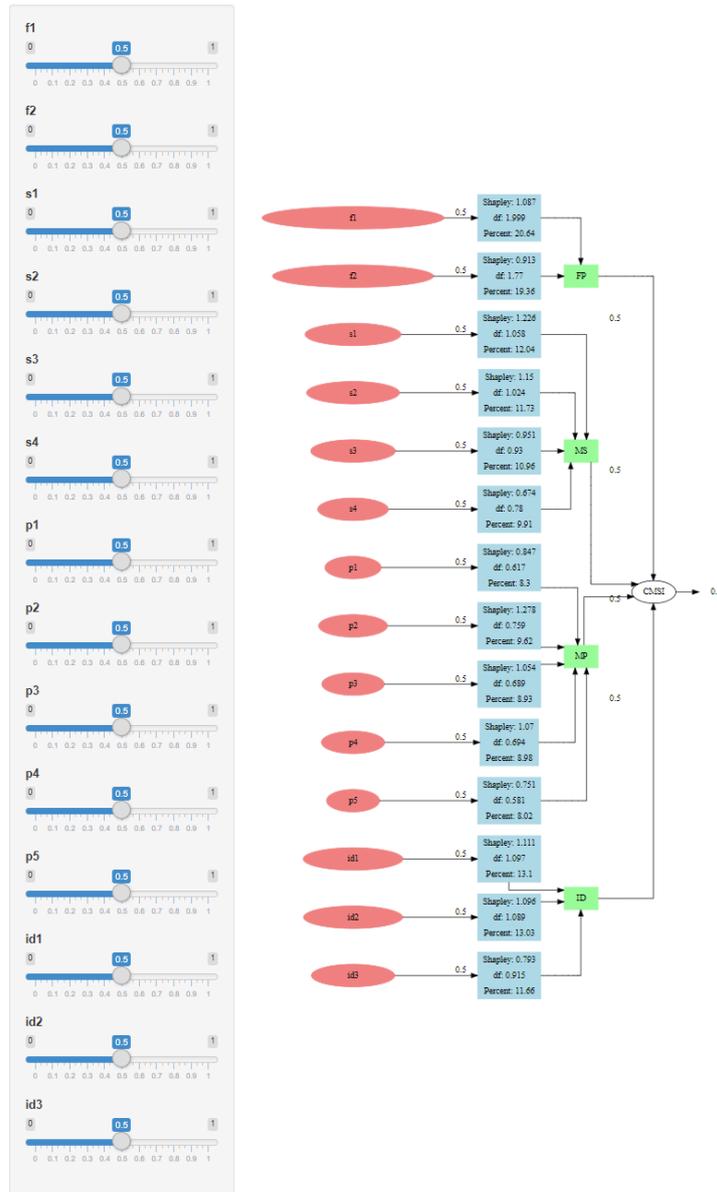


Figura 2

Captura de pantalla del Sistema de Apoyo a la toma de Decisiones (DSS) para el indicador CMSI

UR App



Nota. En el caso se muestra un ejemplo de aplicación en la que todos los criterios se establecieron en valores de 0.5, dando un CMSI de 0.5. Tomado de Jasiulewicz et al. (2021) en la Revista “Maintenance and Reliability”.

3.7. Aspectos éticos

Para justificar el respectivo cumplimiento ético e imparcialidad durante el desarrollo de la presente propuesta de investigación, se tendrán en cuenta los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Cesar Vallejo emitida por

Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV, cuyo ámbito de aplicación se extiende a todos aquellos que realizan investigación dentro de esta, incluyendo docentes, docentes investigadores y estudiantes. Para ello, se establecerán los siguientes principios generales:

Respeto por las personas en su integridad y autonomía: se reconocerá la dignidad de los involucrados, independientemente a su procedencia, estatus socioeconómico, etnia, género u otra característica, dando prioridad al bienestar humano sobre los intereses de la investigación; este aspecto será tomado en cuenta en todos los trabajadores del área de mantenimiento de la empresa de estudio, y aquellos involucrados en la gestión y gerencia.

Búsqueda del bienestar: la investigación y sus resultados se encuentran directamente orientados a buscar un aumento en el bienestar de los individuos estudiados, esperando sentar las bases para futuras mejoras en la calidad social y ambiental de los procedimientos de mantenimiento dentro de la empresa estudiada.

Justicia: todos los individuos involucrados serán tratados de forma igualitaria, sin tomar mayor relevancia a las opiniones de uno sobre otros.

Honestidad: los resultados obtenidos serán completamente transparentes, sin tergiversación o modificación de los datos obtenidos a fin de que sea repetible la toma de información y el análisis aquí expresado.

Rigor científico: se establecerá una metodología establecida para el análisis de la sostenibilidad en los procedimientos de gestión de mantenimiento, a fin de disponer de la mejor evidencia científica disponible en la temática estudiada. Posteriormente, la interpretación de datos se hará de forma rigurosa, al igual que su análisis respectivo.

Competencia profesional y científica: se mantendrá e mayor nivel de preparación y actualización documental disponible, empleando únicamente antecedentes, teorías y conceptos establecidos en un marco temporal no mayor a cinco años de antigüedad, con el fin de emplear únicamente definiciones actuales y sustentadas del área de estudio.

Adicionalmente, al establecer una propuesta investigativa en el ámbito de ingeniería, se cumplirá con lo establecido por el Código de Ética del Colegio de

Ingenieros del Perú, establecido en su capítulo II, conceptos fundamentales – Principios fundamentales, que establece el cumplimiento de la honestidad e imparcialidad durante la ejecución de actividades profesionales o de investigación, esperando fomentar el prestigio, calidad e idoneidad de las actividades de ingeniería sobre las instituciones profesionales y académicas sobre las que estas sean aplicadas. En este aspecto, se mantendrán los siguientes aspectos de conducta durante la aplicación de la investigación:

Lealtad profesional: al establecer el cumplimiento de requerimientos exigidos por la institución académica Universidad Cesar Vallejo, al ser esta el alma mater en al que se realizan las actividades de investigación; adicionalmente, en vela de que la propuesta planteada esté orientada a la obtención de resultados y mejoras para la empresa de estudio.

Honestidad: a razón de la imparcialidad y buena descripción de los resultados encontrados en el análisis respectivo sobre las actividades empresariales de la institución de estudio, sin la tergiversación alguna de estos datos.

Honor profesional: en la aplicación respectiva de los procedimientos, metodologías y teorías de carácter profesional correctamente sustentadas.

Responsabilidad: al cumplir en tiempos y planificación los procedimientos y actividades establecidas dentro de los cronogramas propuestos para la investigación.

Solidaridad: al buscar comprender la situación y contexto de los trabajadores involucrados en las actividades de mantenimiento de la empresa de estudio, a fin de establecer las condiciones actuales y las posibles mejoras para fortalecer su bienestar y calidad de trabajo.

Respeto: al tratar con igualdad y manteniendo la integridad de todos los involucrados en el proceso de investigación, en los que se contabiliza a los 15 trabajadores propios del área de mantenimiento de la empresa de estudio.

Inclusión social: al evitar en todo aspecto la discriminación de cualquier tipo, sin importar condición socioeconómica, raza o cualquier otra característica distinguible.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico

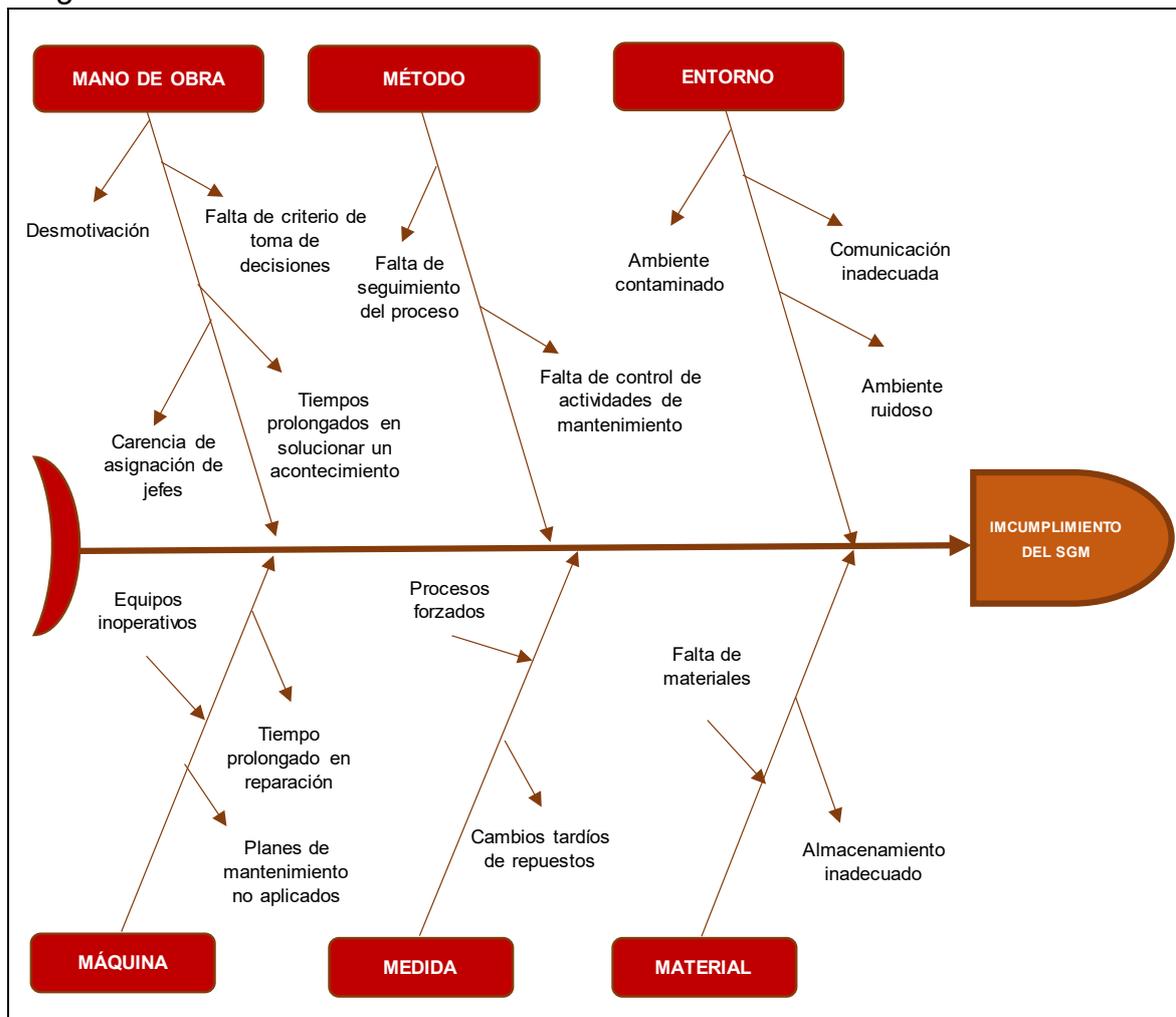
Se diagnosticó la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L encontrando la siguiente información:

La empresa CASME C&M S.R.L se dedica al alquiler de equipos de Izaje, electricidad, mecánica de equipo pesado, soldadura y construcción. Esta es una constructora ubicada en Cajamarca perteneciente al sector transporte de carga por carretera.

Se realizó el diagnóstico por medio del diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto.

Figura 3

Diagrama de Ishikawa



fuentes. Elaboración propia

Se construyó el diagrama de Ishikawa identificando las causas y efectos del contexto de la empresa en cuanto a la operación de sus actividades, estas causas provocan que el sistema de gestión de mantenimiento no aplique adecuadamente.

Asimismo, se construyó el diagrama de Pareto, la cual nos ayudó a palpar los niveles de impacto de las causas anteriormente identificadas.

Tabla 2.

Escala de frecuencia

Descripción	Valor
Muy poco frecuente	1
Poco frecuente	2
Frecuente	3
Muy frecuente	4

fuentes. Elaboración propia

Tabla 3.

Escala de impacto

Descripción	Valor
Bajo	1
Medio	2
Alto	3
Muy alto	4

Fuentes. Elaboración propia

Tabla 4.

Análisis de criticidad

Causa	Frecuencia	Impacto	Efecto
Procesos forzados	2	2	4
Falta de seguimiento	3	4	12

Equipos inoperativos	3	4	12
Carencia de asignación de jefes	1	2	2
Falta de control de actividades de mantenimiento	4	4	16
Comunicación inadecuada	3	2	6
Tiempo prolongado en reparación	3	2	6
Planes de mantenimiento no aplicados	4	3	12
Almacenamiento inadecuado	2	1	2
Falta de materiales	1	2	2
Cambios tardíos de repuestos	1	3	3
Ambiente ruidoso	2	2	4
Ambiente contaminado	2	2	4
Tiempos prolongados en solucionar un acontecimiento	3	3	9
Falta de criterio de toma de decisiones	3	2	6

Desmotivación	2	1	2
			102

Fuente. Elaboración propia

Tabla 5.

Diagrama de Pareto

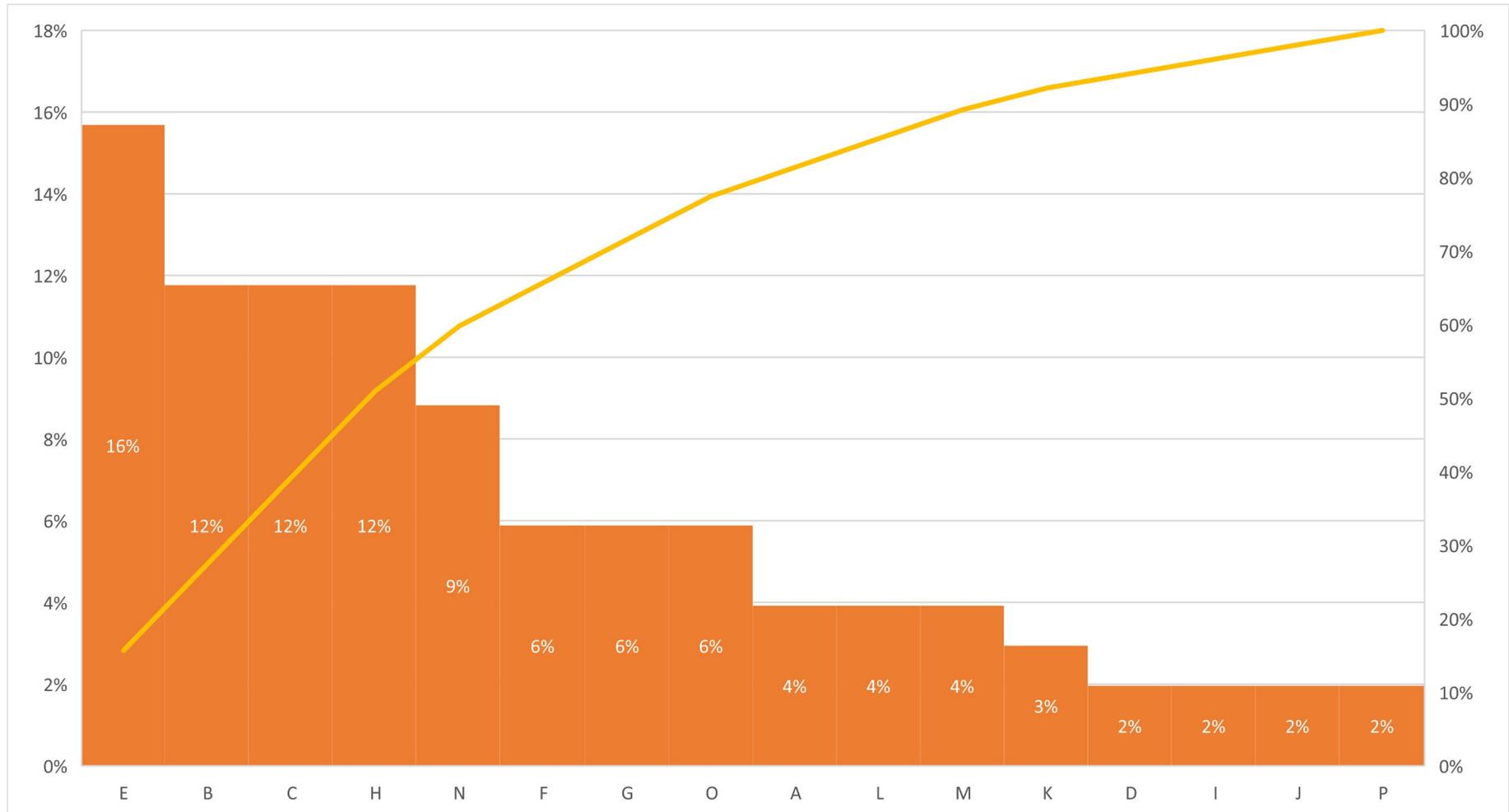
	Causa	Efecto %	Efecto Acumulado %
A	Procesos forzados	4%	4%
B	Falta de seguimiento	12%	16%
C	Equipos inoperativos	12%	28%
D	Carencia de asignación de jefes	2%	30%
E	Falta de control de actividades de mantenimiento	16%	45%
F	Comunicación inadecuada	6%	51%
G	Tiempo prolongado en reparación	6%	57%
H	Planes de mantenimiento no aplicados	12%	69%
I	Almacenamiento inadecuado	2%	71%
J	Falta de materiales	2%	73%
K	Cambios tardíos de repuestos	3%	76%
L	Ambiente ruidoso	4%	80%
M	Ambiente contaminado	4%	83%

N	Tiempos prolongados en solucionar un acontecimiento	9%	92%
O	Falta de criterio de toma de decisiones	6%	98%
P	Desmotivación	2%	100%
		100%	

Fuente. Elaboración propia

Figura 4

Diagrama de Pareto



Fuente. Elaboración propia

A partir del diagrama de Pareto, se pudieron visualizar las causas principales y estas resultaron ser la falta de control de actividades de mantenimiento, la falta de seguimiento, equipos inoperativos y planes de mantenimiento no aplicados. Todo ello provocó que el sistema de gestión de mantenimiento no se desarrolle de manera idónea.

La carencia de control de las actividades de mantenimiento nos manifestó la existencia de una deficiencia en detectar fallas, reducirlas o repararlas si fuera el caso. Al no haber detectado dichas fallas, estas provocaron el surgimiento de eventos inesperados y por ende las actividades de la empresa cesaron. Acompañado a ello, se tuvo la falta de seguimiento, la cual implicó que los trabajadores no llevaban una guía de sus actividades, que llevar un seguimiento ayuda a tener el estado de los procesos como se desee. Otra de las causas del incumplimiento del sistema de gestión de mantenimiento correspondió a los equipos inoperativos, ya que no permitieron que se realice el proceso del sistema como tal. Finalmente, se tuvo que los planes de mantenimiento no eran aplicados, este representaba que uno o varios de los planes no se concretaran y este iba ligado a las causas anteriores mencionadas, puesto que, al no tener un seguimiento de las actividades o mantener maquinaria que no opera no permite la aplicación de los planes de mantenimiento establecidos a la flota que posee la empresa. Un correcto sistema de gestión de mantenimiento debe enmarcar objetivos y actividades que se cumplan bajo un diagrama de procesos, el cual pueda ser llevado por la jefatura del área asegurando la productividad, seguridad y calidad que la empresa busca.

4.2. Puntos críticos

Para la identificación de los puntos críticos, se aplicó el Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento, cuyos 14 criterios se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 6.

Valores de los criterios que componen el Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento

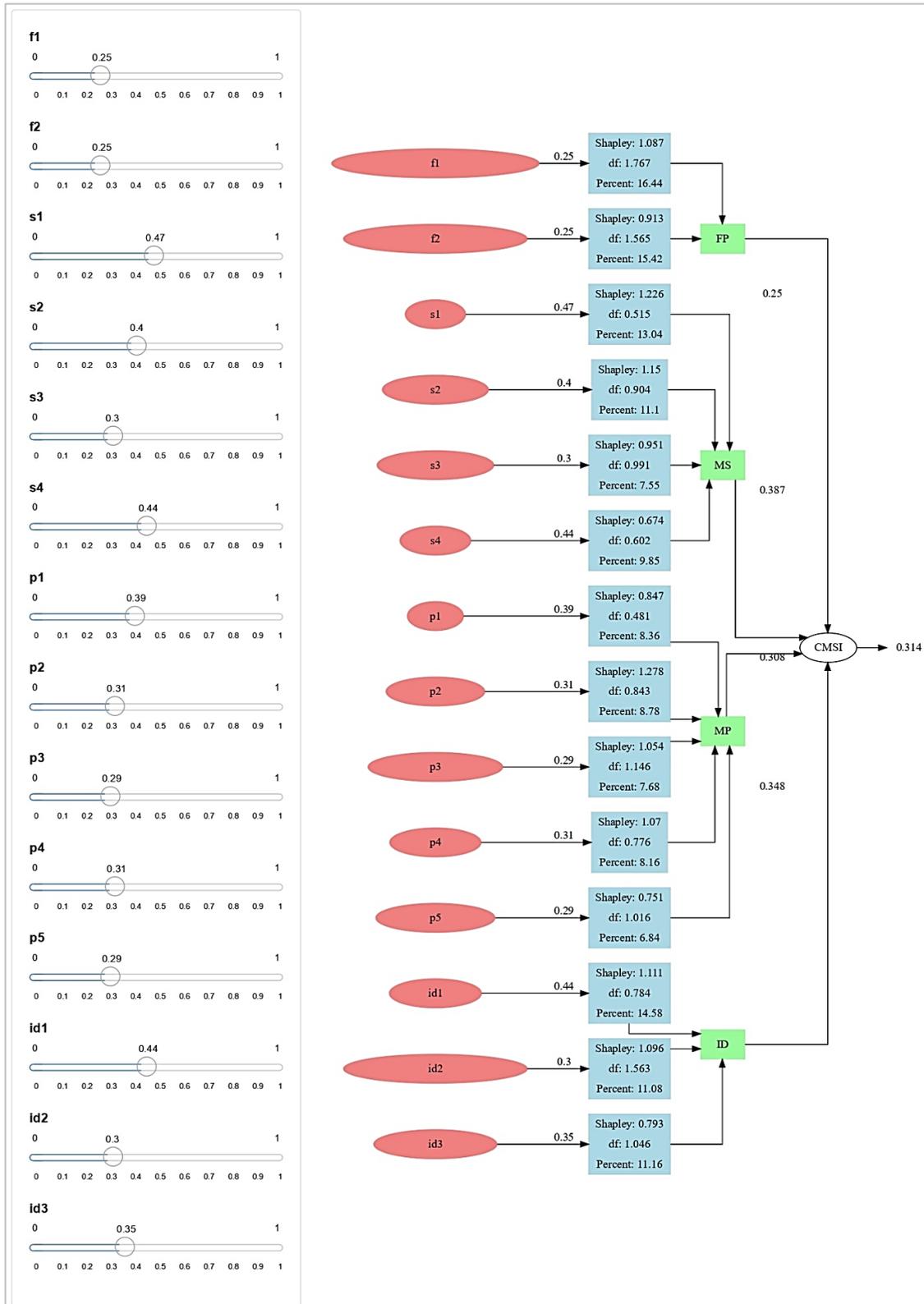
N°	Indicadores	Valor
1	F1 - Costos de involucrados en el mantenimiento	0.25
2	F2 - Costos directos de mantenimiento	0.25
3	S1 - Producción y calidad	0.47
4	S2 - Seguridad y salud	0.40
5	S3 - Medioambiente	0.30
6	S4 - Comunicación y cooperación con colaboradores	0.44
7	P1 - Análisis y mejora	0.39
8	P2 - Ejecución y medición	0.31
9	P3 - Planificación y programación de mantenimiento	0.29
10	P4 - Gestión de servicios externos	0.31
11	P5 - Gestión de repuestos y consumibles	0.29
12	D1 - Competencias de trabajadores de mantenimiento	0.44
13	D2 - Infraestructura de mantenimiento	0.30
14	D3 - Satisfacción de trabajadores de mantenimiento	0.35

Fuente. Elaboración propia

Como se muestra en la tabla anterior, se obtuvieron valores entre 0.25 a 0.47 de los valores de los catorce criterios del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento.

Figura 5

Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento



Fuente. Los datos fueron procesados con ayuda de la UR App de Jasiulewicz y Zywicka (2018) en la Revista "Maintenance and Reliability"

En la figura anterior se muestra lo obtenido por el UR App proporcionado por los autores Jasiulewickz y Zywica (2018), se visualizan los datos trasladados de cada uno de los catorce criterios, con lo que se obtuvo los valores para cada perspectiva, y finalmente el valor del Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI).

Tabla 7.

Escala del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI)

Escala	Valor
Muy importante	0.75 - 1.0
Moderadamente Importante	0.25 - 0.75
Irrelevante	0 - 0.25

Fuente. Extraído de Jasiulewickz y Zywica (2018) en la Revista "Maintenance and Reliability"

En la tabla 7 se visualiza la escala considerada para la identificación de la escala en la que se encuentra la gestión de mantenimiento en la empresa.

El valor del Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI) obtenido fue de 0.314, encontrándose en la escala moderadamente importante. De lo que se intuye que existen deficiencias en el sistema de gestión de mantenimiento en la empresa. Bajo las perspectivas denotadas en el instrumento empleado se idéntico el estado de cada una de ellas.

Tabla 8.

Estado de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI)

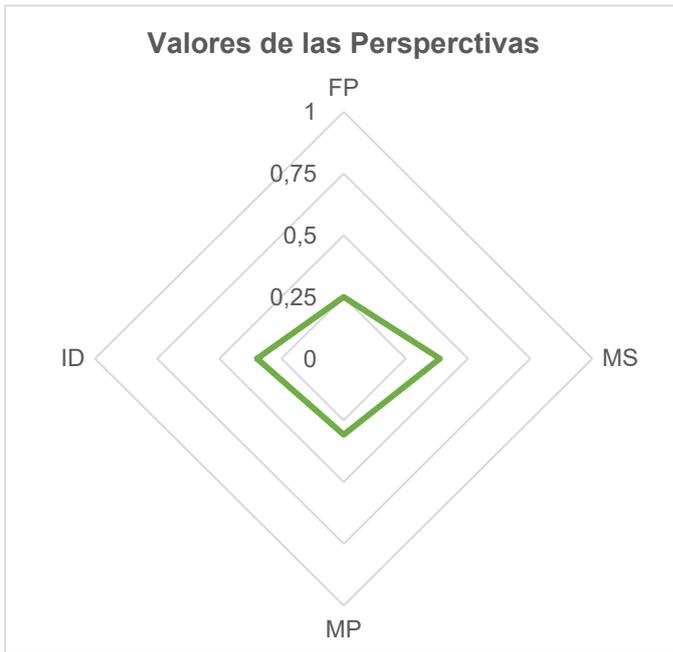
N°	Perspectiva	Valor
1	Perspectiva Financiera	0.25
2	Stakeholders de Mantenimiento	0.387
3	Procesos de Mantenimiento	0.308
4	Innovación y Desarrollo	0.348

Fuente. Elaboración propia

En la tabla anterior se detalla los valores obtenidos de cada perspectiva, encontrándose esta entre el rango de 0.25 y 0.387.

Figura 6

Estado de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI)

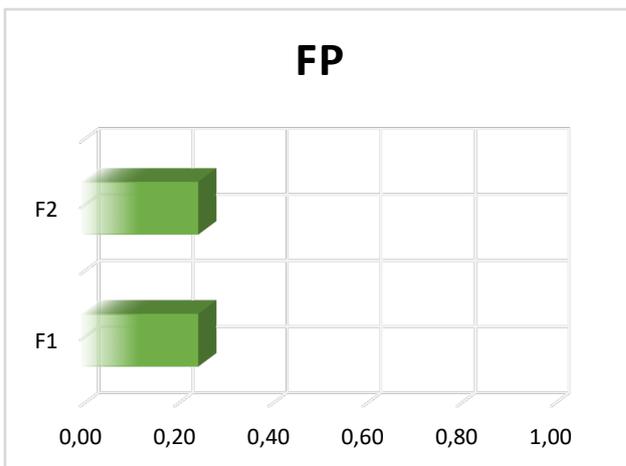


Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior se visualiza el estado de cada perspectiva y el grado de acercamiento al valor máximo que se debería tener óptimamente, visualizando que se encuentra ligeramente lejos de la unidad.

Figura 7

Estado de los criterios de la Perspectiva Financiera

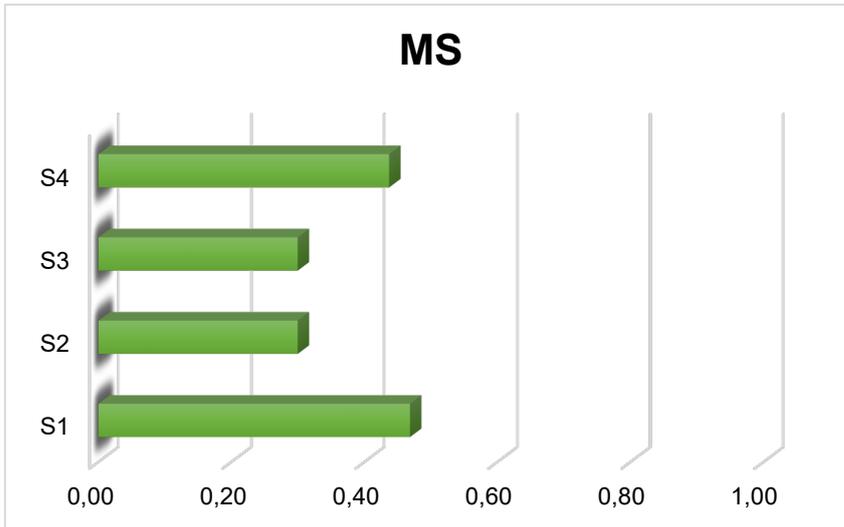


Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior, se detalla el estado de la perspectiva financiera (FP) en relación de los valores de los criterios de dicha perspectiva, ambas teniendo un valor de 0.25 y siendo un valor inferior a la unidad.

Figura 8

Estado de los criterios de los Stakeholders de Mantenimiento

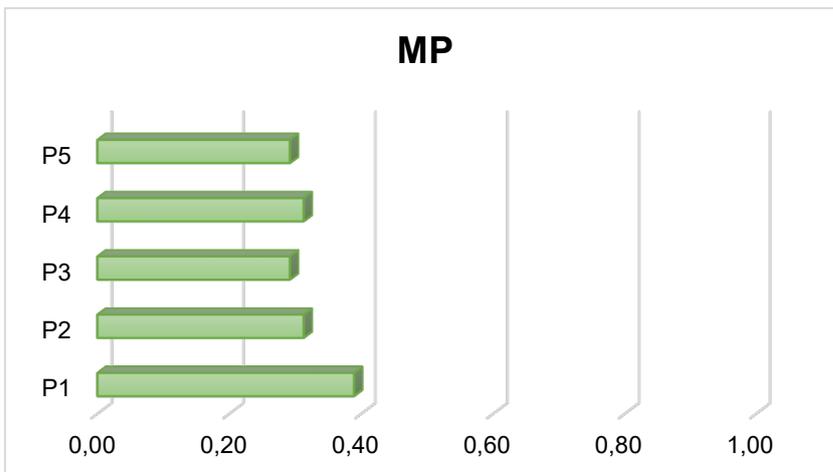


Fuente. Elaboración propia

En la figura 8, se reflejan los valores de los criterios de los Stakeholders de Mantenimiento, los que son un total de cuatro. Estos se encontraron entre los valores 0.30 a 0.47, resultado estar en rangos inferiores a 1.

Figura 9

Estado de los criterios de los Procesos de Mantenimiento

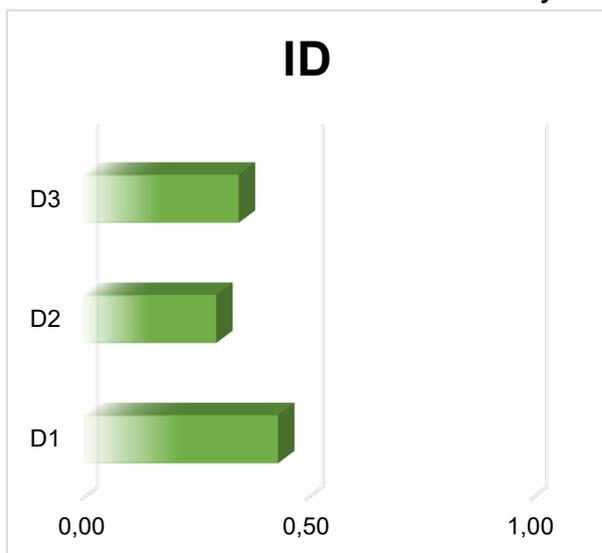


Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior se muestra el estado de los criterios de los Procesos de Mantenimiento, según la gráfica obtenida estas se encuentran entre los valores de 0.29 al 0.39, siendo este rango inferior a la unidad.

Figura 10

Estado de los criterios de Innovación y Desarrollo



Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior, se detalla los valores obtenidos para Innovación y Desarrollo, los tres criterios tuvieron valores entre 0.30 y 0.44, ubicándose en un rango inferior a la unidad.

Los valores de las perspectivas del Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI) muestran que la Perspectiva Financiera fue la más baja con un valor de 0.25, seguido de los procesos de mantenimiento con un valor de 0.308, a continuación de la Innovación y Desarrollo con un valor de 0.348 y finalmente, Stakeholders de Mantenimiento, 0.387. Sin embargo, el estado de todas las perspectivas se encontraba por debajo de la unidad como se muestra en la figura anterior.

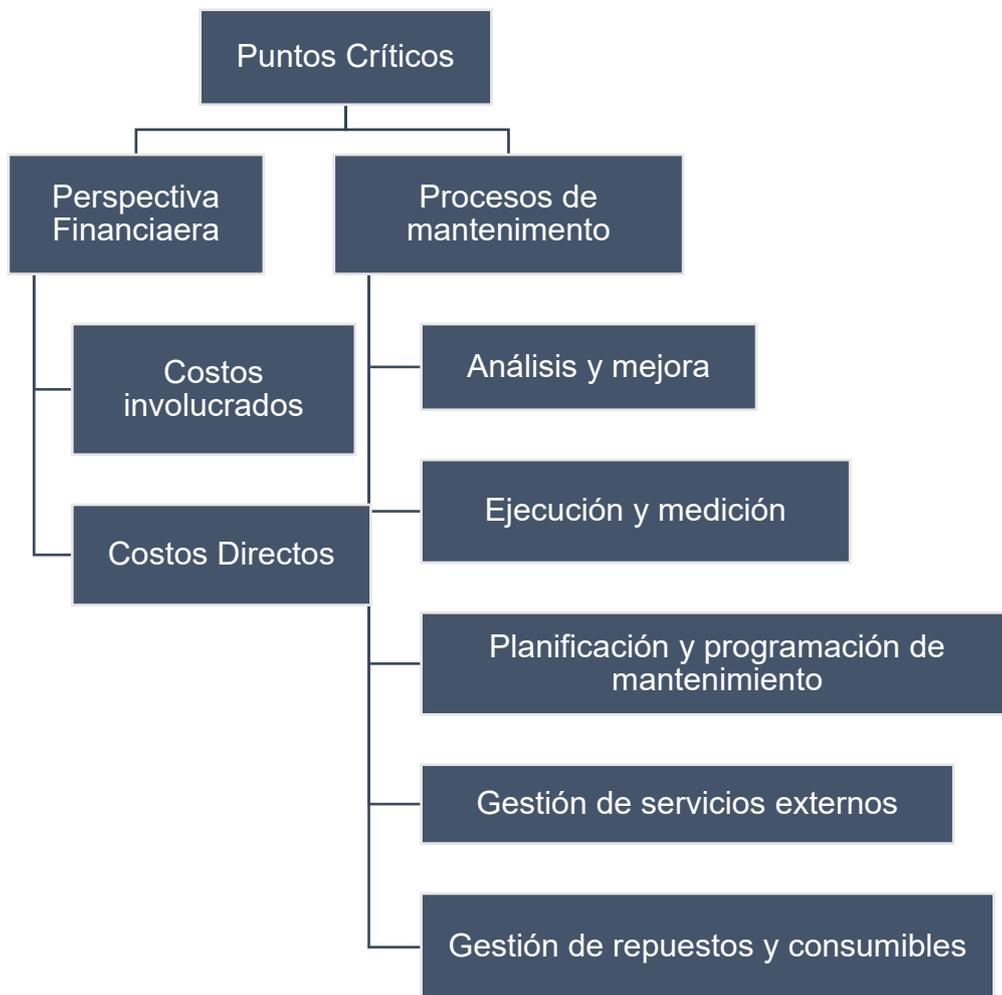
A partir de ello, se observó que existen deficiencias en la identificación de costos necesarios para la maquinaria, enfocados a la calidad o no se prevé costos no planificados como averías o accidentes en el ejercicio de labores. Del mismo modo, se identificó la carencia de análisis o mejoras entorno al tiempo, retrasos, tecnologías y acciones, por lo que no se da la ejecución y medición de manera correcta resultando niveles bajos del desarrollo de los planes de mantenimiento,

identificando falencias en la planificación de los mismo dejando de lado los indicadores y estrategias de manteniendo. Aunado a ello, se daba una baja gestión de servicios externos como es la documentación de las actividades o la determinación de una normativa que deberían seguir estas mismas. Finalmente, la empresa no consideraba métodos para la buena elección de proveedores, y el seguimiento y almacenamiento de los materiales disponibles.

Se identificaron los puntos más críticos mostrados a continuación:

Figura 11

Puntos críticos



Fuente. Elaboración propia

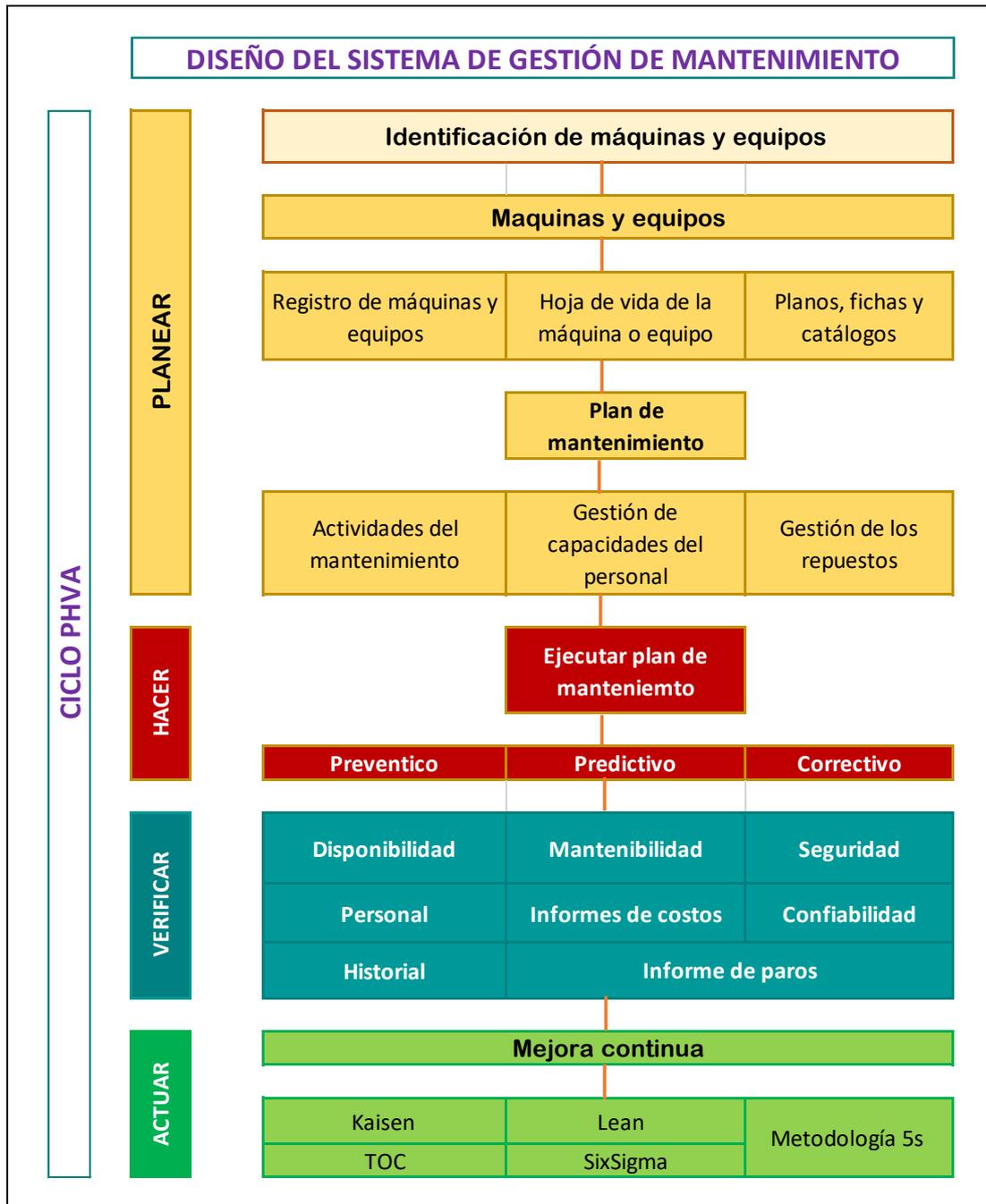
Como se muestra en la figura anterior se identificaron los puntos críticos en la perspectiva financiera y en procesos de mantenimiento, se detallaron los criterios de cada uno a considerar en el nuevo sistema de gestión de mantenimiento.

4.3. Mejora

Se propone una mejora en el sistema de gestión de mantenimiento a partir de los puntos críticos identificados. Se plantea el siguiente diseño del mismo empleando el ciclo de Deming (PDCA).

Figura 12

Diseño para el sistema de gestión de mantenimiento mejorado



Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior se visualiza el diseño del sistema de gestión de mantenimiento, este inicia en la identificación de máquinas y equipos de la empresa y se procede a registrar dichas máquinas y equipos en formatos de registro, asimismo se lleva una hoja de vida de las dichas máquinas, así como los planos, fichas y catálogos de cada uno de ellos. Para culminar la planeación en cuanto al mantenimiento se plantean las actividades de mantenimiento, se gestiona las capacidades del personal y se gestiona los repuestos que son críticos y no. Para iniciar el Hacer, se plantea la ejecución del plan de mantenimiento, que será aplicado para los tipos de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo. Estos serán monitoreados o controlados por medio de indicadores como la disponibilidad, mantenibilidad, seguridad, el personal, confiabilidad, así como en el historial, informe de costos o informes de paros. Para Actuar, se plantea la mejora continua, la cual se puede dar por medio de las metodologías como Kaisen, Lean, TOC, SixSigma o 5s.

Para la planeación se van a identificar las máquinas y equipos de la empresa, las cuales serán plasmadas en una hoja de registro (Anexo 4), y se establecerá la hoja de vida (Anexo 5) de cada máquina y equipo, así como sus planos, fichas o catálogos de los mismos. También se plantea el plan de mantenimiento para su ejecución y verificación, similarmente para la gestión de personal y repuestos.

Plan de mantenimiento

Este plan de mantenimiento se podrá ajustar para cada tipo de mantenimiento, tanto preventivo, correctivo y predictivo si fuera necesario.

Misión

Incrementar la disponibilidad de la maquinaria o equipos de la empresa, por medio del cumplimiento de los estándares de calidad con el fin de tener una operatividad de la empresa.

Visión

Ser la empresa con mayor alcance en Perú a favor del ambiente, como en la mejora continua.

Políticas

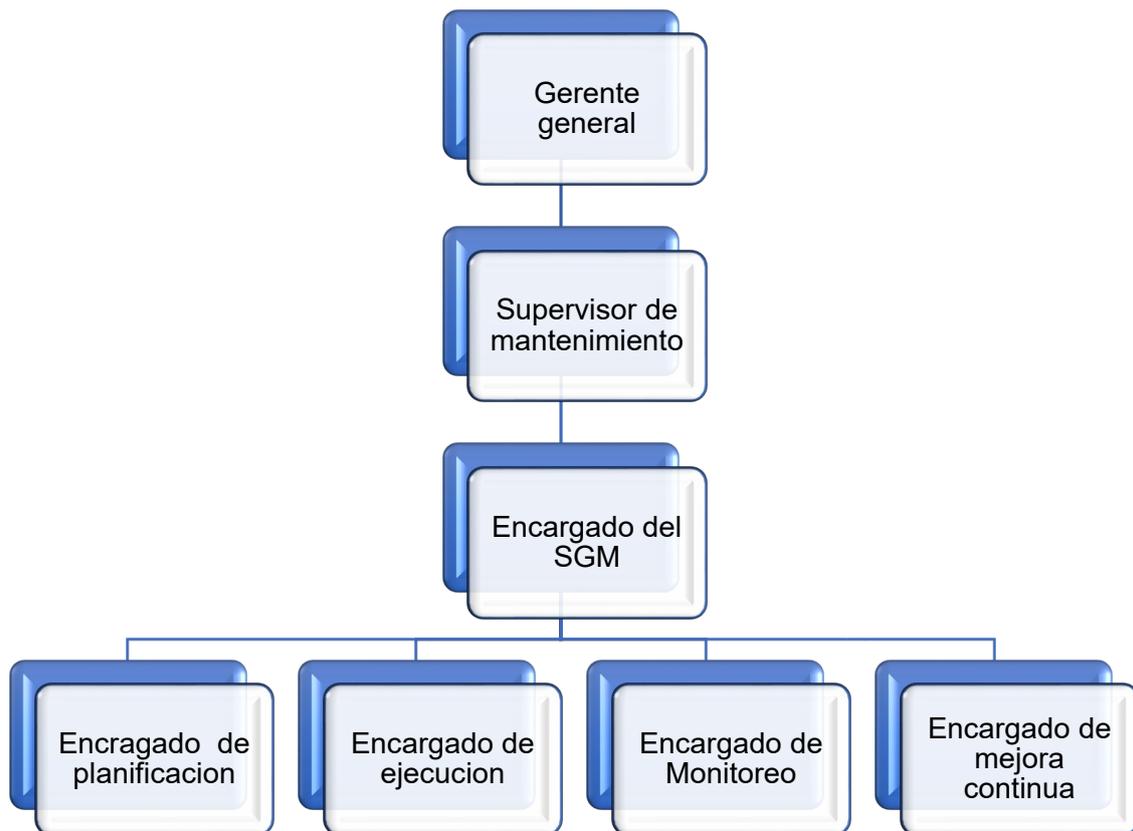
1. Mejorar la fiabilidad y eficiencia

2. Operar bajo normativa vigente
3. Proponer la mejora continua
4. Incrementar los conocimientos del personal
5. Monitorear y plantear soluciones

Equipo

Figura 13

Equipo para el mantenimiento en la empresa



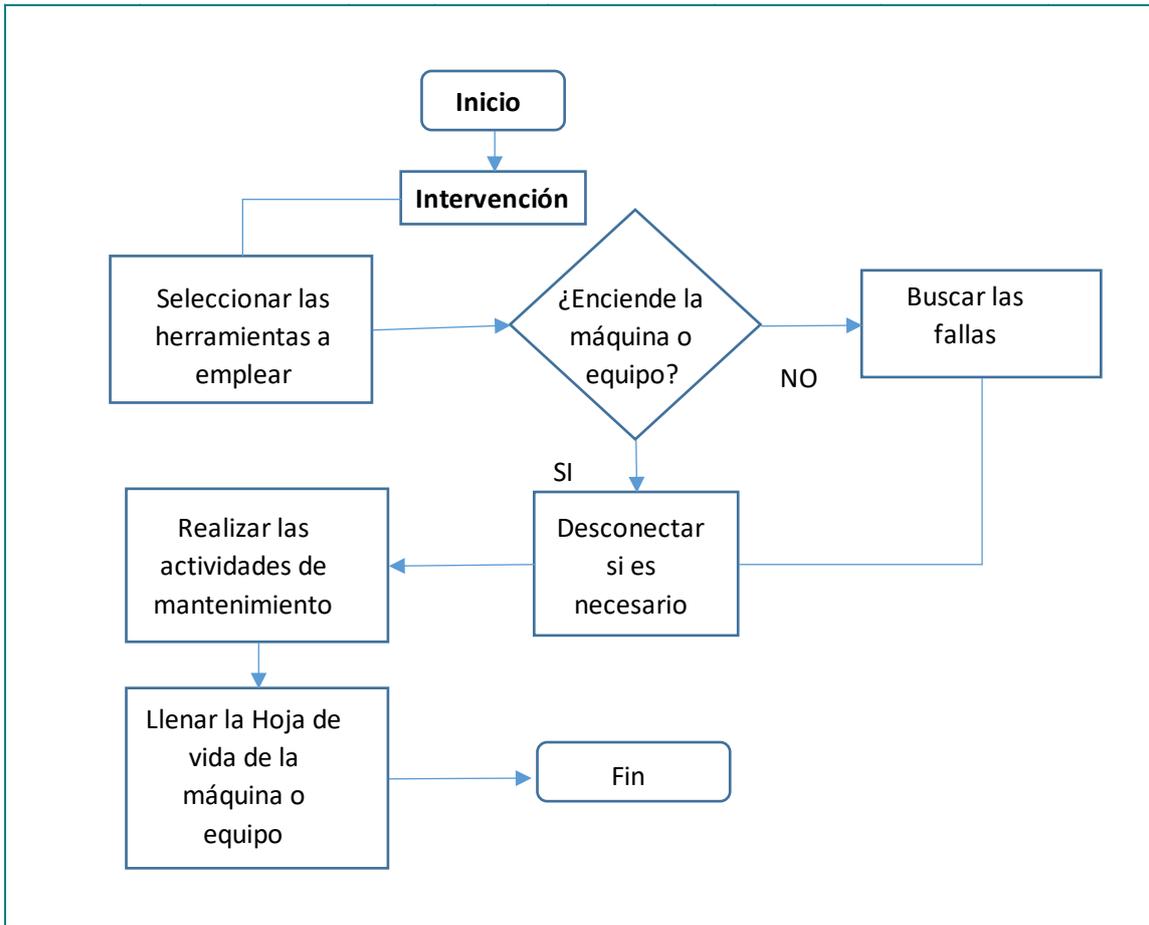
Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior se observa la distribución del equipo encargado del mantenimiento, la cual inicia con el supervisor de mantenimiento seguido del encargado del sistema de gestión de mantenimiento, el cual tiene a su cargo a cuatro: encargado de planificación, ejecución, monitoreo y de mejora continua.

Proceso de mantenimiento

Figura 14

Proceso general de mantenimiento



Fuente. Elaboración propia

Se puede observar en la figura anterior el proceso de mantenimiento, el cual puede tener lugar a un mantenimiento preceptivo, correctivo o predictivo.

Indicadores a considerar (KPIs)

Disponibilidad

$$D = \frac{\text{Tiempo de operación} - \text{Horas de parto por fallas}}{\text{Tiempo de operación}}$$

Confiabilidad

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\# \text{ de fallas en el periodo evaluado}}$$

Mantenibilidad

$$MTBF = \frac{\text{Horas de paro por fallas}}{\text{\# de fallas en el periodo evaluado}}$$

Costos de mantenimiento total

$$CMT = \frac{\text{Coato de mantenimiento total}}{\text{Toneladas producidas}}$$

Indicadores funcionales (PIs)

Cumplimiento de planificación

$$CP = \frac{\text{\#Ordenes terminadas en la fecha planificada}}{\text{\#Ordenes totatles planificadas}}$$

Tiempo de respuesta

$$TR = \frac{\text{\#Ordenes terminadas de emergencia ejecutadas a tiempo}}{\text{\#Ordenes totatles de emergencia totales ejecutadas}}$$

Tiempo de respuesta de cada mantenimiento

$$TRM = \frac{\text{Horas estimadas del mantenimiento}}{\text{Horas reales de mantenimiento}}$$

Indicadores para cada tipo de mantenimiento

Correctivo

$$\%MC = \frac{\text{\# de manteniminetos correctivos}}{\text{\# de manteniminetos correctivos + manteniminetos preventivos}} * 100$$

Preventivo

$$\%MC = \frac{\text{\# de manteniminetos preventivos}}{\text{\# de manteniminetos correctivos + manteniminetos preventivos}} * 100$$

1. Gestión al personal

Plan de capacitación

Objetivo

Promover el entretenimiento y el moldeamiento de sus capacidades en mantenimiento y en las operaciones que se desarrollan en la empresa y está dirigido para todos los trabajadores de la empresa.

Recursos

- Expositores
- Participantes
- Infraestructura: Salones de reuniones
- Mobiliarios: Equipos, mesas, sillas, etc.

Temas

- Uso del internet y aplicaciones web
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad
- Microsoft Excel avanzado
- Internet de las cosas

Resultados esperados

- Incremento de los conocimientos en cuanto a mantenimiento, calidad y fiabilidad.
- Mejora en la actitud del colaborador
- Mejorar el orden y limpieza de la empresa
- Aplicación de los conocimientos para desarrollarse en su puesto y a la empresa en general.

Secuencia

1. Saludo
2. Presentación del expositor
3. Desarrollo del tema
4. Ronda de preguntas
5. Despedida

Control

Formato de asistencia (Anexo 6)

Indicadores a considerar

Horas de formación

$$\%HF = \frac{\text{Horas dedicadas a la formación}}{\text{Horas totales de mantenimiento}} * 100$$

Frecuencia de accidentes

$$FA = \frac{\# \text{ de accidentes}}{\text{Horas totales hombre}}$$

2. Gestión de repuestos

En la gestión de repuestos se considera dos formatos que ayudarán en la detección de repuestos necesarios (Anexo 7) y el estado de los repuestos (Anexo 8).

Mejora continua

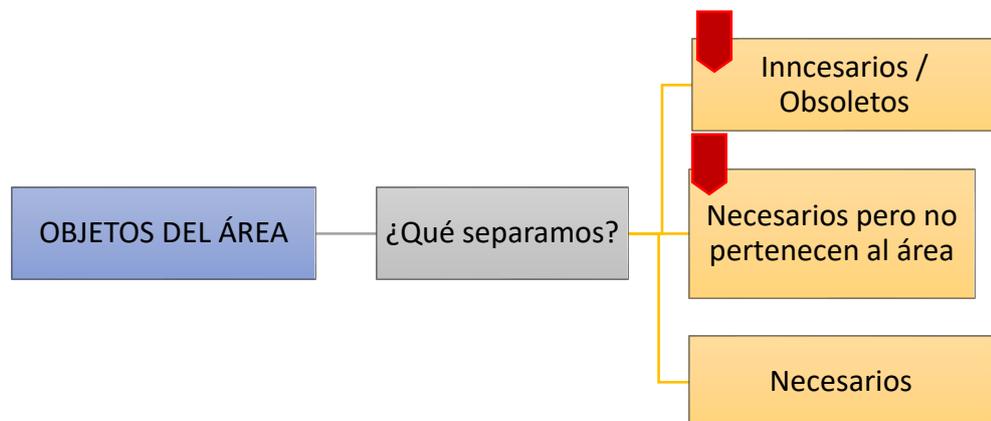
Para iniciar en la mejora continua se establece emplear la metodología 5s, la cual se enfoca en un proceso.

- Seiri: Clasificación

Se desarrolló el árbol Seiri para realizar la clasificación y la tarjeta roja para ello.

Figura 15

Árbol Seiri



Fuente. Elaboración propia

La figura anterior se visualiza el árbol Seiri, el cual planteó que los objetos innecesarios se les coloque tarjeta roja realizar la acción requerida, asimismo, a los que son necesarios pero que no pertenecen al área.

Figura 16

Tarjeta Roja

Nº. _____

TARJETA ROJA 5'S

Área: _____

Responsable: _____

Fecha: ____/____/____

Item: _____

Cantidad: _____

ACCION SUGERIDA

- Agrupar en espacio separado
- Eliminar
- Reubicar
- Reparar
- Reciclar

Comentario: _____

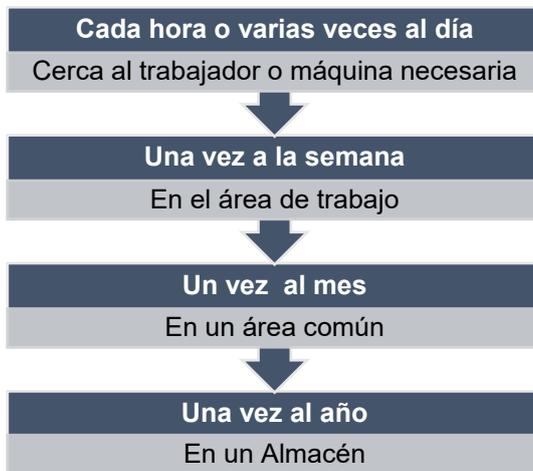
Fuente. Elaboración propia

La tarjeta roja planteada describe el área, el responsable, la fecha en se coloca, la cantidad, el ítem, la acción requerida y el comentario si fuera necesario.

- Seiton: Orden
Se consideró el criterio de frecuencia de uso.

Figura 17

Criterio frecuencia de uso



Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior se visualiza lo planteado para el criterio frecuencia de uso, este se enmarcó que los objetos que son utilizados cada hora o varias veces al día estén cerca al trabajador o la máquina que lo necesita; los objetos empleados una vez por semana, se ubiquen en el área de trabajo; los objetos que son utilizados una vez por mes, se establecieron que se

encuentren en un área común; y los objetos que son empleados una vez por mes en el almacén.

- Seiso: Limpieza

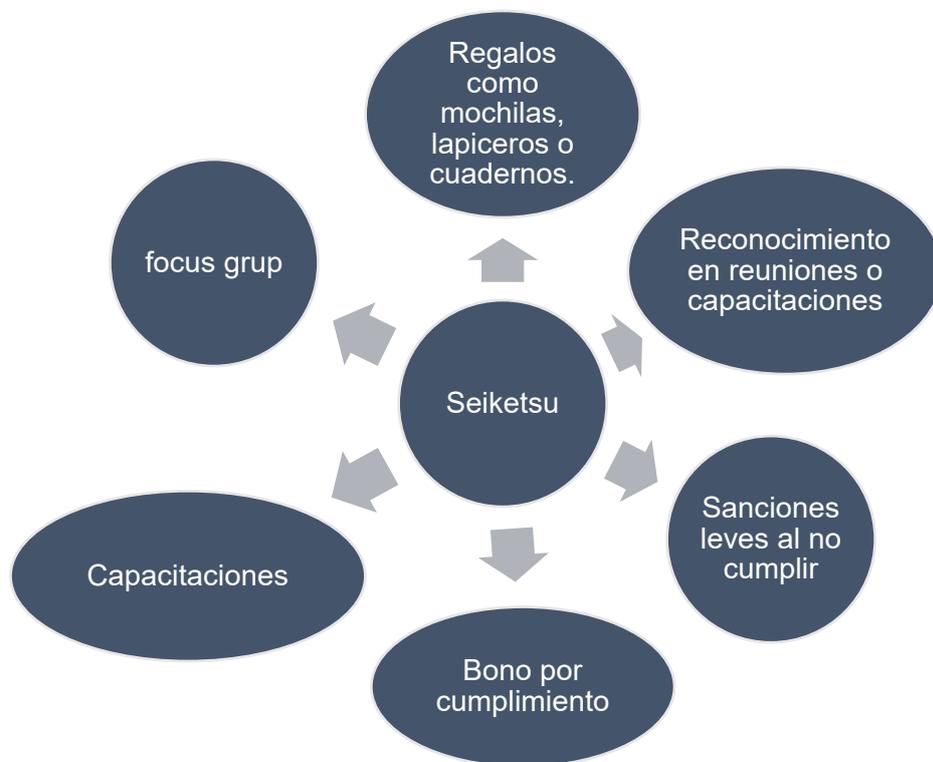
Se consideró un formato para el cronograma de limpieza (Anexo 9).

- Seiketsu: Estandarización

Para estandarización se trabajó en los incentivos, sanciones comunicación y formación.

Figura 18

Incentivos y sanciones



Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior se resaltó lo realizado para Seiketsu, la cual se rigió a dar incentivos como regalos, reconocimientos, así como en la comunicación como son las capacitaciones; la comunicación como los focus grup; y sanciones leves por el incumplimiento.

- Shitsuke: Disciplina

Se consideró un formato para realizar la auditoria 5s (Anexo 10).

4.4. Evaluación

Para la evaluar el sistema de gestión de mantenimiento propuesto, se aplicó por segunda vez el Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento, cuyos 14 criterios se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 9.

Valores posteriores de los criterios que componen el Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento

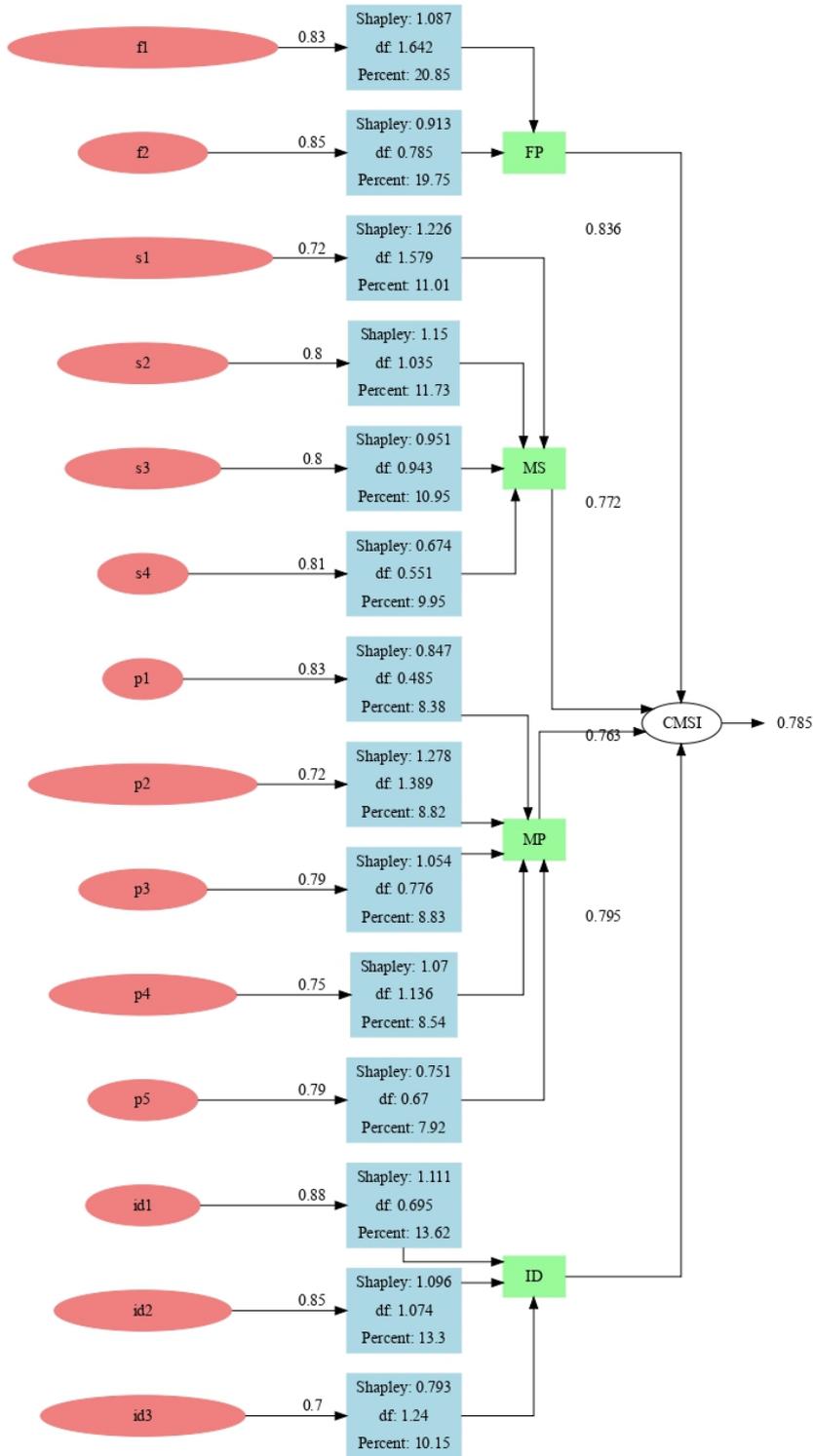
N°	Indicadores	Valor
1	F1 - Costos de involucrados en el mantenimiento	0.83
2	F2 - Costos directos de mantenimiento	0.85
3	S1 - Producción y calidad	0.72
4	S2 - Seguridad y salud	0.80
5	S3 - Medioambiente	0.80
6	S4 - Comunicación y cooperación con colaboradores	0.81
7	P1 - Análisis y mejora	0.83
8	P2 - Ejecución y medición	0.72
9	P3 - Planificación y programación de mantenimiento	0.79
10	P4 - Gestión de servicios externos	0.75
11	P5 - Gestión de repuestos y consumibles	0.79
12	D1 - Competencias de trabajadores de mantenimiento	0.88
13	D2 - Infraestructura de mantenimiento	0.85
14	D3 - Satisfacción de trabajadores de mantenimiento	0.70

fuentes. Elaboración propia

Como se muestra en la tabla anterior, se obtuvieron valores entre 0.70 a 0.88 de los valores de los catorce criterios del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento. Con la obtención de estos valores, se procedió a obtener los valores para cada perspectiva como del indicador.

Figura 19

Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento



Fuente. Los datos fueron procesados con ayuda de la UR App de Jasiulewicz y Zywicka (2018) en la Revista "Maintenance and Reliability"

En la figura anterior se muestra lo obtenido por el UR App proporcionado por los (autores Jasiulewickz y Zywica ,2018), se visualizan los datos trasladados de cada uno de los catorce criterios, con lo que se obtuvo los valores para cada perspectiva, y finalmente el valor del Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI).

Tabla 10.

Estado posterior del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI)

indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI)			
	Inicial	Final	Mejora
Valor	0.314	0.785	47.1%
Escala	Moderadamente importante	Muy importante	

fuentes. Elaboración propia

Según la tabla anterior el valor del Indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI) obtenido fue de 0.785, encontrándose en la escala muy importante (ver tabla 7). A partir de ello, se hace notorio la mejora a nivel general del indicador, ya que la escala anterior era inferior a la obtenida. Dicha mejora representó un incremento del 47.1% del indicador.

Tabla 11.

Estado posterior de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI)

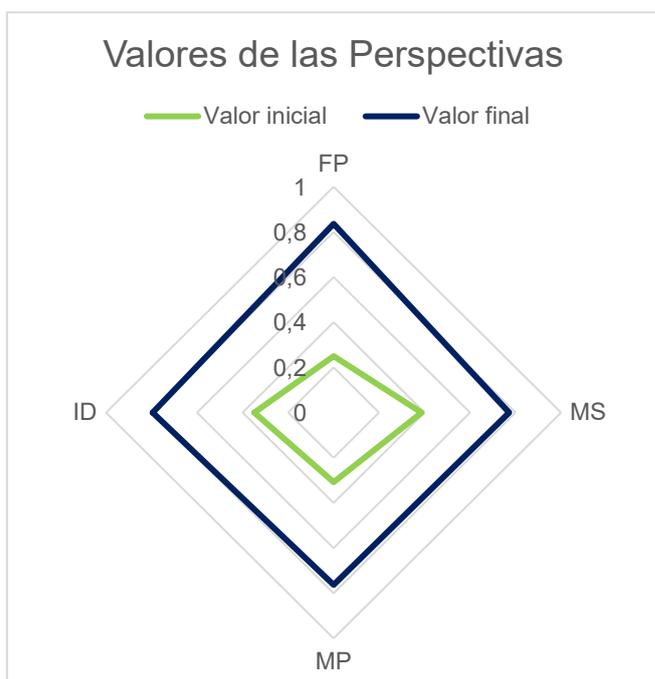
N°	Perspectiva	Valor
1	Perspectiva Financiera	0.836
2	Stakeholders de Mantenimiento	0.772
3	Procesos de Mantenimiento	0.763
4	Innovación y Desarrollo	0.795

Fuente. Elaboración propia

En la tabla anterior se detalla los valores obtenidos de cada perspectiva, encontrándose esta entre el rango de 0.772 y 0.836.

Figura 20

Estado de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI) antes y después de la mejora



Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior se visualiza el estado de cada perspectiva antes y después de la mejora, evidenciando el incremento notable para cada una de ellas, los valores obtenidos con la mejora poseen valores más cercanos a la unidad,

Tabla 12.

Mejora del estado de las perspectivas del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI)

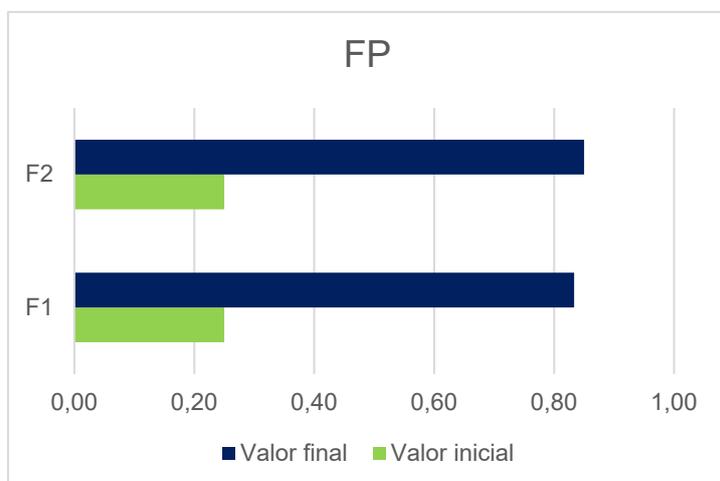
Perspectiva	Valor inicial	Valor final	Mejora
FP	0.25	0.836	58.60%
MS	0.387	0.772	38.50%
MP	0.308	0.763	45.50%
ID	0.348	0.795	44.70%

fuentes. Elaboración propia

Según la tabla anterior, la mejora para la perspectiva financiera fue del 58.60%, siendo esta la más significativa. Seguida ella se encuentra los Procesos de mantenimiento con una mejora del 45.50%. Asimismo, se mostró una mejora del 44.70% y 38.50% para Innovación y desarrollo y Stakeholders de Mantenimiento, respectivamente. En suma, se logró incrementar los valores de las perspectivas críticas (FP y MP). Por otro lado, se detalla la mejora para cada criterio de cada perspectiva del indicador CMSI.

Figura 21

Mejora del Estado de los criterios de la Perspectiva Financiera



Fuente. Elaboración propia

En la figura anterior, se detalla el estado de la perspectiva financiera (FP) en relación de los valores de sus criterios. Se evidencia el incremento de los valores, siendo los últimos obtenidos más cercanos a la unidad.

Tabla 13.

Mejora del Estado de los criterios de la Perspectiva Financiera

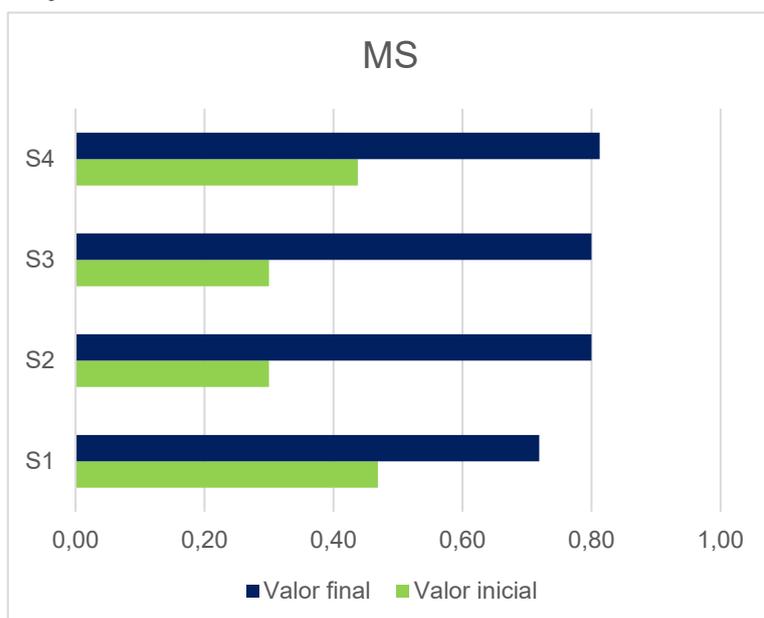
Criterio	Valor inicial	Valor final	Mejora
F1	0.25	0.83	58.33%
F2	0.25	0.85	60.00%

Fuente. Elaboración propia

Como se muestra en la tabla anterior el criterio F1(Costos de involucrados en el mantenimiento) obtuvo una mejora del 58.33% y el criterio F2 (Costos directos de mantenimiento) incremento 60%.

Figura 22

Mejora del Estado de los criterios de los Stakeholders de Mantenimiento



fuelle. Elaboración propia

Según la figura anterior, se detalla el estado de Stakeholders de Mantenimiento (MS) en relación de los valores de sus criterios. Se evidencia el incremento de los valores, estos valores finales tienen mayor acercamiento a la unidad.

Tabla 14.

Mejora del Estado de los criterios de la Perspectiva Financiera

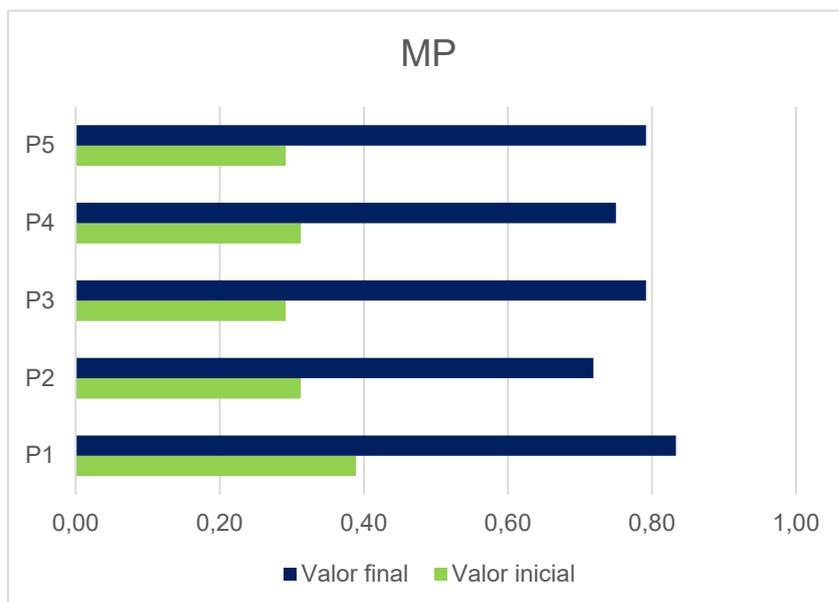
Criterio	Valor inicial	Valor final	Mejora
S1	0.47	0.72	25.00%
S2	0.30	0.80	50.00%
S3	0.30	0.80	50.00%
S4	0.44	0.81	37.50%

fuelle. Elaboración propia

Según la tabla anterior el criterio S1 (Producción y calidad) mejoró en un 25%, el criterio S2 (Seguridad y salud) y el criterio S3 (Medioambiente) tuvieron un porcentaje de mejora del 50% y el criterio S4 (Comunicación y cooperación con colaboradores) mejoró en un 37.50%.

Figura 23

Mejora del Estado de los criterios de los Procesos de Mantenimiento



fuentes. Elaboración propia

En la figura anterior, se detalla el estado de los Procesos de Mantenimiento en relación con los valores de sus criterios. Se evidencia el incremento de los valores de cada criterio y se acercan al valor de la unidad.

Tabla 15.

Mejora del Estado de los criterios de los Procesos de Mantenimiento

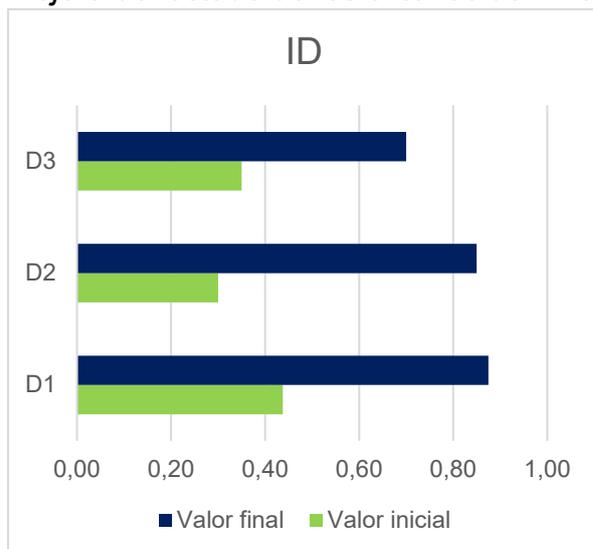
Criterio	Valor inicial	Valor final	Mejora
P1	0.39	0.83	44.44%
P2	0.31	0.72	40.63%
P3	0.29	0.79	50.00%
P4	0.31	0.75	43.75%
P5	0.29	0.79	50.00%

fuentes. Elaboración propia

Como se evidencia en la tabla anterior el criterio P1 (Análisis y mejora) presentó una mejora del 44.44%, el criterio P2 (Ejecución y medición) presentó una mejora del 40.63%, los criterios P3 (Planificación y programación de mantenimiento) y P5 (Gestión de repuestos y consumibles) evidenciaron una mejora del 50% cada uno, y el criterio P4 (Gestión de servicios externos) presentó una mejora del 43.75%.

Figura 24

Mejora del estado de los criterios de Innovación y Desarrollo



fuentes. Elaboración propia

En la figura anterior, se detalla el estado de Innovación y Desarrollo en relación de los valores de sus criterios. Se logra observar el aumento de los valores de cada criterio, los cuales tienen una mayor cercanía a la unidad.

Tabla 16.

Mejora del Estado de los criterios de Innovación y Desarrollo

Criterio	Valor inicial	Valor final	Mejora
D1	0.44	0.88	43.75%
D2	0.30	0.85	55.00%
D3	0.35	0.70	35.00%

fuentes. Elaboración propia

Como se muestra en la tabla anterior, el D1 (Competencias de trabajadores de mantenimiento) mostró una mejora del 43.75, el criterio D2 (Infraestructura de mantenimiento) mejoró significativamente en un 55% y el criterio D3 (Satisfacción de trabajadores de mantenimiento) mostró un incremento del 35%.

4.5. Inversión

La inversión en el monto que requiere el proyecto, están estructuradas en la Inversión Fija, así como el Capital de trabajo.

4.5.1. Inversión fija

La inversión fija son elementos transferibles a lo largo del proyecto, en este caso se consideró los bienes tangibles.

- **Terreno.** Se consideró la mejora civil del área de mantenimiento.
- **Muebles y enseres.** Se consideró escritorios, sillas giratorias, estantes, entre otros.
- **Equipos de cómputo.** Se tomó en consideración laptops y una impresora.

4.5.2. Capital de Trabajo

- **Gastos administrativos.** Es lo que se necesita para cubrir por un mes los elementos de este gasto operacional.
- **Otros CIF.** Estos son otros montos que tienen relación con los gastos operativos, específicamente en el mantenimiento.

Tabla 17.

Gastos administrativos

GASTOS ADMINISTRATIVOS		
DESCRIPCIÓN	Gasto mensual	AÑO 1
Energía eléctrica	200.00	2,400.00
Personal administrativo	9,000.00	108,000.00
TOTAL	9,200.00	110,400.00

Fuente. Elaboración propia

En la tabla anterior se muestran los gastos administrativos, en los cuales se consideró la energía eléctrica y el personal administrativo, los cuales reúnen un monto mensual de 9 200 soles y un monto anual de 110 400 soles.

Tabla 18.*Personal administrativo*

Personal administrativo	
Detalle	Remuneración
Encargado SGM	2,500.00
Inspectores	5,000.00
Ponentes	1,500.00
TOTAL	9,000.00

Fuente. Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra el personal administrativo para el sistema de gestión de mantenimiento, el cual consta de un encargado del sistema, inspectores y ponentes, acumulando un gasto de 9 000 soles.

Tabla 19.*Otros*

OTROS	
Detalle	Costo x mes
Mantenimiento maquin. y equipos	2,000.00
Energía eléctrica máq.	150.00
Equipos de protección personal	100.00
Total otros	2,250.00

Fuente. Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra otros costos para el sistema de gestión de mantenimiento, el cual consta del mantenimiento de máquinas y equipos, energía eléctrica para los mismos, y la protección personal.

4.5.3. Inversión total

La inversión total muestra el monto que requiere en cuanto a capital de trabajo e inversión fija, asimismo, se considera un monto de imprevistos el cual representa el 2% de la inversión total.

Tabla 20.*Inversión total*

1. INVERSIÓN FIJA / TANGIBLE			S/ 10,743.00
TERRENO / EDIFICACIONES	Valor Unitario	Cantidad	Valor total
Mejora del área de mantenimiento (obra civil)	2,000.00	1	2,000.00
TOTAL			S/ 2,000.00
MUEBLES, ENSERES Y OTROS	Valor Unitario	Cantidad	Valor total
Escritorio	390.00	3	1,170.00
Sillas giratorias	260.00	1	260.00
Sillas de madera	120.00	5	600.00
Mesas de madera	290.00	2	580.00
Estantes	230.00	4	920.00
Tacho para desperdicios	30.00	3	90.00
Extintor	60.00	2	120.00
Pintura	31.00	3	93.00
Papel bond	12.00	5	60.00
Materiales de oficina (lapiceros, lápices borrador, etc.)	150.00	1	150.00
TOTAL			S/ 4,043.00
COMPUTADORAS E IMPRESORAS	Valor Unitario	Cantidad	Valor total
Laptops	2,100.00	2	4,200.00
Impresora multifuncional	500.00	1	500.00
TOTAL			S/ 4,700.00
2. CAPITAL DE TRABAJO			S/ 11,450.00
DETALLE	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Dinero para Gastos Administrativos	<i>*Un mes</i>		9,200.00
Otros	<i>*Un mes</i>		2,250.00
3. IMPREVISTOS (2%)			S/ 443.86
INVERSIÓN TOTAL			S/ 22,636.86

Fuente. Elaboración propia

Según la tabla anterior, la inversión que se necesitó para el sistema de gestión de mantenimiento mejorado correspondió a un monto de S/22,636.86, el cual es un monto acumulado de la inversión fija (S/10,743.00), el capital de trabajo (S/ 11,450.00) y los imprevistos (2%- S/ 443.86).

V. DISCUSIÓN

En cuanto al primer objetivo específico, los resultados obtenidos por medio del diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, se identificaron cuatro causas que provocaban el incumplimiento de la gestión de mantenimiento, estas fueron la falta de control de actividades de mantenimiento, la falta de seguimiento, equipos inoperativos y planes de mantenimiento no aplicados.

A ello, (Franciosi et al 2020) mostró en sus resultados que las causas identificadas fueron la baja conciencia, aplicación de indicadores entorno a lo económico y técnico y no al ambiente, seguridad y calidad. Por otro lado, (Castañeda 2020) encontró por medio del diagrama de Ishikawa como causas la falta de stock de repuestos básicos, la inexistencia del plan de mantenimiento, carencia de procedimientos definidos, demora en la reparación de equipos, falta de un programa 5s y desorden teniendo como efecto la baja productividad de los equipos. Bajo un instrumento identificó en el diagnóstico de la empresa, la carencia de una planificación que consecuentemente generaba sobrecostos y pérdidas de clientes.

En el segundo objetivo específico, se detectaron los puntos críticos por medio del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI), el cual resultó de 0.314. Las perspectivas resultaron: 0.25 para la Perspectiva Financiera, 0.387 para los Stakeholders de Mantenimiento, 0.308 para Procesos de Mantenimiento y 0.348 para Innovación y Desarrollo. Se detectó como puntos críticos la perspectiva financiera y los procesos de mantenimiento, con los criterios de costos involucrados, costos directos, análisis y mejora, ejecución y medición, planificación y programación de mantenimiento, gestión de servicio externos y gestión de repuestos y consumibles.

De manera similar, (Jasiulewicz-Kaczmarek & Żywica 2018) obtuvo 0.2917 para la perspectiva financiera, 0.3542 para los stakeholders de mantenimiento, 0.333 para procesos de mantenimiento y 0.2292 para innovación y desarrollo en una empresa del rubro automotriz, siendo los más críticos la perspectiva financiera y los procesos de mantenimiento; obtuvo valores de 0.2500 para la perspectiva financiera, 0.3750 para los stakeholders de mantenimiento, 0.3500 para procesos de mantenimiento

y 0.2500 para innovación y desarrollo para una empresa del sector alimenticio, siendo los más críticos la innovación y desarrollo y la perspectiva financiera.

Por otro lado, (Cuzco et al, 2019) identificó que los criterios que se debe mejorar en los hospitales de estudio, estos fueron la organización de mantenimiento, recurso humano, planificación, programación y control del mantenimiento. A ello, (Amrina y Yulianto 2018) presenta otro método empleando KPIs para medir la sostenibilidad. Los KPI se dividieron en indicadores ambientales, económicos y sociales. En cuanto al nivel ambiental, se consideraron el consumo de energía, agua, iluminación, emisión de gases de efecto invernadero, materiales, ambiente de trabajo y tierra. En el nivel económico, se tomó el costo preventivo, costo de falla, procedimientos de mantenimiento, tasa de averías, tasa de fracaso, calidad del producto y tasa de disponibilidad. Finalmente, en el nivel social se tomó en consideración la salud y seguridad en el trabajo, la participación de los colaboradores y la formación y educación de los mismos.

(Franciosi et al 2020) consideró categorías a nivel técnico, económico, ambiental y social. A nivel técnico, consideró 16 indicadores, a nivel económico, consideró 14 indicadores, a nivel ambiental se tomaron 7 y a nivel social, se consideraron 10 indicadores, los indicadores se dividieron en indicadores de impacto directo e indirecto. De otro modo, (Hasan y Beshara 2020) propusieron categorías el aspecto económico, calidad, productividad, recursos, ambiental, impacto y cumplimiento, aprendizaje y crecimiento, satisfacción laboral y satisfacción de los clientes. Rescatando que los indicadores del aspecto económico más importantes son los costos, en el aspecto ambiental los indicadores de ahorro de recursos son los más importantes, los indicadores de aprendizaje y crecimiento lo son para el aspecto social. El factor de mayor importancia es el costo de mantenimiento preventivo con un 13.5%. Y los factores de menos porcentaje fueron el desempeño ambiental que integra el consumo del agua y el grado de ruido con un porcentaje del 0.7%. Pérez et al. (2021) por otro lado, sustrajo los indicadores en dimensiones de la sostenibilidad, incluyendo la dimensión económica, ambiental, social y técnica. En la que dichos indicadores evidencian la proactividad, la ejecución de las actividades correctivas y preventivas de mantenimiento, así como muestra el manejo de los

recursos y la división de los periodos para cada tarea que comprende la gestión de mantenimiento.

De otro modo, (Rivero et al 2022) consideró un índice validado por expertos de 29 indicadores, que engloban seis categorías, la primera categoría “AS - Adquisición sostenible” constó de 5 indicadores, la segunda “DS – Diseño sostenible” de 5 indicadores, la tercera categoría “US - Uso sostenible” de 6 indicadores, la cuarta categoría “FDS - Fabricación y desarrollo sostenible” de 5 indicadores, el quinto “GS - Gobierno sostenible” de 6 indicadores y la sexta categoría “CRR - Control de reciclaje y residuos” de 2 indicadores; el autor obtuvo valores para cada uno de ello, para adquisición sostenible el valor fue de 0.5450, para diseño sostenible de 0.3657, para uso sostenible 0.5822, para fabricación y desarrollo sostenible de 0.4723, para gobierno sostenible de 0.3698 y control de reciclaje y residuos de 0.7549. El índice general de sostenibilidad de la empresa de estudio resultó de 0.5181. El índice según el nivel resultó estar en un nivel medio ($0.50 \leq Ne \leq 0.74$), evidenciando que existen criterios a mejorar, se identificó que el diseño, gobierno son los indicadores más críticos, ya que se encontraban en un nivel bajo (mayor a 0.35 y menor a 0.49).

En el tercer objetivo, se mejoró los puntos críticos identificados en el sistema de Gestión de Mantenimiento. La mejora planteada fue entorno al ciclo Deming que se enfoca en planificación, ejecución, monitoreo y mejora continua, para lo que se propuso formatos y un plan de mantenimiento para la planificación. Así también, se consideró un plan de capacitaciones a los operadores y personal acerca de temas acerca del mantenimiento, para lo que se estableció indicadores como disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, costos de mantenimiento, planificación, tiempo de respuesta, tiempo de respuesta de cada mantenimiento, mantenimiento correctivo y preventivo. Por último, se consideró aplicar la metodología 5s.

De manera similar, (Castañeda 2020) propuso una mejora enfocada en crear formatos para mejorar el mantenimiento, aunado a ello, implementó la metodología 5s. Aunado a ello, (Singh y Gupta 2020) proponen estrategias de mantenimiento, la actualización del sistema de gestión de mantenimiento y la promoción de una

buena cultura de trabajo con la ayuda de la innovación y actualización tecnológica, asimismo, su propuesta con tecnología difusa ayudaría a los gerentes a detectar las falencias con mayor rapidez. Pérez et al. (2021) también plantea que el ciclo PHVA sirve para obtener una madurez de la sostenibilidad de una empresa, este ciclo mencionó el autor tendría que poseer indicadores tanto de naturaleza técnica como económica, de modo que la gestión de mantenimiento siga objetivos lineales. Asimismo, las cuatro fases que incluye el ciclo sugerido por el autor constan de 13 pasos y 8 actividades.

El cuarto objetivo, se evaluó la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento mejorado, cuya evaluación mostró una mejora del 47.1% del indicador de sostenibilidad del sistema, el cual presenta una mejora del 58.60% para la perspectiva financiera, los procesos de mantenimiento mejoraron en un 45.50%, en Innovación y desarrollo se evidenció un incremento de 44.70% y en Stakeholders de Mantenimiento de 38.50%.

En la misma línea, (Jasiulewicz-Kaczmarek & Żywica 2018) obtuvieron un incremento en las perspectivas del CMSI, siendo de 0.3333 para la perspectiva financiera, 0.3750 para Stakeholders de Mantenimiento. Sin embargo, las mejoras no fueron tan significativas. Por otro lado, (Hasan y Beshara, 2020) presentaron un modelo de evaluar la sostenibilidad enfocado en los indicadores económicos, calidad, productividad, recursos, ahorro, impacto ambiental, aprendizaje, satisfacción del personal y cliente sumando 26 indicadores, los cuales pueden ser usados constantemente para evaluar el desempeño.

Finalmente, en el quinto objetivo, se detalló la inversión del sistema de Gestión de Mantenimiento mejorado, el cual resultó de S/22,636.86, considerando un monto de S/10,743.00 para la inversión fija, el monto para el capital de trabajo de S/ 11,450 y 2% de imprevistos.

A lo que, el autor (Castañeda 2020) optó por una evaluación económica que incluyó un beneficio de S/. 51410.3 en el tiempo de diez meses y un costo beneficio de 1.33.

VI. CONCLUSIONES

1. En concordancia del objetivo general se concluye que, gracias a la aplicación del índice de sostenibilidad del Sistema de gestión de Mantenimiento en la empresa, se pudo mejorar el nivel de sostenibilidad, incrementando los criterios propios del índice con ayuda de un Sistema de gestión de Mantenimiento mejorado, evidenciando un valor inicial de 0.314 y un valor final de 0.785.
2. En respuesta del primer objetivo específico, el diagnóstico de la empresa por medio del diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, se mostró que existían cuatro causas que provocaban que la gestión de mantenimiento no se desarrolle adecuadamente, estas fueron la falta de control de actividades de mantenimiento con un efecto del 16%, la falta de seguimiento con un efecto del 12%, equipos inoperativos con un efecto del 12% y planes de mantenimiento no aplicados con un efecto del 12%.
3. En el segundo objetivo específico, se detectaron los puntos críticos por medio del indicador Compuesto de Sostenibilidad de Mantenimiento (CMSI), el cual resultó de 0.314. Las perspectivas resultaron: 0.25 para la Perspectiva Financiera, 0.387 para los Stakeholders de Mantenimiento, 0.308 para Procesos de Mantenimiento y 0.348 para Innovación y Desarrollo. Se detectó como puntos críticos la perspectiva financiera y los procesos de mantenimiento, con los criterios de costos involucrados, costos directos, análisis y mejora, ejecución y medición, planificación y programación de mantenimiento, gestión de servicio externos y gestión de repuestos y consumibles.
4. En el tercer objetivo, la mejora del sistema de gestión de mantenimiento consideró el ciclo Deming, en la que se crearon formatos para la hoja de registro y la hoja de vida de las máquinas y equipos. El plan de mantenimiento incluyó el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, se creó la comisión que fue integrada por un supervisor de mantenimiento y cuatro inspectores. Se consideraron indicadores de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, costos de mantenimiento, planificación, tiempo de respuesta, tiempo de respuesta de cada mantenimiento, mantenimiento

correctivo y preventivo. Se elaboró un plan de capacitación y se consideró la metodología 5s para la mejora continua.

5. En el cuarto objetivo, la evaluación del CMSI mejoró un 47.1% obteniendo un CMSI final de 0.785 encontrándose en una escala muy importante. Los valores del estado final de las perspectivas del indicador estuvieron en un rango de 0.772 y 0.836, representando una mejora del 58.60% para la perspectiva financiera, los procesos de mantenimiento mejoraron en un 45.50%, en Innovación y desarrollo se evidenció un incremento de 44.70% y en Stakeholders de Mantenimiento de 38.50%.
6. En el quinto objetivo, la inversión de la mejora del sistema de gestión de mantenimiento representó un monto que ascendió a S/22,636.86. Considerando un monto de S/10,743.00 para la inversión fija, que integra costos de muebles, enseres, computadoras e impresoras. El monto para el capital de trabajo sumó un monto de S/ 11,450 tomando en cuenta los gastos administrativos y otros (mantenimiento). Finalmente, la inversión constó de un porcentaje del 2% de imprevistos siendo de S/ 443.86.

VII. RECOMENDACIONES

1. En consideración al objetivo general, se recomienda aplicar el índice de sostenibilidad del Sistema de gestión de Mantenimiento (CMSI) para otras empresas, de modo que, puedan detectar los puntos críticos con mayor rapidez y mejorarlos, obteniendo así una mejor productividad.
2. En el primer objetivo, se recomienda tomar en cuenta otros métodos o herramientas para el diagnóstico como la matriz FODA, Diagnóstico de velocidad y enfoque, mapeo de la matriz de rasgos y competencias, entre otros. Asimismo, considerar otras áreas como logística o almacén para tener conocimientos más exactos de la planta.
3. En el segundo objetivo, se recomienda aplicar el indicador CMSI para obtener los puntos críticos con mayor rapidez. Asimismo, se recomienda identificar los puntos críticos por otros métodos como es el AMEF, análisis de criticidad de los equipos o indicadores como la disponibilidad, confiabilidad o mantenibilidad. Considerar los indicadores tanto económicos como operativos, puesto que ambos aspectos afectan en la productividad de la empresa.
4. En el tercer objetivo, se recomienda a los investigadores que planteen mejoras a un sistema de gestión de mantenimiento guiarse del ciclo Deming, el cual integra lo operativo como la mejora continua en el desarrollo del mantenimiento en una empresa de manera más dinámica y ordenada. Por otro lado, considerar otras metodologías como Lean, Six Sigma, 7s, entre otros.
5. En el cuarto objetivo, se recomienda tomar en consideración los indicadores iniciales para evidenciar las mejoras exactas de una propuesta para el sistema de gestión de mantenimiento. Se sugiere como una forma rápida y didáctica realizar gráficos en Excel para evidenciar las mejoras o bajas en cada uno de los indicadores considerados. Asimismo, realizar constantes mediciones de la mejora para mantenerlas o aumentarlas con el pasar del tiempo.
6. En el quinto objetivo se recomienda, realizar un estudio más a profundidad en el aspecto económico, como el comportamiento de la inversión al pasar de los meses o años, por otro lado, considerar un estudio económico

financiero en la que se evidencie el cálculo del Beneficio costo de la mejora del sistema de gestión de mantenimiento.

REFERENCIAS

- Amrina, E., & Yulianto, A. (2018). Interpretive Structural Model of Key Performance Indicators for Sustainable Maintenance Evaluation in Rubber Industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 319, 012055. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/319/1/012055>
- Arias Gonzáles, J. L. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica*. Enfoques Consulting EIRL. <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2238>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación* (1ra. ed.). Enfoques Consulting EIRL.
- Bilge, P., Emec, S., Seliger, G., & Jawahir, I. S. (2017). Mapping and Integrating Value Creation Factors with Life-cycle Stages for Sustainable Manufacturing. *Procedia CIRP*, 61, 28-33. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.236>
- Cabezas, E., Andrade, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica* (1ra. ed.). Universidad Especial de las Fuerzas Armadas.
- Castañeda Julon, R. E. (2020). *Plan de mantenimiento para incrementar la productividad de los equipos de la empresa Constructora Casme C&M S.R.L., Cajamarca 2019* [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57243>
- Chen, J., Zhang, R., & Wu, D. (2018). Equipment Maintenance Business Model Innovation for Sustainable Competitive Advantage in the Digitalization Context: Connotation, Types, and Measuring. *Sustainability*, 10(11), 3970. <https://doi.org/10.3390/su10113970>

- Cuzco, M. V., Villacrés-Parra, S., Gallegos-Londoño, C., & Negrete-Costales, H. (2019). Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 22, 59-71.
- Dhahri, S., & Omri, A. (2018). Entrepreneurship contribution to the three pillars of sustainable development: What does the evidence really say? *World Development*, 106, 64-77. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.01.008>
- Fonseca, L. M., Domingues, J. P., & Dima, A. M. (2020). Mapping the Sustainable Development Goals Relationships. *Sustainability*, 12(8), 3359. <https://doi.org/10.3390/su12083359>
- Franciosi, C., Di Pasquale, V., Iannone, R., & Miranda, S. (2020). Multi-stakeholder perspectives on indicators for sustainable maintenance performance in production contexts: An exploratory study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(2), 308-330. <https://doi.org/10.1108/JQME-03-2019-0033>
- Franciosi, C., Lambiase, A., & Miranda, S. (2017). Sustainable Maintenance: A Periodic Preventive Maintenance Model with Sustainable Spare Parts Management. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 13692-13697. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2536>
- Gallardo, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación* (Primera, p. 98). Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
- Gasper, D. (2019). The road to the Sustainable Development Goals: Building global alliances and norms. *Journal of Global Ethics*, 15(2), 118-137. <https://doi.org/10.1080/17449626.2019.1639532>

- Hami, N., Ibrahim, Y., Yamin, F., Shafie, S., & Abdulameer, S. (2019). The moderating role of sustainable maintenance on the relationship between sustainable manufacturing practices and social sustainability: A conceptual framework. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(5C), 222-228. <https://doi.org/10.35940/ijeat.E1032.0585C19>
- Hasan, S., & Beshara, I. (2020). Sustainable Maintenance Model for Infrastructure in Egypt. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 14(7), 207-214.
- Ibrahim, Y. M., Hami, N., & Othman, S. N. (2019). Integrating Sustainable Maintenance into Sustainable Manufacturing Practices and its Relationship with Sustainability Performance: A Conceptual Framework. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(4), 30-39.
- Jasiulewicz - Kaczmarek, M., & Gola, A. (2019). Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing—An Overview. *IFAC-PapersOnLine*, 52(10), 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.005>
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Antosz, K., & Gola, A. (2021). From Lean to Sustainable Manufacturing – An Overview. *European Research Studies Journal*, XXIV(Special 2), 291-300.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., & Żywica, P. (2018). The concept of maintenance sustainability performance assessment by integrating balanced scorecard with non-additive fuzzy integral. *Maintenance and Reliability*, 20(4). <https://doi.org/10.17531/ein.2018.4.16>
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Żywica, P., & Gola, A. (2021). Fuzzy set theory driven maintenance sustainability performance assessment model: A multiple

- criteria approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32(5), 1497-1515.
<https://doi.org/10.1007/s10845-020-01734-3>
- Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2018). Development of a Model Linking Physical Asset Management to Sustainability Performance: An Empirical Research. *Sustainability*, 10(12), 4759.
<https://doi.org/10.3390/su10124759>
- Pérez Pérez, M., Pérez Rodríguez, Á. T., de la Paz Martínez, E. M., Pérez Pérez, M., Pérez Rodríguez, Á. T., & de la Paz Martínez, E. M. (2021). Cuadro de mando integral para gestión del mantenimiento con enfoque sostenible en industrias del plástico. *Retos de la Dirección*, 15(2), 60-80.
- Poltronieri, C. F., Ganga, G. M. D., & Gerolamo, M. C. (2019). Maturity in management system integration and its relationship with sustainable performance. *Journal of Cleaner Production*, 207, 236-247.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.250>
- Rivero, J. M. L., Soler, J. A. P., & Delgado, F. M. (2022). Evaluación del nivel de sostenibilidad en la gestión de las tecnologías y sistemas de información a través de la Lógica Difusa Compensatoria. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 154-168.
<https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.4383>
- Rodríguez, M., & Mendivelso, F. (2018). Diseño de investigación de corte transversal. *Revista Médica Sanitas*, 21(3), 141-147.
- Sénéchal, O., & Trentesaux, D. (2019). A framework to help decision makers to be environmentally aware during the maintenance of cyber physical systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 77, 11-22.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.02.007>

Singh, R. K., & Gupta, A. (2020). Framework for sustainable maintenance system: ISM–fuzzy MICMAC and TOPSIS approach. *Annals of Operations Research*, 290(1), 643-676. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03162-w>

Vrignat, P., Kratz, F., & Avila, M. (2022). Sustainable manufacturing, maintenance policies, prognostics and health management: A literature review. *Reliability Engineering and System Safety*, 218(PA). <https://ideas.repec.org/a/eee/reensy/v218y2022ipas095183202100630x.html>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente					
Evaluación de Sostenibilidad aplicando índice CMSI	Desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Dhahri & Omri, 2018).	Se evalúa el nivel de sostenibilidad del SGM de la empresa constructora CASME C&M S.R.L. aplicando el Índice Compuesto de Sostenibilidad del Mantenimiento (CMSI)	Perspectiva Financiera (FP)	F1: Costos de Stakeholders de Mantenimiento	Razón
			Stakeholders de Mantenimiento (MS)	F2: Costos de Mantenimiento	
				S1: Producción y Calidad	
				S2: Seguridad y Salud	
				S3: Ambiente	
			Procesos de Mantenimiento (MP)	S4: Comunicación y cooperación con los Stakeholders	
				P1: Análisis y mejora	
				P2: Ejecución y Medición	
				P3: Planificación y programación de procesos de mantenimiento	
				P4: Gestión de Servicios Externos	
			Innovación y Desarrollo (ID)	P5: Gestión de repuestos y consumibles	
				ID1: Competencias de los trabajadores de mantenimiento	
ID2: Infraestructura de mantenimiento					
Dependiente					
Sistema de gestión de mantenimiento	Ciclo Deming; Es una metodología que es conocida por el mejoramiento continuo (Salas, 2018)	El ciclo de Deming integra las dimensiones planificar, hacer, verificar y actuar.	Planificar	Máquinas y equipos	Nominal
			Hacer	Plan de mantenimiento	
			Verificar	Tipo de mantenimiento	
			Actuar	Indicadores	
				Mejora continua	

Anexo 2. Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>Problema General ¿Cuál es la evaluación de la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI?</p> <p>Problemas específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L.? 2. ¿Cuáles son los puntos críticos que influyen en la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L.? 3. ¿Cuál es la mejora de los puntos críticos identificados en el sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L.? 4. ¿Cuál es la evaluación de la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento mejorado en la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI? 	<p>H1: Es posible mejorar el nivel de sostenibilidad del Sistema de gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI.</p> <p>H0: No es posible mejorar el nivel de sostenibilidad del Sistema de gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI.</p>	<p>Objetivo General Evaluar la sostenibilidad del Sistema de Gestión de Mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa CASME C&M S.R.L. 2. Identificar los puntos críticos que influyen en la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L. 3. Mejorar los puntos críticos identificados en el sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa CASME C&M S.R.L. 4. Evaluar la sostenibilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento mejorado en la empresa CASME C&M S.R.L. aplicando el índice CMSI 	<p>Sostenibilidad del Sistema de Gestión de Mantenimiento</p>	<p>Perspectiva Financiera (FP)</p> <p>Stakeholders de Mantenimiento (MS)</p> <p>Procesos de Mantenimiento (MP)</p> <p>Innovación y Desarrollo (ID)</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Diseño: Pre-Experimental</p> <p>Población: Sistemas de Gestión de la empresa CASME C&M S.R.L.</p> <p>Muestra: Sistemas de Gestión de la empresa CASME C&M S.R.L.</p> <p>Técnica: Análisis documental Observación</p> <p>Instrumento: Guía de análisis documental Guía de observación</p>

Anexo 3. Instrumento

Ficha de observación para el análisis de la sostenibilidad en la Gestión de Mantenimiento

Ítem	Descripción de Ítem/criterio	Nivel 1 - Se desconoce	Nivel 2 - Se administran correctivamente	Nivel 3 - Se encuentran definidos	Nivel 4 - Se administran cuantitativamente (previstos)	Nivel 5 - En proceso de optimización
F1 - Costos de involucrados en el mantenimiento						
1	Costos de lucro cesante (por detención de los equipos)					
2	Costos por deficiencias en la calidad					
3	Costos no planificados de compra de repuestos y servicios de subcontratistas					
4	Costos de incumplimiento de requisitos legales (multas, penalizaciones, etc.)					
5	Costos ambientales debido a fallas					
6	Costos de disposición de residuos generados durante los trabajos de servicio					
7	Costos de horas extra					
8	Costos de incumplimiento de requisitos de seguridad en el trabajo					
9	Costos relacionados a lesiones y accidentes de trabajadores de mantenimiento, operadores y terceros ocurridos durante los trabajos de mantenimiento					
F2 - Costos directos de mantenimiento						
10	Costos de mano de obra					
11	Costos de capacitación					
12	Costos de compra y mantenimiento del inventario					
13	Costos de subcontratistas					
14	Costo de los medios consumidos por el departamento de mantenimiento (electricidad, aire comprimido, agua, etc.)					
S1 - Producción y calidad						
15	Disponibilidad y confiabilidad de las máquinas					
16	Rendimiento de los equipos					
17	Calidad de producción					
18	Overall Equipment Efficiency (OEE)					
19	Capacidad de respuesta a solicitudes de servicio					
20	Calidad de capacitaciones realizadas por el departamento de mantenimiento al área de producción					
21	Disponibilidad y calidad de los procedimientos e instrucciones para operadores					
22	Incumplimientos en entregas por operación inestable y fallos de unidades					
S2 - Seguridad y salud						
23	Lesiones y accidentes durante la realización de trabajos de mantenimiento por parte de operadores y/o subcontratistas					

24	Abandono o no realización de trabajos como consecuencia de riesgos					
25	Identificación e incumplimiento de los principios de SST					
26	Acciones de mejora realizadas por el personal de mantenimiento para eliminar los riesgos para la salud y seguridad					
27	Preocupación por limitar la criticidad de los accidentes/fallos					
S3 - Medioambiente						
28	Incidentes ambientales durante los trabajos realizados por operadores, subcontratistas y resultantes del abandono o no realización de las actividades					
29	Sistema de monitoreo de residuos relacionados con los mismos					
30	Desperdicio de productos causados por maquinaria inestable y fallas					
31	Acciones de mejora tomadas por el personal de mantenimiento para eliminar los riesgos ambientales relacionados a fallas de maquinaria					
32	Acciones relacionadas a limitar la criticidad de accidentes/fallos					
S4 - Comunicación y cooperación con colaboradores						
33	Existencia de canales de comunicación constante					
34	Sistema formal de reuniones					
35	Presencia de incompatibilidades causadas por falta de comunicación o transferencia oportuna de información					
36	Trabajo de equipos multidisciplinarios para resolver problemas y mejorar					
P1 - Análisis y mejora						
37	Análisis de límites tecnológicos de consumo de medios por parte de los equipos (agua, electricidad)					
38	Presencia de eventos de emergencia y sus causas					
39	Análisis de tiempos de reparación					
40	Estudio de retrasos en ejecución de tareas					
41	Análisis de consumo de lubricantes					
42	Estudio de sustancias peligrosas empleadas en servicio					
43	Sistema de mejora formal y eficiencia					
44	Modernización de maquinaria y equipos y análisis de eficiencia					
45	Acciones encaminadas a prolongar el ciclo de vida de los lubricantes y limitar el consumo de sustancias peligrosas					
P2 - Ejecución y medición						
46	Nivel de ejecución de plan y programa de mantenimiento					
47	Método y alcance de registro y documentación de trabajo de mantenimiento					
48	Sistema de inspección continua					
49	Análisis de residuos generados por las actividades de mantenimiento					
50	Procedimiento de segregación de residuos					
51	Incidentes ambientales ocurridos durante actividades de mantenimiento					
52	Lesiones y accidentes del personal de mantenimiento durante la prestación de servicio					
53	Cumplimiento de procedimientos de SST aplicables					
P3 - Planificación y programación de mantenimiento						
54	Disponibilidad de datos e información sobre eventos operativos					
55	Cumplimiento de mantenimientos planificados y eficacia de actividades					
56	Disponibilidad de información de pruebas diagnósticas					
57	Métodos y criterios formalizados para identificación de equipos críticos					

58	Criterios para la selección de estrategias de mantenimiento para máquinas y dispositivos individuales					
59	Procedimientos e instrucciones que tengan en cuenta los riesgos para SST y medioambiente					
P4 - Gestión de servicios externos						
60	Métodos y criterios para selección de subcontratistas					
61	Definición de alcance de servicios, normas y procedimientos de cooperación					
62	Documentación de actividades realizadas					
63	Seguimiento en ejecución de actividades externas					
P5 - Gestión de repuestos y consumibles						
64	Métodos y criterios para selección y evaluación de proveedores de repuestos y consumibles					
65	Planificación de la demanda					
66	Seguimiento de stock					
67	Uso de consumibles ecológicos					
68	Métodos de almacenamiento adecuados en seguridad e impacto ambiental					
69	Uso de piezas regeneradas/refabricadas					
D1 - Competencias de trabajadores de mantenimiento						
70	Planificación de la formación de empleados					
71	Programas de introducción a nuevo personal					
72	Métodos para verificar los conocimientos y habilidades de empleados					
73	Temas de formación acorde a los requerimientos técnicos, de seguridad y medioambiental aplicables					
D2 - Infraestructura de mantenimiento						
75	Adecuación de calidad y cantidad de equipos en relación al alcance de los trabajos de mantenimiento realizados					
76	Existencia de pruebas de diagnóstico, planificación y ejecución de inversiones en mantenimiento					
77	Análisis de retrasos en trabajos de servicio debido a falta de disponibilidad o calidad de equipos					
78	Alcance de herramientas informáticas para trabajos de planificación y supervisión					
79	Seguimiento y análisis de las instalaciones técnicas y procesos de mantenimiento					
D3 - Satisfacción de trabajadores de mantenimiento						
80	Horario de trabajo establecido acorde a normativa aplicable					
81	Ambiente de trabajo adecuado					
82	Rotación en personal de mantenimiento					
83	Sistema de motivación de personal					

Anexo 4. Formato de Registro de máquinas y equipos

		Registro de máquinas y equipos					
		RME_2022 N° _____					
Fecha:							
Área:							
Responsable:							
N°	Hora	Cantidad	Máquina o equipo	Modelo	Código asignado	Proveedor	Documentación técnica
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Anexo 9. Cronograma de limpieza

 CONSTRUCTORA CASME		Cronograma de limpieza CDL_2022 N° _____				
Fecha:						
Área:						
N°	Tarea	Responsable	Día	Hora de inicio	Hora final	Detalle
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Anexo 10. Formato de Auditoria

	<h3 style="margin: 0;">Formato de Auditoria</h3>	CÓDIGO: PÁGINA: 1 de 1 FECHA: Revisión: 00
---	--	---

Fecha	Hora	Área Auditada	Responsable de Área	ESTADO
AUDITORES				

PUNTAJE DE CUMPLIMIENTO

0	1	2	3
No cumple	Bajo cumplimiento	Cumple parcialmente	Cumple Totalmente

SELECCIONAR (15 puntos)				PUNTAJE				Observaciones
				0	1	2	3	
1	Todos los materiales e insumos cercanos al área están en el lugar que corresponde.							
2	No existen objetos en mal estado en el área							
3	Existe desperdicio de materiales e insumos en el área							
4	No existe elementos que debieran pertenecer a otro sector.							
5	No existen documentos que no sirvan o no vigentes y sin valor en el sector.							
TOTAL								

ORDENAR (15 puntos)				0	1	2	3	Observaciones
1	Los objetos, herramientas, materiales, archivos, etc. se encuentran organizados apropiadamente en su lugar y pueden ser ubicados fácilmente.							
2	Los objetos, herramientas, materiales, archivos, etc. se encuentran debidamente identificados (rotulados, archivadores, espacios compartidos)							
3	Están señalizadas las ubicaciones definidas para los objetos y existen sectorizaciones							
4	Existe mejora en los tiempos productivos gracias a la organización de los diferentes sectores de trabajo							
5	Materiales del personal tercero en su lugar .							
TOTAL								

LIMPIAR (15 puntos)				0	1	2	3	Observaciones
1	Los equipos y mobiliarios se encuentran limpios y en buen estado en el área de trabajo.							
2	Se tiene identificado las fuentes de suciedad y se han realizado acciones para mitigarlos. Existen derrames o fugas de algún material (agua, aceite, etc.)							
3	Los pisos y las paredes se encuentran limpios.							
4	Los elementos de limpieza se encuentran ordenados y en buen estado.							
5	El programa de limpieza está definido y se está cumpliendo (evidenciable)							
TOTAL								

ESTANDARIZAR (21 puntos)		0	1	2	3	Observaciones
1	Se han establecido reglas fáciles de recordar para el mantenimiento de las tres primeras S's.					
2	Se cumplen las reglas establecidas.					
3	Existen controles visuales que faciliten la labor o ayuden a evitar errores en la producción.					
4	Se comprueba la eficacia de los controles visuales					
5	Se ejecutan las acciones de mejora establecida.					
6	El ambiente de trabajo es apropiado para realizar las labores (iluminación, temperatura, ergonomía, etc.)					
7	Existen procedimientos o instructivos para la limpieza (inspección de máquinas)					
TOTAL						

DISCIPLINA (15 puntos)		0	1	2	3	Observaciones
1	El personal mantiene su sector de trabajo limpio, ordenado y seguro; sin la exigencia de un superior.					
2	Existe una buena interacción entre compañeros, trabajo en equipo, trato con cortesía y respetuoso.					
3	Todos los integrantes del equipo están capacitados en las 5S.					
4	En general, la actitud ante las 5S es proactiva					
5	Se trabaja el tema de las 5S en la charla de 5 minutos.					
TOTAL						

COMENTARIOS

Firma de Encargado

Firma del Facilitador 5S del área

Firma de Auditor

Firma de Auditor

ESTADO	PUNTAJE
APROBADO	55-84
REGULAR	28-54
DESAPROBADO	0-27



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de sostenibilidad del Sistema de Gestión de Mantenimiento en empresa CASME C&M S.R.L. aplicando índice CMSI", cuyo autor es HUACCHA QUISPE RUBEN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 10 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS DNI: 16720249 ORCID: 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 10- 12-2022 13:02:00

Código documento Trilce: TRI - 0481931