

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Lean Maintenance en el proceso productivo de agregados en la empresa
Proyectos Industriales Gambetta SAC para reducir los costos operativos**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Daniela Jackelyn Barboza Samaniego

ASESOR

Carlos Miguel Santos Fernández

<https://orcid.org/0000-0002-2227-9191>

Chiclayo, 2025

**Lean Maintenance en el proceso productivo de agregados en la
empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC para reducir los
costos operativos**

PRESENTADA POR

Daniela Jackelyn Barboza Samaniego

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Edward Florencio Aurora Vigo

PRESIDENTE

Carla Mercy Flores Sánchez

SECRETARIO

Carlos Miguel Santos Fernández

VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, quienes son mi apoyo incondicional siempre y a Dios que guía mi camino para ser una mejor persona cada día.

Agradecimientos

A la universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, a mis docentes, y asesor de tesis, que me enriquecen de conocimiento para forjarme como profesional.

Lean Maintenance en el proceso productivo de agregados en la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC para reducir los costos operativos

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	1library.co Fuente de Internet	<1%
9	revistas.up.ac.pa Fuente de Internet	<1%
10	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1%
11	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	9
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	15
Conclusiones	32
Recomendaciones.....	33
Referencias.....	34
Anexos	37

Resumen

La presente investigación propone la aplicación de la estrategia Lean Maintenance en el proceso de producción de agregados de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC, con el objetivo de reducir sus costos operativos y optimizar la gestión del mantenimiento. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y nivel descriptivo, sin manipulación de variables. El diagnóstico inicial permitió identificar un total de 810 minutos mensuales de tiempo de paro de maquinaria, lo cual representa el 22.5 % del tiempo productivo. Además, se evidenció que las fallas recurrentes en equipos de línea amarilla generaban un impacto económico equivalente al 8.4 % de los costos operativos mensuales.

Como propuesta de mejora, se planteó implementar herramientas Lean como TPM, 5S y VSM, permitiendo proyectar una reducción significativa de fallas, tiempos muertos y desperdicios en el proceso. El análisis económico de la propuesta evidenció un Valor Actual Neto (VAN) de ingresos de S/ 209 342.17 y un VAN de egresos de S/ 127 039.21. Asimismo, se obtuvo una ratio beneficio/costo (B/C) de 1.65, lo que valida la viabilidad financiera del proyecto y su contribución a la eficiencia productiva

Palabras claves: Lean Maintenance, proceso productivo, agregado, cantera, maquinarias.

Abstract

This research proposes the implementation of the Lean Maintenance strategy in the aggregate production process of the company Proyectos Industriales Gambetta SAC, aiming to reduce operational costs and improve maintenance management. The methodology used was applied, with a quantitative and descriptive approach, without variable manipulation. The diagnostic phase identified 810 minutes of monthly downtime due to equipment failures, equivalent to 22.5 % of total productive time. It was also determined that repeated failures in yellow-line machinery accounted for approximately 8.4 % of the company's operating costs.

As a solution, the study proposes the use of Lean tools such as TPM, 5S, and VSM, which are expected to reduce downtime, eliminate waste, and improve process flow. The economic analysis of the proposal estimated a Net Present Value (NPV) of S/ 209,342.17 in projected income, compared to S/ 127,039.21 in projected expenses. Additionally, the cost-benefit ratio (B/C) was calculated at 1.65, demonstrating the financial feasibility of the proposal and its potential impact on production efficiency.

Keywords: Lean Maintenance, production process, aggregate, quarry, machinery.

Introducción

En los últimos años, la industria de la construcción ha tenido un rol fundamental en la reactivación económica de muchos países debido a su capacidad para generar empleo, dinamizar inversiones y promover el desarrollo de infraestructura. Sin embargo, este crecimiento no ha estado exento de desafíos. Factores como la crisis sanitaria global, la escasez de materiales, el alza en los precios del combustible y la baja disponibilidad de equipos han afectado significativamente la eficiencia operativa del sector, ralentizando su avance y afectando los márgenes de rentabilidad de muchas empresas.

En el Perú, esta situación se ve reflejada principalmente en pequeñas y medianas empresas del rubro, donde la gestión operativa y la planificación del mantenimiento son aún poco estructuradas. Una de las principales deficiencias detectadas en este tipo de organizaciones es la alta dependencia del mantenimiento correctivo, lo cual genera paradas imprevistas, altos costos por reparación y una reducción considerable en la disponibilidad de los equipos productivos.

Un caso representativo es el de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC, ubicada en Ventanilla – Callao, la cual se dedica a la explotación y comercialización de agregados para el sector construcción. Durante el análisis preliminar se identificó que los equipos de línea amarilla presentaban constantes fallas debido a la falta de un sistema de mantenimiento planificado. Esta deficiencia generó un impacto económico importante, evidenciado en costos de mantenimiento que superaron los S/ 624 000 al año, además de pérdidas por inactividad de maquinaria, sobre stock de repuestos, errores logísticos y deficiencias en la programación de actividades operativas.

Se evidenció también que un 56 % de los costos adicionales estaban asociados a tiempos muertos, retrasos en producción, reincidencia de fallas, mala gestión de materiales y falta de supervisión técnica. Asimismo, se registraron 54 errores logísticos relacionados con la recepción de insumos, la no identificación del origen de materiales y problemas en el control de inventarios, lo cual repercutió negativamente en la continuidad del proceso productivo.

Ante este panorama, surge la necesidad de implementar un modelo de gestión de mantenimiento más eficiente, preventivo y alineado a la mejora continua. En ese sentido, la presente investigación propone la aplicación de Lean Maintenance como estrategia orientada a reducir desperdicios, optimizar los recursos disponibles y asegurar una mayor disponibilidad operativa de los equipos. Esta propuesta se plantea con el objetivo de minimizar los costos operativos generados por la deficiente planificación del mantenimiento y brindar a la empresa una herramienta de mejora técnica y económica.

La pregunta que guía esta investigación es: ¿En qué medida la implementación de Lean Maintenance en el proceso productivo de agregados puede contribuir a la reducción de costos operativos en la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC?

En base a esta interrogante, se plantea como objetivo general proponer un modelo de mejora en la gestión del mantenimiento mediante la aplicación de herramientas Lean, centradas en el diagnóstico, la identificación de oportunidades de mejora, el diseño de una propuesta integral y el análisis de su viabilidad económica. Asimismo, se establecen objetivos específicos que permiten abordar cada etapa del proceso de manera estructurada.

Esta investigación busca aportar una solución concreta y adaptada a la realidad de la empresa, basándose en metodologías probadas que combinan el enfoque preventivo con la participación del personal. De este modo, se espera no solo reducir costos, sino también mejorar la eficiencia del proceso, la seguridad operativa y la sostenibilidad del negocio a largo plazo.

Revisión de literatura

-Duram *et al.* [4] en su investigación titulada “Lean Maintenance aplicado para mejorar la eficiencia del mantenimiento en centrales termoeléctricas”. Concluyeron, pese a la amplia conexión del mantenimiento, no se encuentra señalado un método estructurado que permita la inscripción de herramientas Lean aplicadas en el sector de mantenimiento, debido a que la aplicación de dichas técnicas se encuentran enfocadas en el uso de un procedimiento de toma de decisiones multicriterial previamente desarrollado que emplea metodología Fuzzy Analytic Hierachy Process, para llevar a cabo tareas de diagnósticos y prescripción, además la aplicación de tales herramientas lean muestran que se pueden obtener resultados importantes, haciendo que la función de mantenimiento en las centrales termoeléctricas sean más eficientes.

-Mosqueira y García [5], en su investigación titulada “Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir los costos operacionales en la empresa industria Molinera Bustamante E.I.R.L.” Concluyeron, desarrollando la propuestas de mejora en el área de producción y mantenimiento, tales como el plan de capacitación a los operarios y metodología 5´s, plan de mantenimiento, verificación, auditorías, procedimientos, así como las técnicas que permitieron la reducción total en los costos del área de producción es de 64,28% es decir alcanzo un ahorro de S/. 307 858,58 por año y del área de mantenimiento es de 72,88% es decir existe un ahorro de S/.539 543,61 por año, asimismo, que en el análisis económico – financiero para comprobar que el estudio realizado es viable para la empresa, puesto que se obtuvo un VAN de S/. 682 652,72, un TIR de 66,05% y un b/c de 2,24.

-Monroy [6], en su investigación titulada “Mejora de diseño de segmentos de poliuretano para una lavadora de arena McLanahan para reducir el costo de mantenimiento en una empresa de agregados, Arequipa 2019”. Finalmente mencionó que la disponibilidad de la parte no modificada es de 97,93%, la parte modificada es de 98,97%, la confiabilidad de la parte no modificada es de 71,91%, mientras que la parte modificada es de 84,96%, estos resultados muestran que el segmento de poliuretano engranado tiene mejor usabilidad. y tasa de confiabilidad.

- Ravindra *et al.* [7], en su investigación titulada “Excelencia en la fabricación utilizando sistemas lean: Un caso de una planta de fabricación de agregados automotrices en la India”. Concluye que con la implementación efectiva del pensamiento lean permite facilitar de forma significativa la mejora de la capacidad de la planta dentro del área de producción y sin obstaculizar la entrega a los clientes con una demanda creciente. Como también impartir aprendizaje mediante el estudio de una industria manufacturera, que duplicó con éxito su capacidad de entrega utilizando el enfoque de gestión de proyectos y sistemas Lean.

-Aliaga y Anticona [8], en su investigación titulada “Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir los costos operativos de la línea de producción de semirremolques plataforma en la empresa Bona Logistic E.I.R.L” se trazó como objetivo determinar el impacto de la propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento en los costos operativos de la línea de producción de semirremolques plataforma 13,50 metros en la empresa. Concluye que, con la propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento, impacta positivamente en la reducción de un 60,72% en los costos operativos, de la línea de producción, donde la propuesta de herramientas en base a la Planificación de Requerimientos de Materiales, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y Estudios de tiempos, de mejora han contribuido a la reducción de costos operativos.

Julca [9] en su investigación “Diseño e implementación de un sistema de gestión del mantenimiento productivo total (TPM) para reducir los costos operativos en la línea de producción de plataformas de la empresa Fabricaciones Metálicas Carranza S.A.C” se trazó como determinar el impacto sobre los costos operativos en la línea de producción de plataforma de la empresa, mediante la implementación de un sistema de gestión del mantenimiento productivo total. Concluye determinando el impacto en los costos operativos de la línea de producción de plataformas en la empresa, reduciendo los costos en S/. 531 530,85 asimismo logró mediante el plan incrementar la disponibilidad de los equipos de 91,40% a 93,12% siendo un 3,01% de las ventas, reduciendo de tal forma el 60% del tiempo de espera hasta que el técnico de mantenimiento llegue.

Proceso productivo, es una serie de actividades mediante las cuales distintos factores productivos, se transforman en productos. La transformación crea riqueza, es decir logra añadir valor a los componentes adquiridos por la empresa. El material comprado, es más valioso e incrementa su potencialidad, para satisfacer las necesidades de los clientes a medida, que esto avanza mediante el proceso de producción, por lo cual es necesario que, en los procesos, se identifiquen todos los inputs, que se utilizan para obtener los outputs [10]. Como también el proceso productivo, ha estado siempre relacionado con un conjunto de operaciones y actividades, que se ejecutan para generar valor, donde un conjunto de operaciones permite satisfacer las necesidades de los clientes, mediante la transformación de unos insumos en un producto o servicio [10]. Los procesos productivos, se realizan a cabo mediante una actividad de manipulación de materiales, que logran ser adquiridos como materias primas, los cuales recorren cada etapa del proceso de producción, para dar lugar a un producto final, que es donde se pretende obtener el proceso [11].

Los tipos de proceso dependen de la manera de producir, de organizar la producción, asimismo como los inputs que se emplean en cada producción y de los outputs generados al término de la producción, donde en términos generales se establecen, tres tipos de proceso: Los procesos manuales, intervienen de forma primordial, el factor trabajo, así como la mano de obra es el input como factor fundamental de trabajo. Procesos mecánicos, en este tipo de procesos, se encuentra los factores trabajo y el capital, que participan en proporciones similares, en el proceso productivo, donde se genera la combinación de la mano de obra y la máquina. Procesos automáticos, se genera mediante la intervención del factor humano, donde se limita a la supervisión del proceso, para lo cual el elemento fundamental del trabajo es la máquina [12].

Lean Manufacturing, es una filosofía, que busca la mejora continua, así como la reducción de actividades que no aportan valor o despilfarros, involucrando a todo el personal para lograrlo. El Lean se compone, mediante una serie de principios, conceptos y técnicas, que se encuentran diseñadas para reducir el despilfarro, asimismo establecer un sistema de producción eficiente, justo a tiempo, que permite realizar entregas a los clientes de los productos requeridos, cuando son requeridos, en la cantidad requerida, en la secuencia requerida y sin defectos [13]. Entre las técnicas de Lean Manufacturing, consideradas

Lean Maintenance, permite lograr de forma efectiva el mantenimiento eficiente, que se emplear herramientas lean clave, tales como el VSM, 5's, gestión visual. Las herramientas lean integrales, que son desarrolladas para actividades de mantenimiento de una organización incluyen 5's, TPM, efectividad general del equipo (OEE), Kaize, Poka – Yoke, mapeo de actividad del proceso, Kanban, administrado por computadora sistema de mantenimiento. En

lo que resalta la importancia de los principios Lean, se han extendido cada vez más a los sectores industriales o de servicios [14]. Esta evaluación de la importancia cuantifica la importancia de un elemento o función del sistema relación con la misión consagrada, en donde la priorización de tareas de mantenimiento se emplea para asignar la prioridad de mantenimiento órdenes de trabajo basadas en la criticidad del equipo [15]

El mantenimiento productivo total, se especifica la relación entre el mantenimiento y la producción para tener una mejor optimización de la calidad del producto, la eficiencia operativa, así como la capacidad, la garantía y la seguridad. El análisis del modo y efecto de fallo permite identificar las fallas potenciales de un proceso o diseño de producto que generalmente se planifica para eliminar o minimizar el riesgo involucrado; a la vez es una herramienta poderosa que permite identificar fallas potenciales de un proceso que generalmente se planifica para eliminar o minimizar el riesgo involucrado [14].

Por lo que el AMEF, desarrollado es el de procesos, ya que se encuentra enfocado en el seguimiento de las etapas del proceso productivo, que permite identificar los modos de fallas potenciales que perjudican el desarrollo del proceso, dicha herramienta es fundamental en el proceso de planificación, dentro de la gestión del mantenimiento, pues se espera que con su aplicación se minimice las fallas presentes en las máquinas con el fin de evitar paros y pérdidas inesperadas. El modo de fallo se establece como el estado de falla, es decir como falla un equipo o un activo, lo cual resultado en una baja productividad que es un proceso productivo que implica identificar tales fallas para reducirlas mediante acciones correctivas apropiadas, que permitan un proceso limpio, el cumplimiento del plan de requisitos de materiales y un plan de producción planificada [1].

Costos de producción, concierne en la transformación de un producto o servicio, de un determinado tales como el costo de mano de obra directa, materia prima directa y costos indirectos de fábrica. De tal forma, comprende tres factores presentes en el proceso que componen el costo de producción. En lo cual el costo total es el valor de mercado de los factores, que se emplea en una empresa de producción, asimismo puede obtenerse de la siguiente forma:

Las materias primas directas son todos los elementos que se transforman en productos finales. El producto terminado en sí tiene una serie de componentes y los subproductos se crean a través del proceso de transformación para lograr el producto final. [16]. Los recursos humanos, desarrollan diversas tareas para convertir las materias primas en productos finales. Está constituido por el valor del trabajo directo realizado por los trabajadores, es decir, su

esfuerzo por contribuir al proceso de producción de la mercancía. [16]. Los tiempos que los trabajadores exceden, en su jornada diaria, se consideran como horas extras [16].

Costos de mantenimiento, se toma con la decisión para llevar al éxito o una caída en una producción, venta, existe una preocupación por los directivos que son los encargados de las actividades del mantenimiento. En lo que respecta el costo global, es considerado toda la suma de los cuatro costos, así como los que describen las intervenciones, costos de fallas, costos de almacenamiento, costo de sobreinversiones, además con lo que se identifica varios tipos de factores, que guardan relación como es a la inversión, pérdidas, financiamiento y amortización [16]

Materiales y métodos

Esta investigación se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, de tipo aplicada y con nivel descriptivo. El enfoque cuantitativo permitió trabajar con datos concretos del proceso productivo, particularmente del área de mantenimiento de maquinaria pesada. Al tratarse de un diseño no experimental, no se manipularon variables, sino que se observó el comportamiento real de los equipos antes y después de la propuesta. El carácter transversal del estudio responde a que los datos fueron recolectados en un solo momento temporal, sin realizar seguimientos a largo plazo.

El desarrollo metodológico inició con un diagnóstico técnico-operativo de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC. En esta etapa se describieron aspectos generales de la organización, tales como su estructura, procesos clave, áreas funcionales y equipos críticos. Se utilizó información interna, entrevistas con personal técnico y registros históricos de mantenimiento para identificar las principales deficiencias en la gestión actual. Se sistematizaron los datos mediante el uso de fichas técnicas, reportes de paradas, tiempos de reparación y costos asociados.

Posteriormente, se aplicaron herramientas de análisis como el diagrama de Ishikawa, que permitió identificar las causas raíz que generan las fallas en la maquinaria, clasificándolas en factores humanos, técnicos y organizacionales. Esta información fue priorizada mediante el diagrama de Pareto, el cual evidenció que un grupo reducido de fallas recurrentes generaba el mayor impacto económico en la empresa. Estas herramientas fueron fundamentales para establecer un enfoque estructurado de mejora basado en evidencia real.

Una vez identificado el problema central y sus causas principales, se procedió a evaluar las alternativas de mantenimiento que mejor se ajustaban a la realidad operativa de la empresa. A través de un análisis comparativo se determinó que la estrategia de mantenimiento preventivo

era la más adecuada para reducir las fallas imprevistas y optimizar la disponibilidad de los equipos. Esta evaluación permitió sustentar la elección de Lean Maintenance como enfoque principal de intervención.

La propuesta fue diseñada utilizando tres herramientas de la filosofía Lean: TPM (Mantenimiento Productivo Total), 5S y VSM (Value Stream Mapping). El TPM se enfocó en la planificación sistemática del mantenimiento preventivo, asignando tareas, frecuencias, recursos y responsables. La metodología 5S fue aplicada al área de mantenimiento para mejorar la organización de herramientas, materiales y espacios de trabajo. Por su parte, el VSM se empleó para mapear el proceso actual e identificar puntos críticos de mejora y oportunidades para reducir tiempos y desperdicios.

Para la implementación de la propuesta se diseñaron documentos operativos como un Check List de inspección, cronogramas de mantenimiento mensual, formatos de control visual y fichas de verificación por equipo. Asimismo, se estructuró una matriz de evaluación de resultados que permitiría medir el impacto de la propuesta en términos de reducción de costos y mejora en la eficiencia operativa.

La información requerida fue procesada mediante la técnica de análisis documental, lo cual permitió consolidar datos internos, evidencias y registros históricos. Esta técnica sirvió de base para comparar la situación inicial con la proyección futura en caso de aplicar la propuesta de mejora. Además, se revisaron buenas prácticas de mantenimiento utilizadas en empresas del mismo sector como referencia.

Finalmente, se realizó una evaluación económica de la propuesta mediante el uso de herramientas financieras como el análisis de flujo de caja proyectado, el cálculo del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C). Estos indicadores permitieron sustentar la viabilidad económica de la propuesta, demostrando que la aplicación del modelo Lean Maintenance es rentable y beneficiosa para la empresa.

Resultados y discusión

Aspectos generales

RUC: 20601056012

Razón Social: Proyectos Industriales Gambetta SAC

Actividad comercial: Venta de material de construcción

Es una empresa especializada en la explotación, transporte y venta de agregados para construcción, contando con una cantera propia ubicada en el distrito de Ventanilla, Callao, la cual fue fundada por Moisés Ackerman Krikler.

Descripción del proceso productivo de la empresa

El material volado es cargado por una excavadora de 1,4 m³ a una tolva de camión volquete de 15 m³ o 17 m³ de capacidad de tolva, luego el camión volquete acarrea 150 metros de distancia a la Chancadora Primaria o Planta Primaria, vierte el material a un embudo, allí se chanca el material hasta triturarlo a 5 pulgadas. La piedra de 5 pulgadas es trasladada por fajas transportadoras de 25 metros x 48 pulgadas y 50 metros x 48 pulgadas. Luego se depositan y se acumula al final de cada faja. La piedra de 5 pulgadas apilado es cargada y depositada al embudo de la chancadora secundaria por un cargador frontal. La piedra triturada se transporta por fajas hasta la zaranda. La zaranda se encarga de clasificar 3 tipos de material (piedra de ½", USO 67, y arena chancada) proveniente de la chancadora secundaria. Ver el Diagrama del Flujo del Proceso (Anexo 08).

Evaluación del método de trabajo en la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC

Tabla 1. Costo de los tiempos de retraso por el mantenimiento de las maquinarias

N°	Actividad	Tiempo perdido (min)	Tiempo perdido (Hr)	Costo por hora	Costo total
1	Huecos en mallas	49	0,82	S/ 189,00	S/ 154,35
2	Colocación de parches	30	0,50	S/ 189,00	S/ 94,50
3	Soldar máquinas	187	3,12	S/ 189,00	S/ 589,05
4	Colocar grapas	42	0,70	S/ 189,00	S/ 132,30
5	Cambios de correas	120	2,00	S/ 189,00	S/ 378,00
6	Paro por hueco en malla de zaranda	15	0,25	S/ 189,00	S/ 47,25
7	Hueco en Malla	104	1,73	S/ 189,00	S/ 327,60
8	Paro para colocar parche en hueco zaranda	50	0,83	S/ 189,00	S/ 157,50
9	Paro para colocar grapas	160	2,67	S/ 189,00	S/ 504,00
10	Paro por parche en malla	53	0,88	S/ 189,00	S/ 166,95
Tiempo total en retrasos		810	13,5	S/ 189,00	S/ 2 551,50
Tiempo promedio de producción		3600	60		
% de tiempo perdido		22,50%	23%		

Fuente: Proyectos Industriales Gambetta SAC

$$\% \text{ de tiempo de retraso por el mantenimiento de las maq.} = \frac{810 \text{ min}}{3600 \text{ min}} = 22,5\%$$

Durante la evaluación de los retrasos operativos, se identificó que una de las principales causas fue la inadecuada planificación y control del mantenimiento de los equipos utilizados en la producción de agregados de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC, es de 810 minutos, equivalente del 22,5%.

Tabla 2. Costo de las paradas de las maquinarias clasificadas como línea amarilla

Maquinarias	Horas de trabajo	Costo hora	Costo día	Costo mes
Excavadora Hyundai	8,00	\$ 31,00	\$ 248,00	\$ 7 440,00
Cargador Volvo	16,00	\$ 27,00	\$ 432,00	\$ 12 960,00
Plantas Chancadoras	16,00	\$ 67,30	\$ 1 076,80	\$ 32 304,00
Total	24,00	\$ 125,30	\$ 1 756,80	\$ 52 704,00

Fuente: Proyectos Industriales Gambetta SAC

$$\% \text{Costo de las paradas de las maq.} = \frac{52\,704}{624\,513,39} \times 100 = 8,4\%$$

El costo de las paradas de las maquinarias clasificada como línea amarilla (maquinarias desfasadas) en la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC, representa el 8,4% de lo global, indicando que por mes es una pérdida cuantiosa, en lo que respecta a los beneficios de la empresa.

Tabla 3. Costo total por paradas de las maquinarias en la producción de agregados

Operación	Equipo/maquina	Función	N° de fallos	Tiempo total (paro en min)	Tiempo total (hrs)	Costo por hrs	Total
Excavación	Excavadora Volvo	Extraer la materia prima	2	50	0,83	S/ 189	157,50
Producción primaria	Chancadora primaria	Realizar la primera minimización de piedra	3	135	2,25	S/ 189	425,25
Traslado a almacenamiento	Cargador frontal	Pasar con la cuchara de chancadora primaria a almacén	2	50	0,83	S/ 189	157,50
Producción secundaria	Chancadora secundaria	Dar la segunda y última minimización de piedra	3	120	2,00	S/ 189	378,00
Separación de producto	Zaranda	Separar el producto del desecho	5	215	3,58	S/ 189	677,25
Separación de producto	Separadores	Dividir el producto del polvillo y otros residuos	3	90	1,50	S/ 189	283,50
Total, de paros (min)				600	10,00	S/	2 079,00

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 3, se representa el costo total por paradas de las maquinarias en la producción de agregados en la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC, detallándose que por mes se genera un gasto total de S/. 2 079,00, generados por los siguientes motivos; excavadora defectuosa, triturado por falta de mantenimiento, atoró de la cuchara de la chancadora primaria al momento de subir la materia prima, mal manejo de la trituradora, mallas rotas y errores en proceso logístico, lo cual, es representado por el 16,7% del tiempo total del proceso.

$$\% \text{ de tiempo paros en las maquinarias} = \frac{600 \text{ min}}{3\,600 \text{ min}} = 16,7\%$$

Los equipos se detienen principalmente debido a la ausencia de tareas planificadas de mantenimiento, por lo tanto. Durante la evaluación del mantenimiento no ejecutado, se identificó que las horas programadas alcanzaban un total de 364 horas mientras que las horas efectivas es de 203 hrs, las cuales equivalen al 56% de las horas proyectadas. Indicando, que se debería reforzar los procedimientos de gestión de mantenimiento.

$$\% \text{ de mantenimiento inexistente} = \frac{203 \text{ min}}{364 \text{ min}} = 56\%$$

Análisis de las ventas de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC

La empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC, dedicada a la explotación y comercialización de agregados para construcción en su cantera en Ventanilla – Callao, es una minera no metálica, que cuenta con los siguientes productos:

Tabla 4. Análisis de las ventas de los agregados

Ítems	Descripción	%	Volumen Vendido	Precio unitario	Total, de ventas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
1	Piedra De 1/2"	72%	10 814,47 m3	S/ 25,00	S/ 270 361,73	74%	74%
2	Piedra Huso 67	17%	2 551,89 m3	S/ 25,00	S/ 63 797,26	17%	92%
3	Piedra Zanja	4%	674,72 m3	S/ 20,00	S/ 13 494,38	4%	95%
4	Arena Chancada	4%	576,11 m3	S/ 14,00	S/ 8 065,48	2%	98%
5	Hormigón	2%	281,59 m3	S/ 20,00	S/ 5 631,76	2%	99%
6	Piedra De 3/4"	0%	57,47 m3	S/ 35,00	S/ 2 011,34	1%	100%
7	Arena Gruesa Trapiche	0%	32,84 m3	S/ 35,00	S/ 1 149,48	0%	100%
8	Confitillo	0%	0,92 m3	S/ 20,00	S/ 218,37	0%	100%
9	Piedra Over	0%		S/ 20,00	S/ -	0%	100%
Total					S/ 364 729,80	100%	

Fuente: Proyectos Industriales Gambetta S.A.C

La tabla 4 muestra el estudio de los agregados comercializados por la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC. Se observa que el producto con mayor volumen de ventas es la piedra de 1/2", lo cual concentra la mayor parte de la producción.

Tabla 5. Resumen de ventas y costos año 2019

Mes	M3		Venta		Costo		Utilidad operativa
Febrero	820,01 m3	S/	18 642,00	S/	12 299,04	S/	6 342,96
Marzo	3 160,33 m3	S/	73 714,95	S/	63 494,51	S/	10 220,44
Abril	2 983,50 m3	S/	72 625,00	S/	90 099,00	-S/	17 474,00
Mayo	2 551,17 m3	S/	61 926,92	S/	68 401,38	-S/	6 474,46
Junio	1 969,00 m3	S/	45 185,00	S/	80 450,00	-S/	35 265,00
Julio	2 916,93 m3	S/	68 809,83	S/	78 840,95	-S/	10 031,12
Agosto	3 048,00 m3	S/	67 762,89	S/	82 308,50	-S/	14 545,61
Septiembre	2 909,14 m3	S/	64 688,30	S/	62 151,77	S/	2 536,53
Octubre	3 638,83 m3	S/	77 638,81	S/	74 277,32	S/	3 361,49
Noviembre	4 312,00 m3	S/	86 969,54	S/	70 517,29	S/	16 452,25
Diciembre	4 461,32 m3	S/	92 920,72	S/	116 993,08	-S/	24 072,36
Total	32 770,23 m3	S/	730 883,96	S/	799 832,84	-S/	68 948,88

Fuente: Proyectos Industriales Gambetta SAC

Durante el año 2019, se registraron interrupciones frecuentes en los meses de abril, mayo, junio, julio y diciembre, debido a deficiencias en la maquinaria de la línea amarilla, lo que afectó la continuidad del proceso productivo.

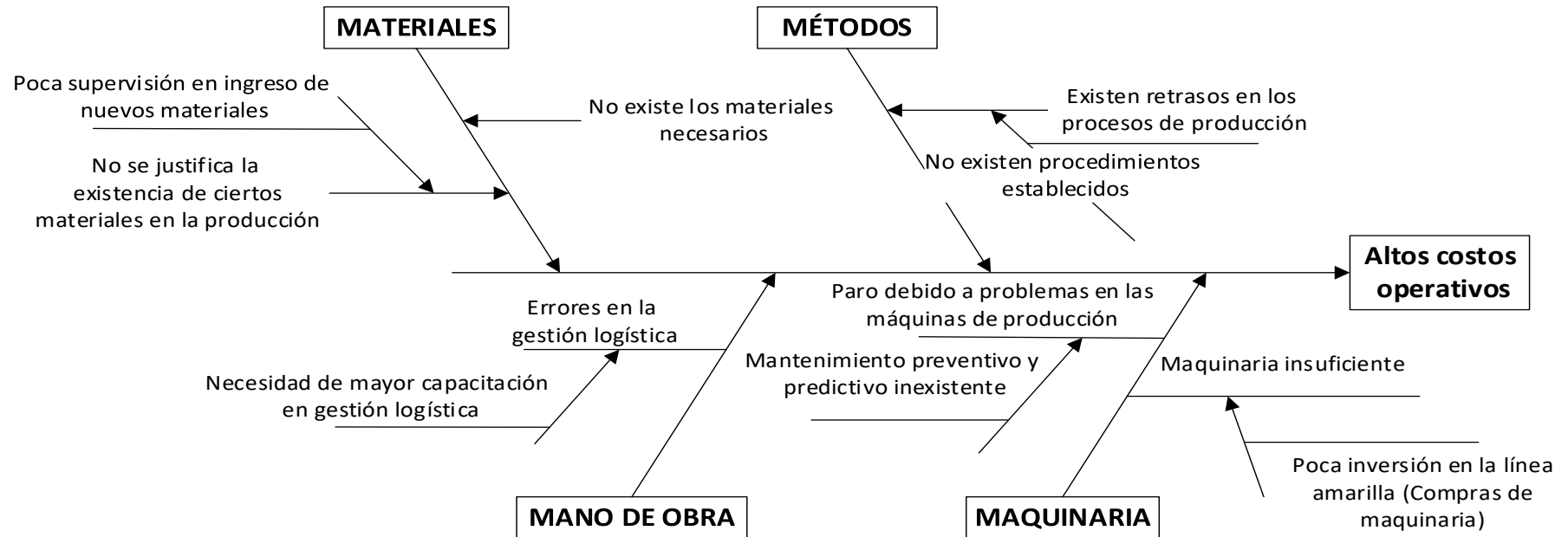
Tabla 6. Resumen ventas y costos 2020

Mes	M3		Venta		Costo		Utilidad Operativa
Junio	6 994,14 m3	S/	112 879,25	S/	101 818,94	S/	11 060,31
Julio	8 497,24 m3	S/	134 181,93	S/	122 003,00	S/	12 178,93
Agosto	6 183,45 m3	S/	104 564,25	S/	131 487,31	-S/	26 923,06
Septiembre	11 299,80 m3	S/	176 706,50	S/	135 486,31	S/	41 220,19
Octubre	6 644,70 m3	S/	123 691,13	S/	133 717,83	-S/	10 026,70
Noviembre	7 880,67 m3	S/	169 581,40				
Total	47 500,00	S/	821 604,46	S/	624 513,39	S/	27 509,67

Fuente: Proyectos Industriales Gambetta S.A.C

En el 2020, a raíz de la pandemia por COVID-19, no se registró producción durante los meses de marzo, abril y mayo. Adicionalmente, en agosto y octubre se presentaron pérdidas operativas por los altos costos derivados del mal estado de los equipos de la línea amarilla

Figura 1. Diagrama de Ishikawa con las causas de la problemática



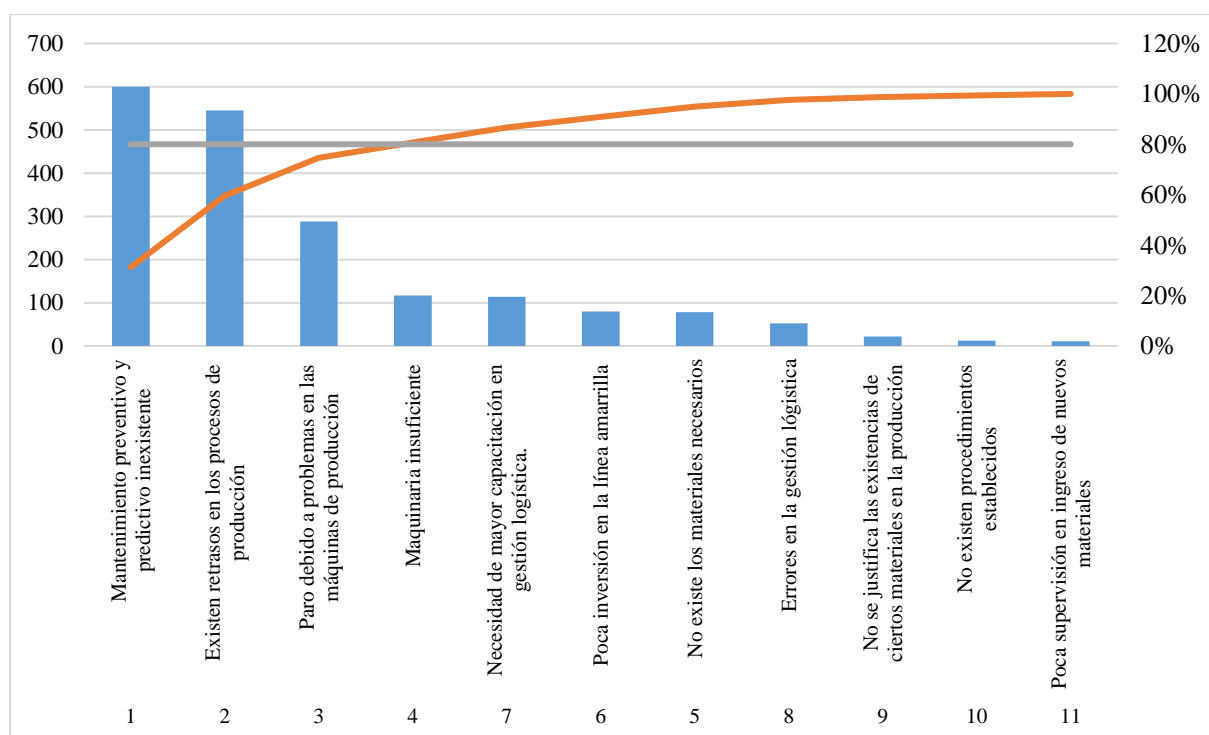
Fuente. Elaboración propia

La figura 1 ilustra los principales factores que contribuyen a las fallas recurrentes en la empresa, organizados según las categorías de Materiales, Métodos, Mano de obra y Maquinaria (4M). Dentro de estos elementos, se identifican debilidades relacionadas con la baja supervisión operativa, especialmente por parte de personal con escasa experiencia, lo cual impacta negativamente en la eficiencia del proceso. Asimismo, se evidencia que la falta de un plan estructurado de mantenimiento preventivo representa la causa más significativa, seguida por problemas en el manejo logístico y el uso de equipos en condiciones inadecuadas. Todas estas incidencias se clasifican como internas y recurrentes, y su frecuencia se detalla más adelante en el análisis de Pareto.

Tabla 7. Priorización de causas

Causas	Ocurre.	Prior.	Frec.	%	% Acum
1 Mantenimiento preventivo y predictivo inexistente	120	5	600	31%	31%
2 Existen retrasos en los procesos de producción	109	5	545	28%	60%
3 Paro debido a problemas en las máquinas de producción	96	3	288	15%	75%
4 Maquinaria insuficiente	39	3	117	6%	81%
7 Necesidad de mayor capacitación en gestión logística.	38	3	114	6%	87%
6 Poca inversión en la línea amarilla	40	2	80	4%	91%
5 No existe los materiales necesarios	39	2	78	4%	95%
8 Errores en la gestión logística	26	2	52	3%	98%
9 No se justifica las existencias de ciertos materiales en la producción	22	1	22	1%	99%
10 No existen procedimientos establecidos	12	1	12	1%	99%
11 Poca supervisión en ingreso de nuevos materiales	11	1	11	1%	100%
Total	552		1 919	0%	

Fuente. Elaboración propia

Figura 2. Diagrama de Pareto

Fuente. Elaboración propia

La figura 2 muestra el análisis de Pareto, donde se identifican los principales problemas que inciden en los costos operativos dentro de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC.

Tabla 8. Clasificación de causas según áreas funcionales

Causas	Valor asignado por causa	Resultado total	Área
1 Mantenimiento preventivo y predictivo inexistente	600	1433	Mantenimiento
2 Existen retrasos en los procesos de producción	545		
3 Paro debido a problemas en las máquinas de producción	288		
4 Maquinaria insuficiente	117	389	Gestión
5 Necesidad de mayor capacitación en gestión logística.	114		
6 Poca inversión en la línea amarilla	80		
7 No existe los materiales necesarios	78	97	Procesos
8 Errores en la gestión logística No se justifica las existencias de ciertos materiales en la	52		
9 producción	22		
10 No existen procedimientos establecidos	12		
11 Poca supervisión en ingreso de nuevos materiales	11		
Total	1 919		

Fuente. Elaboración propia

La tabla 8 presenta la distribución de causas clasificadas según las áreas correspondientes, evidenciando que el área de mantenimiento concentró el mayor puntaje, alcanzando un total de 1 433 puntos.

Determinación de las herramientas de mejora de proceso de agregados en la empresa Proyectos Industriales Gambeta SAC

Para seleccionar las herramientas de mejora, se consideró la puntuación obtenida por cada alternativa y las áreas identificadas a través del análisis de causas, representadas en la Tabla 9:

Tabla 9. Alternativas de solución

Alternativas	Solución al problema	Costos de aplicación	Facilidad de ejecución	Tiempo de ejecución	Total
Lean Maintenance	2	2	1	2	6
Gestión por procesos	1	1	1	1	4
Lean Management	0	0	1	1	2

No bueno (0) bueno (1) Muy bueno (2)

Los criterios utilizados para la evaluación fueron definidos en coordinación con la gerencia de la organización

Fuente. Elaboración propia

La tabla 9 presenta el análisis comparativo de las herramientas más relevantes para la mejora de procesos, obteniendo como resultados que la metodología Lean Management se orienta a una mejora progresiva, basada en la incorporación paulatina de cambios operativos, esta metodología ayudará a mejorar los procesos de la empresa la propuesta de gestión por procesos se vincula directamente con el área administrativa de la organización; enfocada en la visión del cliente en las actividades de la empresa; finalmente el Lean Maintenance será la principal metodología a implementar ya que esta será de gran utilidad debido a que abarca el

área de mantenimiento, en la gestión del plan de mantenimiento de las maquinarias, siendo en la empresa, el problema principal, los altos costos operativos.

Evaluación de técnicas de mejora

En la evaluación de las distintas técnicas de mejora de proceso, que se podrían utilizar en el proceso de agregados, de acuerdo con la causa identificada para el problema de altos costos operativos tenemos;

Tabla 10. Evaluación de técnicas de mejora

Causa	Sub-Causas	Indicadores	Metodología propuesta/ Propuesta de solución
Errores en las actividades realizadas	Falta de capacitación de personal	% de trabajadores capacitados= 10%	Realizar una programación de capacitación de personal.
	Ausencia de un programa de actividades	$\frac{N^{\circ} \text{ de actividades establecidas}}{N^{\circ} \text{ de actividades programadas}}$	Desarrollar procedimientos y/o instructivos
Errores en la manipulación de las maquinarias	No existe capacitación ni charlas a los operarios en temas técnicos	N° de charlas brindadas= 0	Realizar una programación de capacitación a los operarios de planta.
	No se conoce las formas adecuadas de manejo	% de tiempo paros en las maquinarias	Desarrollar instructivos de manejo de maquinarias
Errores de medición en el proceso	No existen métodos establecidos	%Costo de las paradas de las maq = 8,4%	Proponer metodología lean Maintenance, para reducir los costos operativos.
	Algunos instrumentos de medición están obsoletos	$\frac{N^{\circ} \text{ de inst de medición en buen estado}}{N^{\circ} \text{ de instrumentos de medición}}$	Realizar un programa mensual y/o semestral de compras de materiales.
Demoras por fallas en las maquinarias	Ausencia de programación de mantenimiento a maquinarias	$\frac{N^{\circ} \text{ de horas de mantenimiento ejecutado}}{N^{\circ} \text{ de horas de mantenimiento programados}}$	Programa de mantenimiento preventivo rutinario para las maquinarias
	No existe la cantidad necesaria de personal de mantenimiento	$\frac{N^{\circ} \text{ de trabajadores de mantenimiento}}{\text{Dotación de personal de mantenimiento}}$	Sugerir e implementar la incorporación de técnicos especializados en mantenimiento.
Retrasos durante la localización de insumos	Falta de lineamientos sobre organización, control del entorno y administración productiva	$\frac{\text{Procedimientos cumplidos}}{\text{Total de procedimientos}}$	Aplicación de metodología 5S

Fuente. Elaboración propia

Las herramientas pertenecientes al enfoque Lean Maintenance fueron consideradas como las más apropiadas para su implementación en el proceso de producción de agregados de la empresa. Esta elección se basa en las principales deficiencias detectadas durante el diagnóstico, así como en la identificación de variables críticas que impactan negativamente en la operación. El objetivo de aplicar estas herramientas es plantear soluciones que contribuyan a disminuir los costos operativos.

Tabla 11. Evaluación de herramientas de mejora

Herramienta Lean	Frecuencia de aplicación	Evaluación del impacto	Dificultad de implementación	Evaluación final
Control visual	Nivel medio. Se emplea para identificar con rapidez fallas o errores en una determinada zona.	Ayuda a conocer el estado actual de los procesos sin necesidad de consultar con otras personas.	Media	Adecuada para el objetivo
Kaizen	Frecuencia intermedia. Considerada uno de los pilares del sistema Lean originado en Japón.	Da a los trabajadores la posibilidad de implementar mejoras de forma continua.	Alta	De utilidad limitada para el propósito
Kanban	Uso bajo.	Dispositivos que ayudan a reducir fallas mediante control visual.	Alta	De utilidad limitada para el propósito
Poka Yoke	Frecuencia baja. En un inicio, se aplicaba en manufactura, pero hoy se utiliza también en servicios.	Ayuda a evitar errores mediante dispositivos que controlan defectos.	Alta	De utilidad limitada para el propósito
VSM	Aplicación media. Recurrente en empresas manufactureras.	Facilita el análisis y comprensión del proceso y sus fallas.	Media	Adecuada para el objetivo
Heinjuka	Frecuencia media. Poca aplicación en el sector industrial.	Mejora la asignación de recursos disponibles, minimiza tiempos muertos y equilibra cargas de trabajo.	Alta	De utilidad limitada para el propósito
SMED	Nivel medio. Se utiliza para reducir la duración de los procesos.	Disminuye el tiempo requerido para cambiar herramientas o preparar máquinas.	Media	De utilidad limitada para el propósito
5S	Alta frecuencia. Ampliamente usada para mantener el orden, limpieza y organización.	Brinda herramientas para generar entornos productivos eficientes.	Media	Adecuada para el objetivo
TPM	Alta aplicación. Considerada la mejor técnica para gestionar equipos de manera integral.	Permite una planificación del mantenimiento basada en siete pilares clave.	Alta	Adecuada para el objetivo

Fuente. Elaboración propia

A partir del análisis expuesto en la Tabla 11, se identificaron tres herramientas Lean Maintenance como viables para su implementación, las cuales fueron calificadas como “útiles para el propósito”. De este grupo, se seleccionaron TPM, 5S y VSM como parte de la propuesta técnica. Mediante la aplicación del mantenimiento programado, se busca minimizar los tiempos de parada en los equipos de la línea amarilla (ver Tabla 2), lo que representa un ahorro estimado de S/ 52 704, valor considerado como el beneficio económico proyectado.

Elaboración de la propuesta de implementación del Lean Maintenance para el proceso productivo de la empresa utilizando las herramientas seleccionadas

Con respecto a las maquinarias, tales como el cargador frontal y la excavadora, se tiene un % de disponibilidad del 79,75% indicando que las falencias se ven reflejado en las constantes paradas. A su vez, se describe el mantenimiento de las máquinas, estableciendo los sistemas, de detalles operativos, recursos requeridos, tiempo estimado y modalidad de mantenimiento, resaltando que la duración de las actividades de mantenimiento a realizar de forma diaria.

En el caso de las cartillas de mantenimiento, se consideró cada uno de los equipos, el sistema perteneciente, asimismo los componentes y las frecuencias relativas de mantenimiento, con su respectiva categoría. Una vez diseñado el plan de mantenimiento en base a la metodología de Lean Maintenance, se tiene un presupuesto establecido de \$ 29 681, los cuales serán financiados por la empresa misma. Ver Plan de Mantenimiento (Ver Anexo 07).

Estimación de los indicadores de costos operativos mejorados

$$\text{tiempo de retraso por el mantenimiento de las maq.} = \frac{360 \text{ min}}{3\ 600 \text{ min}} = 10\%$$

Durante la evaluación de los retrasos operativos ocasionados por una inadecuada gestión del mantenimiento de equipos, dentro del proceso productivo de agregados de Proyectos Industriales Gambetta SAC, se determinó un tiempo promedio de inactividad de 360 minutos, lo que representa un 10 % del total mensual.

$$\% \text{Costo de las paradas de las maq.} = \frac{12\ 490}{624\ 513,39} \times 100 = 2\%$$

El costo de las paradas de las maquinarias clasificada como línea amarilla (maquinarias desfasadas) en la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC, representa el 2% de lo global, indicando que por mes es una perdida cuantiosa, en lo que respecta los beneficios de la empresa.

$$\% \text{ de tiempo de paros en las maquinarias} = \frac{90 \text{ min}}{3\ 600 \text{ min}} = 2,5\%$$

Las paradas de las maquinarias se originan por la falta de mantenimiento preventivo, por lo tanto.

$$\% \text{ de mantenimiento inexistente} = \frac{36,4 \text{ min}}{364 \text{ min}} = 10\%$$

Implementación de TPM en el proceso de producción de agregados

1. Formación de un equipo TPM

Se propone conformar un equipo base de implementación TPM, liderado por el jefe de mantenimiento e integrado por:

- 1 responsable del manejo del cargador frontal
- 1 operador asignado a la excavadora
- 1 auxiliar técnico especializado

Este equipo tendrá como función coordinar actividades de mantenimiento autónomo, seguimiento de fallas, revisión de cronogramas y capacitación mensual.

2. Supervisión y responsabilidades

La responsabilidad del seguimiento general recaerá en el encargado del área de mantenimiento, quien tendrá las siguientes funciones

- Verificar el cumplimiento del mantenimiento diario, semanal y mensual
- Evaluar reportes de fallas y tiempos muertos
- Validar el uso de cartillas técnicas por parte de los operadores
- Coordinar con almacén la disponibilidad de repuestos y lubricantes

3. Políticas y lineamientos básicos del TPM propuesto

Para ello, se ha diseñado una cartilla que puede consultarse en el Anexo 14.

- **Participación del personal operativo:** cada operador será responsable de inspecciones diarias de su máquina (nivel de aceite, limpieza, ruidos anómalos).
- **Uso de cartillas técnicas (Anexo 5):** para controlar visualmente el estado del sistema hidráulico, eléctrico y mecánico.
- **Mantenimiento planificado mensual (Anexo 3):** cronograma con fechas, responsables y tipo de actividad (lubricación, ajuste, revisión general).
- **Registro sistemático de fallas:** mediante formatos simples (Anexo 2) que permitan analizar patrones y prevenir averías mayores.

4. Plan de implementación del TPM

El detalle de las fases, responsables y tiempos del TPM se presenta en el Anexo 13.

Tabla 12. Cronograma de implementación del TPM en equipos críticos

Fase	Actividad	Responsable	Duración
Fase 1	Formación del equipo TPM	Gerencia + jefe de mantenimiento	1 semana
Fase 2	Capacitación operativa básica (TPM + uso de cartillas)	Técnico externo o interno	1 semana
Fase 3	Inicio del mantenimiento autónomo en 2 equipos críticos	Operadores	Desde semana 3

Fase 4	Aplicación del cronograma mensual preventivo (Anexo 3)	Jefe de mantenimiento	Permanente
Fase 5	Monitoreo mensual de indicadores (fallas, tiempo muerto)	Equipo TPM	Mensual

Fuente. Elaboración propia

5. Indicadores propuestos para evaluar el TPM

Las estrategias para garantizar la sostenibilidad del TPM están detalladas en el Anexo 16.

- % de cumplimiento del plan de mantenimiento mensual
- Reducción del tiempo de paro (en minutos/mes)
- Frecuencia de fallas por equipo
- Costo de mantenimiento correctivo antes vs después

6. Sustento económico

Según el análisis del Objetivo 4, la aplicación del TPM permitirá ahorrar **S/ 24,948.00 anuales**, debido a:

- Reducción de tiempo de paro de 810 a 360 minutos por mes
- Disminución de fallas repetitivas
- Eliminación de mantenimientos correctivos no programados

El resumen mensual de cumplimiento del plan de mantenimiento y sus indicadores clave se encuentra en el Anexo 19.

Ejecución de la metodología 5S en el área de mantenimiento

Como parte de la propuesta basada en Lean Maintenance, se propone implementar la metodología 5S específicamente en el área de mantenimiento de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC. Esta estrategia tiene como finalidad mejorar el uso del espacio físico, ordenar los recursos, reducir tiempos improductivos y fomentar una cultura organizacional basada en la disciplina operativa.

Las 5S se aplicarán en los talleres de mantenimiento, almacén y zona de herramientas, donde actualmente se presentan desorden, acumulación de materiales innecesarios y pérdidas de tiempo por búsqueda de insumos.

Plan de actividades para implementar la metodología 5S

Tabla 13. Plan de actividades para implementar la metodología 5S

Semana	Actividad principal
1	Diagnóstico del área y sensibilización del personal
2	Clasificar y ordenar materiales y herramientas
3	Limpieza general y delimitación de áreas
4	Aplicación de formatos de estandarización
5	Seguimiento, capacitaciones y refuerzos mensuales

Fuente. Elaboración propia

Para el seguimiento de las actividades, se utilizará un checklist de auditoría interna (ver Anexo 18).

Resultados esperados y beneficios

- Reducción del tiempo de búsqueda de herramientas (antes: 60 min/día → después: 15 min/día)
- Mejor uso del espacio físico
- Mayor seguridad operativa
- Ambiente limpio, ordenado y productivo

La implementación de las 5S fue evaluada mediante una matriz por áreas, como se muestra en el Anexo 17.

Sustento económico de la metodología 5S

El beneficio económico proyectado por la aplicación de 5S asciende a **S/ 52,704.00 anuales**, calculado con base en:

- 1 hora-hombre ahorrada por día
- Costo promedio de S/ 189/hora
- 20 días laborales al mes
- Reducción de errores y retrabajos (15 % adicional)

Este ahorro forma parte del total de beneficios estimados en el análisis económico.

Uso del Mapeo de Valor (VSM) en el sistema de producción de agregados

Dentro de la propuesta Lean Maintenance, se utilizó la herramienta Value Stream Mapping (VSM) con la finalidad de observar, evaluar y optimizar el flujo de operaciones en la línea de producción de agregados de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC.

Gracias a esta herramienta, se detectaron actividades que no generaban valor, así como demoras y procesos ineficaces vinculados principalmente a la gestión del mantenimiento de equipos.

VSM del proceso actual

En el análisis del mapa de valor actual, se identificaron los siguientes puntos críticos:

- **Tiempo total del ciclo de producción mensual:** 3,600 minutos
- **Tiempo perdido por fallas y paros de maquinaria:** 810 minutos (22.5 %)
- **Fallas frecuentes en el cargador frontal y la excavadora,** provocadas por mantenimiento correctivo e inspecciones no planificadas
- **Interrupciones por búsqueda de repuestos y herramientas,** generando retrabajos y demoras en el proceso

Estos problemas representaban un impacto del **8.4 % sobre los costos operativos mensuales**, según los registros analizados (ver Anexo 2).

VSM del proceso mejorado (futuro)

A través de la implementación de Lean Maintenance, el nuevo mapeo de valor evidencia las siguientes mejoras:

- **Reducción del tiempo de paro mensual** de 810 a 360 minutos (ahorro de 450 minutos)
- **Mayor disponibilidad de maquinaria crítica** por aplicación del TPM
- **Reducción de tiempos de búsqueda y desorden operativo,** gracias a la metodología 5S y al control visual
- **Optimización del flujo del proceso** y menor acumulación de materiales a medio procesar

Estas mejoras permiten que el proceso sea **más continuo, estable y eficiente**, reduciendo los tiempos de ciclo y los costos asociados.

Comparación VSM antes vs después

Tabla 14. Diferencias entre indicadores VSM previos y tras aplicar la propuesta Lean

Indicador	Situación Actual	Situación Propuesta
Tiempo total de paro	810 min/mes	360 min/mes
% tiempo perdido en ciclo mensual	22.5 %	10 %
Costo mensual por fallas	S/ 2,551.50	S/ 1,134.00
Disponibilidad operativa	79.75 %	90 % estimado

Fuente. Elaboración propia

El Anexo 15 presenta un resumen con los principales indicadores analizados antes y luego de implementar la propuesta Lean Maintenance.

La Tabla 14 permite observar la evolución de los indicadores del proceso tras la aplicación de la propuesta Lean Maintenance.

Impacto general del VSM

La aplicación del VSM permitió identificar las actividades que no generaban valor y sustentar con datos las decisiones para implementar mejoras. Esta herramienta sirvió como base para diseñar un flujo más fluido y productivo, alineado con la filosofía Lean, y contribuyó a reducir los costos operativos totales proyectados.

Realizar un análisis económico de la propuesta

Tabla 15. Resumen del costo de propuesta

		INVERSION	COSTO ANUAL	DEPRECIACION
PROPUESTA	Control visual	S/3 200,00	S/1 200,00	
	Metodología 5's	S/12 500,00	S/3 700,00	
	TPM	S/40 400,00		
TOTAL		S/56 100,00	S/4 900,00	S/0,00

Fuente. Elaboración propia

El costo de la propuesta se realizará, en base de las herramientas de Control visual, metodología de las 5's y el TPM, que concierne al plan de mantenimiento para las maquinarias, donde se tiene una inversión de S/. 56 100,00.

Tabla 16. Beneficios económicos estimados por herramienta de mejora

		Beneficio Anual
PROPUESTA	Control visual	S/2 704,00
	Metodología 5's	S/52 704,00
	Reducción del costo de mantenimiento	S/24 948,00
TOTAL		S/80 356,00

Fuente. Elaboración propia

Beneficio económico por 5S – S/ 52,704.00

Este ahorro proviene de la reducción del tiempo perdido en búsqueda de herramientas, materiales y desorden operativo.

Durante el diagnóstico, se identificó que los trabajadores perdían en promedio 60 minutos por día en tareas no productivas, como buscar repuestos o reubicar herramientas. Este tiempo equivale a 1 hora-hombre por día.

Dado que el costo hora-hombre es de S/ 189, el cálculo anual del beneficio es el siguiente:

$$1 \text{ hora perdida} \times S/ 189 \times 20 \text{ días laborales} \times 12 \text{ meses} = S/ 45,360$$

A esto se suma el beneficio indirecto de mayor fluidez operativa y reducción de errores, que se estimó en un 15% adicional sobre ese monto (S/ 6,804), lo cual da un total de S/ 52,704.00.

Beneficio económico por TPM – S/ 24,948.00

Este beneficio se basa en la reducción del tiempo de paro de maquinaria, que pasó de 810 a 360 minutos al mes.

El costo por hora de paro es de S/ 189, y la reducción mensual es de 450 minutos (7.5 horas).

Entonces: 7.5 horas/mes x S/ 189 x 12 meses = S/ 17,010

Adicionalmente, se reduce la frecuencia de fallas repetitivas y el gasto en correctivos, estimado en S/ 7,938 anuales.

Beneficio económico por control visual – S/ 2,704.00

El control visual agiliza la identificación de herramientas, evita errores de ubicación, mejora la seguridad y permite actuar con rapidez ante fallas visibles.

Este ahorro fue estimado en función del tiempo ahorrado en inspecciones y búsquedas menores, y equivale al 5% de una jornada mensual técnica (S/ 2,704.00).

Total, beneficio estimado por TPM: S/ 24,948.00

Tabla 17. Resultados económicos proyectados

Año	0	1	2	3
Ingresos		S/80 356,00	S/84 373,80	S/88 592,49
costos operativos		S/4 700,00	S/4 935,00	S/5 181,75
depreciación		S/0,00	S/0,00	S/0,00
GAV		S/100,00	S/105,00	S/110,25
utilidad antes de impuestos		S/75 556,00	S/79 333,80	S/83 300,49
Impuestos (29,5%)		S/22 289,02	S/23 403,47	S/24 573,64
Utilidad después de impuestos		S/53 266,98	S/55 930,33	S/58 726,85

Fuente. Elaboración propia

El estado de resultados, considerando que los impuestos es el 29.5%, se realiza un cálculo durante los 3 años, asimismo, se obtiene la utilidad después de impuestos.

Tabla 18. Proyección de flujo de caja

Año	0	1	2	3
utilidad después de impuestos		S/53 125,98	S/55 782,28	S/58 571,39
depreciación		S/0,00	S/0,00	S/0,00
Inversión	S/56 100,00	S/53 125,98	S/55 782,28	S/58 571,39
FNE	-S/56 100,00	S/53 125,98	S/55 782,28	S/58 571,39
Ingresos		S/80 356,00	S/84 373,80	S/88 592,49
Egresos	S/56 100,00	S/27 230,02	S/28 591,52	S/30 021,10

Fuente. Elaboración propia

Para el flujo de caja proyectado se tomó en cuenta la inversión inicial, junto con los ingresos, egresos y las utilidades netas generadas en cada año.

Tabla 19. Evaluación económica

VAN	S/82 302,96
TIR	81 3%
VAN Ingresos	S/209 342,17
VAN Egresos	S/127 039,21
B/C	1,65
TMAR	10%

Fuente. Elaboración propia

El valor actual neto (VAN) de los ingresos, calculado con la tasa de descuento establecida para esta propuesta de Lean Maintenance, asciende a S/. 209,842.17. Este monto supera al VAN de los egresos, que es de S/. 127,039.21, lo cual evidencia que el proyecto genera utilidades una vez cubiertos todos los costos asociados.

Discusión

En cuanto al análisis de la situación inicial del proceso productivo de agregados en Proyectos Industriales Gambetta SAC, se identificaron demoras significativas causadas por una gestión inadecuada del mantenimiento de maquinaria. Estas fallas provocaron una pérdida total de 810 minutos al mes, lo que representa el 22.5 % del tiempo operativo total, asimismo que el costo de las paradas de las maquinarias clasificada como línea amarilla (maquinarias desfasadas) en la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC, representa el 8,4% de lo global, indicando que por mes es una pérdida cuantiosa, en lo que respecta los beneficios de la empresa, resultados que difieren con Mosquera y Garcés destacan que, mediante la aplicación del modelo propuesto, fue posible reactivar un 6.22 % de la capacidad ociosa en la línea de producción, además el OEE, se incrementó en un 4,75%, lo que llevó a una reducción del 36,53% en los costos de mantenimiento, donde el equipo de TPM, se creó para poder asignar a cada miembro una determinada tarea, la aplicación del pilar de mantenimiento planificado se construyó en base a los resultados del análisis crítico y diagrama AMEF.

Asimismo se determinó las herramientas de mejora de proceso de agregados en la empresa Proyectos Industriales Gambeta SAC, indicando que son el TPM, mediante el pilar del mantenimiento preventivo, se contrastan con el aporte de Monroy [6] deducen que la implementación efectiva del pensamiento lean permite facilitar de forma significativa la mejora de la capacidad de la planta dentro del área de producción y sin obstaculizar la entrega a los clientes con una demanda creciente, de tal forma imparte el aprendizaje a través del estudio de una industria manufacturera, que duplicó con éxito su capacidad de entrega utilizando el enfoque de gestión de proyectos y sistemas Lean.

Se formuló una propuesta de aplicación de Lean Maintenance en el proceso productivo de la empresa, integrando las herramientas elegidas para reducir las fallas y mejorar la eficiencia operativa de los equipos. La propuesta de optimización en las áreas de producción y mantenimiento tuvo un efecto positivo, logrando una disminución del 60.72 % en los costos operativos relacionados a la línea de producción. Esta mejora se sustentó en la aplicación de herramientas basadas en la planificación de requerimientos de materiales, el enfoque de mantenimiento centrado en confiabilidad y el uso de estudios de tiempos, los cuales han sido determinantes en la disminución de dichos costos.

En el análisis económico desarrollado para la propuesta, se calculó el valor actual neto aplicando la tasa de descuento correspondiente. Los resultados mostraron un VAN de ingresos de S/ 209,342.17, superior al VAN de egresos de S/ 127,039.21. Esto evidencia que se generan beneficios una vez cubiertos todos los gastos, lo cual respalda la viabilidad del proyecto para su implementación. En ese sentido, se hace una comparación con lo planteado por Duram et al. [4], quienes destacan la gran difusión del mantenimiento bajo enfoque lean, aunque aún no se dispone de un sistema estructurado que oriente la selección de herramientas en esa línea. La aplicación de estas técnicas se apoyó en procesos de decisión multicriterio, utilizando el método Fuzzy Analytic Hierarchy Process como base de evaluación.

Conclusiones

La implementación de la estrategia Lean Maintenance en el proceso productivo de agregados de la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC permitió lograr una mejora significativa en los tiempos muertos generados por fallas de maquinaria. Se redujo el tiempo de inactividad del 22.5 % al 10 %, lo cual impactó directamente en la disminución de los costos operativos, que pasaron de representar el 8.4 % al 2 % del total.

El diagnóstico situacional del proceso reveló que la empresa presentaba una alta dependencia del mantenimiento correctivo, lo que generaba paradas no programadas, retrabajos y pérdida de eficiencia. Esta situación fue documentada a través del análisis de fallas, registros de operación y herramientas como el diagrama de Pareto e Ishikawa, lo que permitió priorizar causas y enfocar las mejoras.

La propuesta se fundamentó en la aplicación del Total Productive Maintenance (TPM), priorizando el mantenimiento preventivo y la participación del personal. Asimismo, se integraron herramientas complementarias como la metodología 5S y el Mapa de Cadena de Valor (VSM), lo cual permitió estructurar un modelo integral de mejora alineado a la realidad operativa de la empresa.

El análisis económico permitió verificar la viabilidad del modelo propuesto. Se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) positivo, una ratio beneficio/costo de 1.65 y una recuperación proyectada de la inversión a corto plazo, demostrando que la propuesta no solo es viable técnicamente, sino también rentable desde el punto de vista financiero.

Finalmente, la aplicación de Lean Maintenance fortalece la gestión del mantenimiento, reduce los costos operativos, optimiza el uso de los recursos y fomenta una cultura de mejora continua. La propuesta se adapta a las capacidades actuales de la empresa y constituye una base sólida para futuras implementaciones.

Recomendaciones

Se sugiere a la empresa Proyectos Industriales Gambetta SAC implementar la propuesta de Lean Maintenance de manera progresiva en todas sus operaciones, con el fin de optimizar la disponibilidad de los equipos críticos y, con ello, generar un impacto positivo en la productividad y competitividad de la organización.

Asimismo, se recomienda que la empresa destine una parte de su presupuesto anual a la formación continua del personal, enfocándose en actividades relacionadas con mantenimiento y uso adecuado de maquinaria. Esto permitirá que los trabajadores tengan mayor autonomía operativa y reduzcan los errores por desconocimiento.

También se sugiere evaluar la contratación de personal técnico con experiencia, así como la adquisición de herramientas y repuestos adecuados, con el fin de garantizar el cumplimiento eficaz del plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Finalmente, sería conveniente que la empresa tome como referencia experiencias similares en otras organizaciones del rubro, con el propósito de fortalecer y sustentar técnicamente la propuesta de Lean Maintenance adaptada a su realidad operativa.

Referencias

- [1] Aserta, «Análisis y evolución del sector de la construcción en el 2021,» 23 12 2020. [En línea]. Available: <https://aserta.com.es/analisis-del-sector-construccion-en-espana-evolucion-y-previsiones-2021/>. [Último acceso: 27 05 2021].
- [2] Medina, «Costos de producción en la minería artesanal. Proyecto Gama. Perú,» 2014. [En línea]. [Último acceso: 27 05 2021].
- [3] OGEI, «Evolución Mensual de la Actividad del Sector Construcción (PBI de Construcción): 2014 - 2020,» 2021. [En línea]. Available: http://www3.vivienda.gob.pe/destacados/estadistica/62_PBI-CONSTRUCCION.pdf.
- [4] O. Duran, A. Capaldo y P. Duran, «Lean Maintenance Applied to improve maintenance efficiency in thermoelectric power plant,» 2017. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/en10101653>.
- [5] A. Mosqueira y J. Garcia, «Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir los costos operacionales en la empresa industria Molinera Bustamante E.I.R.,» 2021. [En línea]. Available: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27108/Tesis_Parcial.pdf?sequence=13&isAllowed=y.
- [6] O. Monroy, «Mejora de diseño de segmentos de poliuretano para una lavadora de arena McLanahan para reducir el costo de mantenimiento en una empresa de agregados, Arequipa 2019,» 2021. [En línea]. Available: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9765/1/IV_FIN_111_TE_Monroy_Salazar%2c_2021.pdf.
- [7] O. Ravindra y V. Umashankar, «Manufacturing excellence using lean systems – a case of an automotive aggregate manufacturing plant in India,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JAMR-10-2020-0284/full/html>.
- [8] J. E. Aliaga Moreno y D. A. Anticono Valencia, «Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir los costos operativos de la línea de producción de semirremolques plataforma en la empresa Bona Logistic E.I.R.L. Universidad Privada del Norte,» 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24736/Aliaga%20Moreno%20Jo>

- rge%20Eduardo%20-
%20Anticona%20Valencia%20Diego%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [9] L. Julca, «Diseño e implementación de un sistema de gestión del mantenimiento productivo total (TPM) para reducir los costos operativos en la línea de producción de plataformas de la empresa Fabricaciones Metálicas Carranza S. A. C. Universidad Privada del Norte,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14616/Julca%20Valdivieso%20Luis%20Jos%c3%a9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [10] C. Fúnuque, «Producción Limpia, contaminación gestión ambiental,» 2007. [En línea].
- [11] L. Cuatrecasas, «Organización de la producción y dirección de operaciones. Madrid: Díaz de Santos,» 2012. [En línea].
- [12] C. Leicega, «Economía de la empresa.,» 2012. [En línea].
- [13] A. Noriega Venegas y C. Arones Chire, «Lean manufacturing. Manufactura esbelta/ágil. Revisa Ingeniería Primero,» 2010. [En línea]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35056968/manufactura_esbelta_toyota-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1623472045&Signature=SIWY74~n7G~t39Dh0C8P~6dw~pDA631weqekkn3XpguhbsV9bZ4B~n6CDUt4bEZ8TaN6XbjZUoz4ownYfWWq7iibtZkw7akKUi7AV1D2R-s7aTcCIItKr2P4~BveFy7xB.
- [14] R. Ateekh, U. U. Usama Umer y M. Alkahtani, «Lean Approach to Enhance Manufacturing Productivity: A Case Study of Saudi Arabian Factory. Systems Engineering,» 2020. [En línea]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-019-04277-9>.
- [15] P. Construye, «INEI: consumo interno de cemento creció en 145,34% debido a reactivación de obras,» 2021. [En línea]. Available: <https://peruconstruye.net/2021/05/03/inei-consumo-interno-de-cemento-crecio-en-14534-debido-a-reactivacion-de-obras/>. [Último acceso: 27 05 2021].
- [16] C. Canales, «Costos indirectos de fabricación,» 2013. [En línea]. Available: <http://cif19561.blogspot.pe/2013/>.
- [17] Blanco, «Elaboración de resultado operativo en proyectos de construcción,» 2018. [En línea]. [Último acceso: 27 05 2021].

- [18] P. Perico y J. Mattioli, «Potenciando el proceso y el control en Lean 4.0 con Inteligencia Artificial,» 2020. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9253097>.
- [19] H. Lama y J. Alayo, «Modelo de implementación de mantenimiento lean para incrementar la eficiencia global de los equipos mineros de acarreo través del mantenimiento productivo total y mejora continua,» 2021. [En línea]. Available: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655656/Lama_HO.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- [20] D. Eseoghene Ighravwe y S. Ayoola Oke, «Maintenance Work Environment and the Interacting Multidisciplinary Concerns using Multicriteria Techniques,» 2021. [En línea]. Available: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/mijet/article/view/243400>.
- [21] L. Y. Cubillos Rodríguez y L. J. Ruíz Combita, «Propuesta de mejora para el proceso productivo de la empresa Prefabricar Lavaderos,» 2017. [En línea]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1030&context=ing_industrial.
- [22] R. A. Alcantara Vera y J. M. Colque Paredes , «Propuesta de mejora del proceso de reparación de motores Cummins diésel para equipos de perforación en minería, de la empresa Solución Global Equipos S.A.C.,» 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24666/Alcantara%20Vera%2c%20Ramiro%20Alberto-%20Colque%20Paredes%2c%20Juan%20Mart%2c%20adn%20%28parcial%29.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.


Anexos

Anexo 01: Plan de mantenimiento

	FORMULARIO DE GESTION DE MANTENIMIENTO INSPECCION TECNICA DE EQUIPO	EQ-F-00 Versión: 01 Fecha: ##### Rev.: Aprob.:
--	---	--

INSPECCION TECNICA DE CARGADOR FRONTAL XXXXXXXXXXXXXXXX

Obra: HHR	Nro OT: 00001
-----------	---------------

	CODIGO EQUIPO : XXXX Tipo de equipo : Cargador Frontal Marca de equipo : XXXXXX	Hr (x) / Km () : 12.000,00 Modelo equipo: XXXXX Serie de equipo XXXXX
---	---	--

Fecha de inicio : 01/03/2021	Hora de Inicio : 10:40 AM
Fecha de término : 01/03/2021	Hora de término: 4:20 PM

Nivel de Combustible


	R
--	---

1/2

Lugar : XXXXX	Frente trabajo : XXXXXXX
Realizado por : XXXXX	Propietario : XXXXXXX

MOTIVO DE INSPECCION Inspección por Alquiler Recepción de Equipo Movilización Desmovilización Mantenimiento

V° B°	TRABAJOS A REALIZAR	MAL	REGULAR	BUENO	OBSERVACIONES
SEGURIDAD					
()	COLOCAR PIN DE TRABA DE ARTICULACIÓN CENTRAL Y RETIRARLA AL CULMINAR LAS LABORES				
()	APAGAR EQUIPO				
()	APLICAR FRENO DE PARQUEO				
()	COLOCAR LLAVE GENERAL EN OFF				
()	APLICAR TARJETAS DE BLOQUEO Y SEÑALIZACION				
()	COLOCAR TACOS DE SEGURIDAD EN LLANTAS				
()	INSPECCIONAR TACOS DE SEGURIDAD				
()	INSPECCIONAR ESTADO DE EXTINTOR				
()	INSPECCIONAR CINTA REFLECTIVA				
()	INSPECCIONAR CONOS DE SEGURIDAD				
MOTOR					
()	REVISAR ESTADO DE MOTOR				
()	REVISAR GUARDAS Y CUBIERTAS DE PROTECTORES				
()	REVISAR REPIRADERO DE CARTER				
()	REVISAR TAPA DE LLENADO DE ACEITE DE MOTOR				
()	REVISAR NIVEL DE ACEITE DE MOTOR				
()	REVISAR SOPORTE DE MOTOR				
()	REVISAR ESTADO DE COMPONENTES EXTERNOS				
()	REVISAR VELOCIDAD DE MOTOR				
()	REVISAR FILTROS DE ADMISION				
()	REVISAR ESTADO DE PREFILTRO DE ADMISION				
()	REVISAR ESTADO DE TURBO ALIMENTADOR				
()	REVISAR LINEAS DE ADMISION Y ESCAPE				
()	REVISAR ABRAZADERAS Y SOPORTES				
()	REVISAR SILENCIADOR				
()	REVISAR FUGAS DE GASES DE ESCAPE				
()	REVISAR CAÑERIAS Y CONEXIONES				
()	REVISAR TANQUE DE COMBUSTIBLE				
()	REVISAR FILTRO DE COMBUSTIBLE				
()	REVISAR FILTRO DE ACEITE DE MOTOR				
()	REVISAR ESTADO DE MANGUERAS Y CAÑERIAS				
()	REVISAR RADIADOR				
()	REVISAR VENTILADOR				
()	REVISAR FAJA DE VENTILADOR				
()	REVISAR BOMBA DE AGUA				
()	REVISAR ENFRIADOR DE ACEITE DE MOTOR				
()	REVISAR ENFRIADOR DE ACEITE HIDRAULICO				
()	REVISAR MANGUERAS DE RADIADOR Y ENFRIADOR				
()	REVISAR GUARDAS Y SOPORTES				

FORMULARIO DE GESTION DE MANTENIMIENTO		EQ-F-00			
CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Versión: 01	Fecha: 01/03/2021		
		Rev.:	Aprob:		
CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR 966H - PM2 DE 500 HORAS					
Obra: HHR		Nro OT: 00004			
	CODIGO EQUIPO : XXXXX				
	Tipo de equipo : Cargador Frontal	Modelo equipo : XXXXX			
	Marca de equipo : XXXXX	Serie de equipo : XXXXX			
FRECUENCIA : 250 HORAS	INDICADOR : HOROMETRO MOTOR DIESEL				
Ruta PM : PM2	Horometro : XXXXXX	Fecha Inicio : XXXXXX			
Tipo Hr / Km : 500 Horas	Kilometraje : .	Fecha Termino : XXXXXX			
Lugar : XXXXXX	Frete trabajo : XXXXXX	Nivel de Combustible			
Realizado por : XXXXXX	Propietario : XXXXXX	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">R</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">1/2</td> </tr> </table>		R	1/2
R	1/2				
Tipo de PM: 500 Horas					
ITEM	DESCRIPCION	ORIGINAL	UND.	CANT.	OBSERVACION
01	Filtro Primario de Combustible	3261644	UND	01	
02	Filtro Secundario de Combustible		UND	01	
03	Filtro de Aceite de Motor		UND	01	
04	Filtro de aire primario (Verificar estado)		UND	01	
05	Filtro de aire secundario (Verificar estado)		UND	01	
06	Filtro de Aceite Hidraulico		UND	01	
07	Filtro de Aceite Hidraulico		UND	01	
08	Filtro de Aceite de Transmision		UND	01	
09	Sello de Filtro de Primario de Combustible		UND	01	
10	Sello de Respiradero de Motor		UND	01	
11	Sello de Filtro de Transmision		UND	01	
12	Mobil Delvax MX SAE 15W40 (Motor)		GLN	10	

PRECIOS																					
SX hrs	Hrs	MANO DE OBRA	CODIGO	PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM3	PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM4	TOTAL	
				125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000		
\$25	4	SERVICIO DE 125 Horas	PM	125	1		1		1		1		1		1		1		1		\$800,0
\$25	8	SERVICIO DE 250 Horas	PM	250		1			1				1				1				\$800,0
\$25	12	SERVICIO DE 500 Horas	PM	500			1								1						\$600,0
\$25	15	SERVICIO DE 1000 Horas	PM	1000							1										\$375,0
\$25	24	SERVICIO DE 2000 Horas	PM	2000																1	\$600,0
\$50	2	SERVICIO POR MONITOREO DE LUBRICANTES 250 HRS	AAC	250		1		1			1		1		1		1		1		\$800,0
\$250	2	SERVICIO POR MONITOREO DE LUBRICANTES 1000 HRS	AAC	1000							1										\$500,0
\$250	2	SERVICIO POR MONITOREO DE LUBRICANTES 2000 HRS	AAC	2000																1	\$500,0
\$120	3	TRABAJO FUERA DE TALLER IN SITU	TT	1000							1									1	\$720,0
		TOTAL DE MANO DE OBRA	Hrs.		4	10	4	14	4	10	4	22	4	10	4	14	4	10	4	31	\$5.695,0
		TOTAL DE MANO DE OBRA CONTRATADA	S		\$100	\$300	\$100	\$400	\$100	\$300	\$100	\$1.335	\$100	\$300	\$100	\$400	\$100	\$300	\$100	\$1.560	\$5.695,0

Anexo 2. Registro de fallas por sistema – Cargador frontal y Excavadora hidráulica

Equipo	Sistema afectado	Detalle de la falla	Horas operativas acumuladas	N° de intervenciones	Horas dedicadas a reparación
Cargador frontal 966 H	Dirección	Reparación de llanta	76.2	2	12
	Dirección	Sustitución del espejo lateral derecho	77.5	2	6
	Sistema hidráulico	Reparación de pistón trasero derecho	77.4	2	45
	Sistema eléctrico	Servicio al alternador	75.2	4	20
	Motor	Desmontaje del tubo de escape y silenciador	76.7	2	25
	Motor	Retiro del radiador, ventilador y parte del cigüeñal	78.5	3	30
	Motor	Cambio de aceite de motor	72.6	1	30
	Dirección	Desmontaje completo de un pistón para su reparación	78.5	4	27
	Sistema eléctrico	Mantenimiento de ruedas traseras y luces delanteras	71.4	2	21
	Excavadora 330 DL	Motor	Sustitución de aceite de motor	76.4	4
Motor		Reparación de la bomba de agua	75.9	3	10
Dirección		Cambio de dos rótulas del sistema de aceleración	77.3	3	5
Motor		Sustitución de bornes de batería y reparación parcial del tubo de escape	77.4	2	15
Dirección		Reparación del freno delantero	76.7	2	18
Sistema hidráulico		Cambio de manguera y timón hidráulico	78.4	4	11
Sistema eléctrico		Servicio al arrancador	77.8	4	12
Motor		Sustitución del filtro de petróleo y su base	79.7	4	20

Con respecto a las maquinarias, tales como el cargador frontal y la excavadora, se tiene un % de disponibilidad del 79,75% indicando que las falencias se ven reflejado en las constantes paradas.

Anexo 3. Plan de mantenimiento

Máquina	Sistema	Modelo	SERIE	ÁREA DE MANTENIMIENTO																FECHA DE ELABORACIÓN			Julio del 2021								
				jul-21			ago-21				sep-21				oct-21				nov-21			dic-21			Mecánico	% Cumplimiento					
				S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49			S50	S51	S52		
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	V225B	70Y29 - D	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	Julio Arellano Padilla	100%			
	Sistema de dirección			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	100%		
	Sistema hidráulico			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	100%		
	Sistema eléctrico			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	100%	
	Sistema de motor			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	100%	
	Sistema de motor			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	MP	100%
	Sistema de dirección			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	100%	
	Sistema eléctrico			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	MP	100%
	Sistema de motor			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	MP	100%
	Sistema de motor			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	MP	100%
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de dirección	FD0-5	110103834	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	Lorenzo Mendoza Llanos	100%			
	Sistema de dirección			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	100%		
	Sistema hidráulico			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	100%	
	Sistema hidráulico			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	100%	
	Sistema eléctrico			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	100%	
	Sistema eléctrico			MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP		MP	MP	MP	100%

Fuente. Elaboración propia

Anexo 4. Actividades programadas de mantenimiento preventivo por sistema

Máquina	Sistemas	Descripción de la operación	Materiales	Duración	Tipo de mantenimiento
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	Cambiar el aceite del motor	Varillas para medir y aceite para motor	0,5 hora	Preventivo
	Sistema de dirección	Limpiar el filtro del motor diésel	Llaves y balón de aceite para motor	1 hora	Preventivo
	Sistema hidráulico	Vaciar el radiador	Limpiar radiadores refrigerantes	2 hora	Preventivo
	Sistema eléctrico	Revisión del encendido y sincronizar el motor	Gasolina, trapos industriales, juego de llaves mixtas	2 hora	Preventivo
	Sistema de motor	Limpieza de culata en general	Juego de llaves mixtas y juego de dados	1.5 hora	Preventivo
	Sistema de motor	Afinar del motor	Destornillador, cepillo metálico, soplete	1 hora	Preventivo
	Sistema de motor	Limpieza general e inspeccionar daños	Agua destilada	0.5 hora	Preventivo
	Sistema de dirección	Revisar el estado de pernos	Comprensora de aire	1 hora	Preventivo
	Sistema eléctrico	Ajustes de purga de pistón de levante	Comprensora de aire	2 hora	Preventivo
	Sistema de motor	Limpieza a guías del mástil de elevación	Comprensora de aire	2 hora	Preventivo
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	Revisión del nivel de aceite hidráulico	Comprensora de aire	1,5 hora	Preventivo
	Sistema de dirección	Limpieza de horquillas	Comprensora de aire	1 hora	Preventivo
	Sistema de motor	Comprobar el nivel de aceite de la transmisión	Comprensora de aire	0.5 hora	Preventivo
	Sistema de dirección	Verificar el funcionamiento de la válvula	Varillas de medición y aceite hidráulico	1 hora	Preventivo
	Sistema hidráulico	Limpiar el base del tanque reactor	Manguera de aire comprimido	2 hora	Preventivo
	Sistema eléctrico	Revisión de la condición y nivel de líquido del tanque reactor	Comprensora de aire	2 hora	Preventivo

Fuente. Elaboración propia

Se detalla el mantenimiento aplicado a los equipos, especificando los sistemas intervenidos, las tareas a ejecutar, los insumos requeridos, el tiempo estimado por actividad y el tipo de mantenimiento correspondiente, haciendo énfasis en que dichas acciones deben desarrollarse diariamente.

Anexo 5. Cartillas de mantenimiento a realizar

Equipo	Sistema	Subsistema	Componentes	Descripción	N/P	UNID AD	M C	T T	FR	Frecuencia	RC	UOM	Duración	Categoría	QTY
CARGADOR FRONTAL	00. Sistema de seguridad	Sistema contra incendio	Sistema contra incendio	Sistema Ansul	N. A	UND	0	G R	N. A	1,000	12	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Motor	Sensores electrónicos	sensor	036 562 100	UND	0	C C	200 0	2,000	6	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Sistema de Admisión	Admisión	kit de enfriadores abrazadera	031 807 54	UND	0	C C	582 0	5,700	2	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Sistema de Admisión	Admisión	manguera de admisión abrazadera	952 060 54	UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Sistema de Admisión	Admisión	manguera de admisión abrazadera	952 100 46	UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	2
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Sistema de Admisión	Admisión	manguera de admisión abrazadera	096 680 100	UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Sistema de Admisión	Admisión	manguera de admisión abrazadera	034 559 100	UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Sistema de Admisión	Admisión	manguera de admisión	061 458 100	UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Sistema de Admisión	Admisión	Poly V Belt Deutz 01183384	021 569 45	UND	0	C C	200 0	2,000	6	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor diesel	Periférico Motor	manguera de agua	manguera de agua	957 710	UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor Diesel	Periférico Motor				UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	4
CARGADOR FRONTAL	01. Motor Diesel	Periférico Motor				UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	1
CARGADOR FRONTAL	01. Motor Diesel	Periférico Motor				UND	0	C C	200 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	2
CARGADOR FRONTAL	01. Motor Diesel	Periférico Motor				UND	0	C C	600 0	4,000	3	ENG-HRS	1	B	1

Fuente. Elaboración propia

En el caso de las cartillas de mantenimiento, se consideró cada uno de los equipos, el sistema perteneciente, asimismo los componentes y las frecuencias relativas de mantenimiento, con su respectiva categoría.

Anexo 6. Costo de mantenimiento

	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000	TOTAL
Total, de mano de obra	\$100	\$300	\$100	\$400	\$100	\$300	\$100	\$1.335	\$100	\$300	\$100	\$400	\$100	\$300	\$100	\$1 560	\$5 695
Total, de lubricantes y mat	\$378	\$378	\$378	\$554,50	\$378	\$378	\$378	\$1 374,5	\$378	\$378	\$378	\$554,50	\$378	\$378	\$378	\$1 374,50	\$8 394
Total, de repuestos	\$471	\$921	\$471	\$1 689	\$471	\$1 515	\$471	\$1 689	\$471	\$921	\$471	\$2 337	\$471	\$921	\$471	\$1 831	\$15 592
Precio total del servicio	\$949	\$1 599	\$949	\$2 643,50	\$949	\$2 193	\$949	\$4 398,50	\$949	\$1599	\$949	\$3 291,50	\$949	\$1 599	\$949	\$4 765,50	\$29 681

Fuente. Elaboración propia

Tras la elaboración del plan de mantenimiento bajo el enfoque Lean Maintenance, se definió un presupuesto total de \$29 681, el cual será cubierto con recursos propios de la organización.

Anexo 7. Requerimiento de lubricantes

ACEITES					
SISTEMA	LUBRICANTE	ESPECIFICAR	CAP. Galones		CAP. Litros
Aceite motor	SAE 15W/40		3,8	gal	15 L
Refrigerante	DEUTZ		4,4	gal	17 L
Aceite de transmisión	SAE 30		5,0	gal	18,9 L
Aceite de ejes diferenciales C/U	SAE 85W/140		2,0	gal	77,1 L
Aceite de mandos finales C/U	SAE 85W/140		0,33	gal	1,25 L
Aceite hidráulico	ISO VG 46		30	gal	115 L
Aceite compresor	ISO VG 46	SINTETICO	5,2	gal	20 L

Fuente. Elaboración propia

Con lo que respecta a los requerimientos de lubricante, se consideró el aceite de transmisión, aceite de ejes diferencias, de mando asimismo los aceites hidráulico y compresor.

Características de la maquinaria

Datos Generales	
Modelo	: Motor Deutz Tcd 2012 L04
Numero Cilindros	: 4
POTENCIA DE MOTOR	: 96 KW / 2200 Rpm
Cilindrada	
Capacidad del tanque	
112 LITROS / 29,6 GLN	
Rendimiento	
1° Marcha	: 5 km/h
2° Marcha	: 12 km/h
3° Marcha	: 25 km/h

Fuente. Elaboración propia

Anexo 7. Evaluación del tipo de mantenimiento

Evaluación de tipos de mantenimiento

En esta parte del trabajo, se identifican los diferentes enfoques de mantenimiento con el propósito de realizar un análisis comparativo y determinar cuál de ellos se ajusta mejor al contexto operativo de la empresa.

Tabla. Selección de tipo mantenimiento preventivo

Tipo	¿En qué consiste?	Desventajas de implementación	Evaluación Final
rutinario	Es un mantenimiento basado en una frecuencia establecida. Esta frecuencia puede darse según un tiempo (días, horas, semanas, meses, etc.)	Es intrusivo; es decir se requiere de parar o intervenir el equipo para hacerle mantenimiento	Es útil para el propósito de la investigación y para la empresa
predictivo	Mantenimiento basado en inspecciones. No es intrusivo	Es costoso, puesto que se utilizan instrumentos o equipos especializados	No se ajusta al presupuesto de la empresa
conductivo	Mantenimiento basado en rondas de operación, es un mantenimiento no intrusivo	Basado en inspecciones sensoriales del inspector que cotidianamente se hacen por el operador	No se ajusta al proceso productivo de la empresa

Fuente Elaboración propia

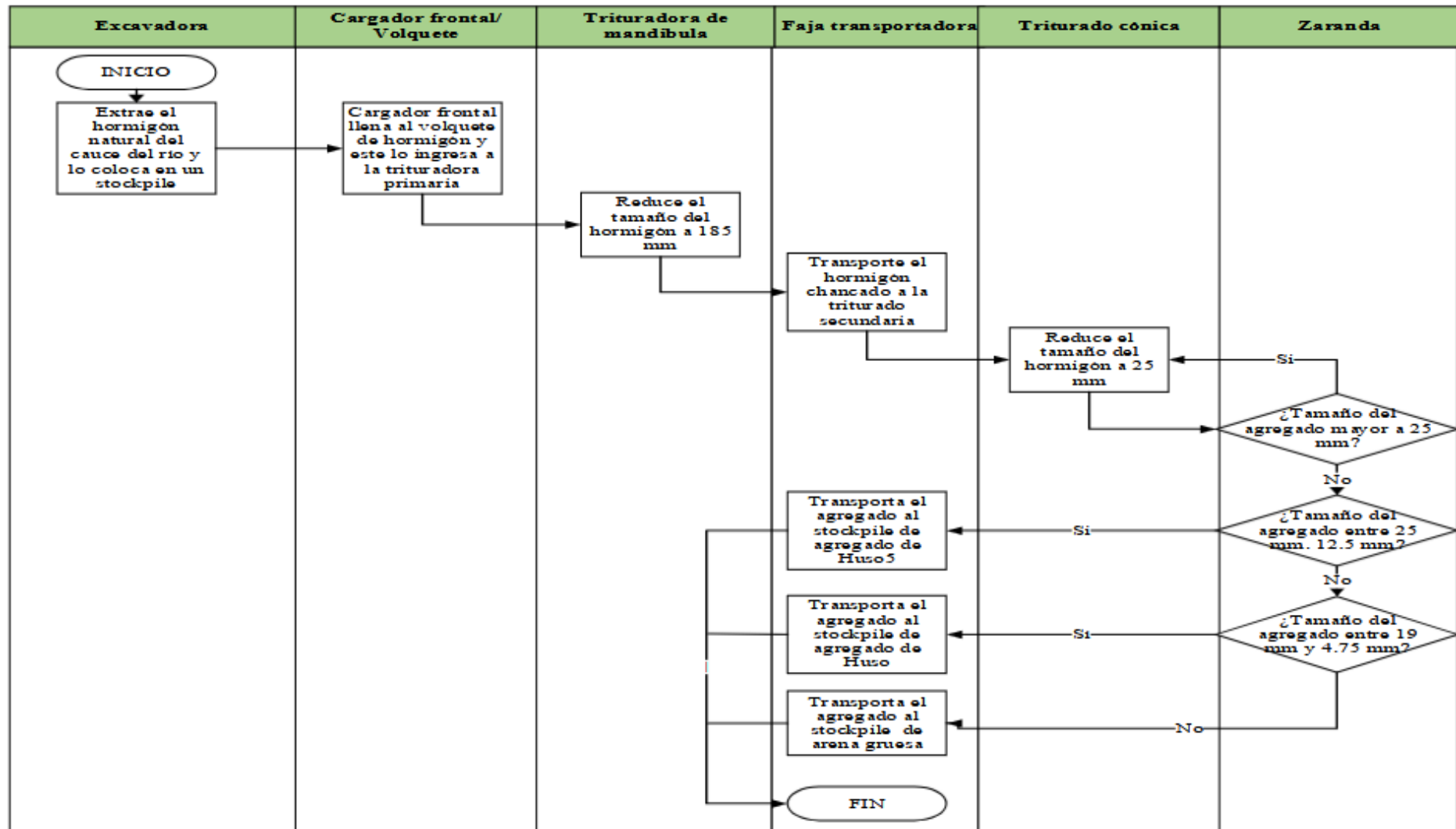
Tras revisar los distintos tipos de mantenimiento, se concluye que la estrategia preventiva es la más conveniente para el desarrollo de la propuesta, ya que permite reducir imprevistos y programar las intervenciones necesarias de forma sistemática.

Tabla Análisis 5 W – H del mantenimiento preventivo rutinario

¿Qué?	Planear el mantenimiento preventivo rutinario de las maquinarias	¿Por qué?	Falta planificar el mantenimiento de las maquinarias
¿Quién?	Jefe de mantenimiento y apoyo	¿Por qué?	Se encargan directamente de cumplir todas las labores a realizar en el área.
¿Dónde?	En el área de mantenimiento	¿Por qué?	Allí se realiza dicha actividad.
¿Cuándo?	En el periodo 2022	¿Por qué?	Porque hoy en día existen alta cantidad de paradas inesperadas y tiempo de preparación y ajustes.
¿Cómo?	Implementar un plan de mantenimiento	¿Por qué?	Se cumplirá con la finalidad de la investigación para reducir los costos operativos.

Fuente. Elaboración propia

Anexo 8. Representación gráfica del flujo del proceso de producción



Fuente. Elaboración propia

Anexo 9. VSM de la empresa

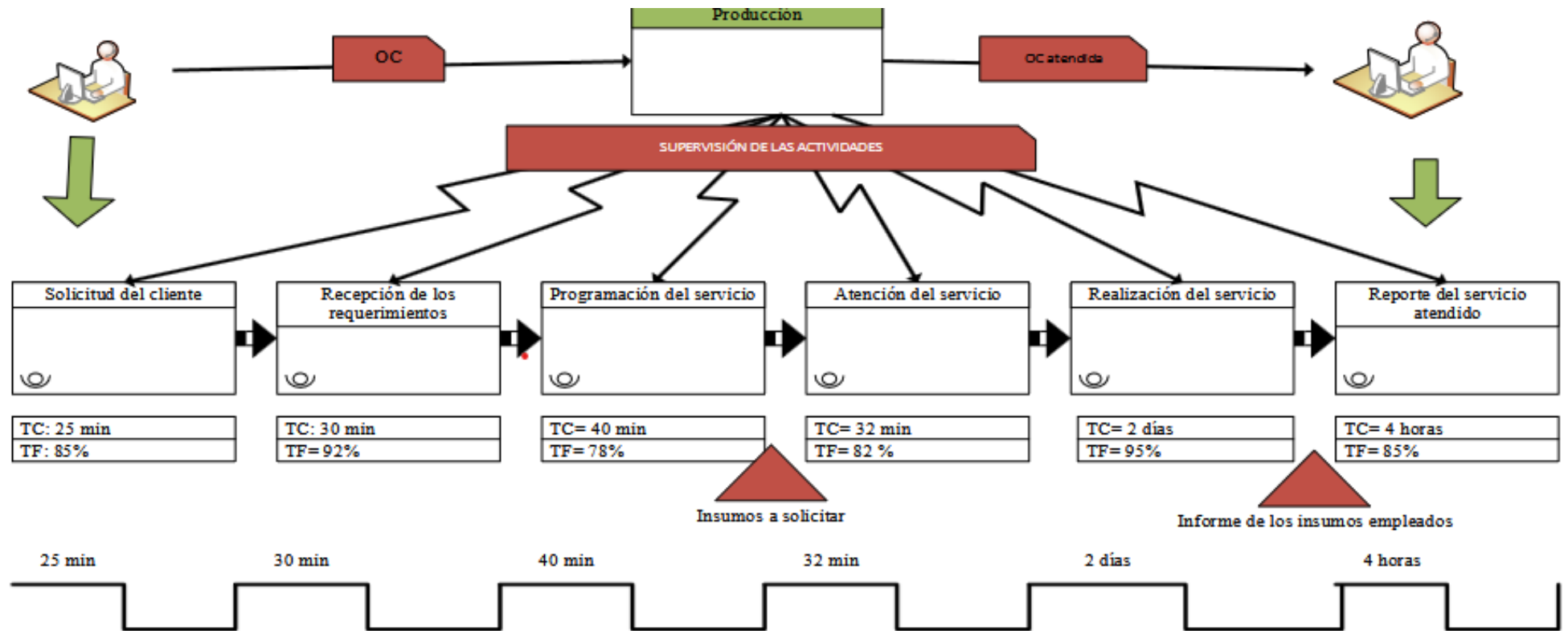


Figura 3. Mapa de flujo de valor optimizado de los procesos

Fuente. Desarrollo propio

En el presente mapa de flujo de valor (VSM) optimizado, se evidencia un sistema de supervisión que asegura el cumplimiento de los procedimientos definidos por las metodologías aplicadas. Esta supervisión tiene como objetivo garantizar un servicio eficiente y satisfactorio, lo cual impacta directamente en la mejora del desempeño productivo de la organización.

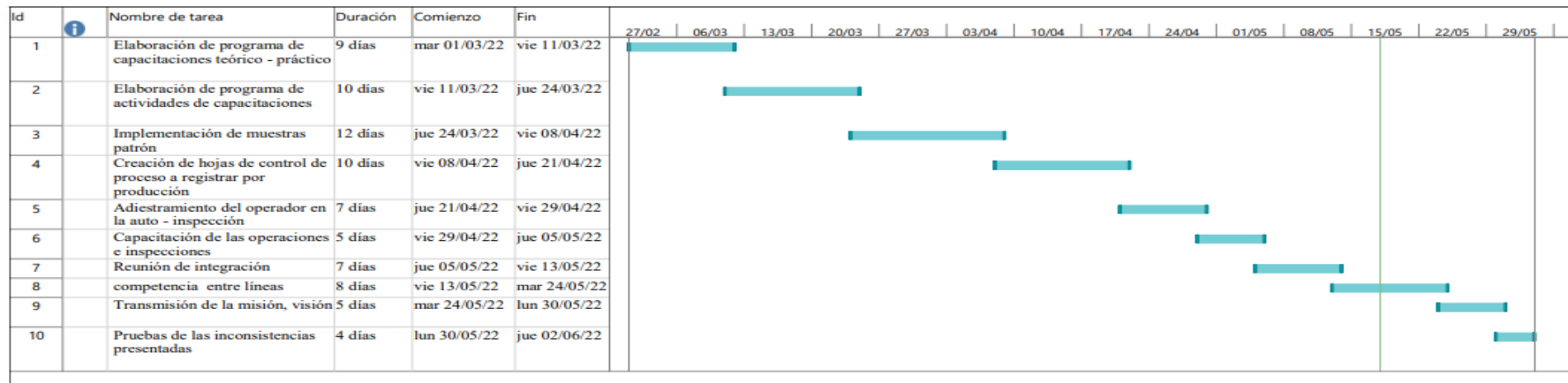
Anexo 10. Programación de las 5's

Figura 3. Cronograma gráfico de ejecución de las actividades



Fuente. Elaboración propia

Figura 5. Calendario estructurado de acciones planificadas



Fuente. Elaboración propia

Anexo 11. Estimación de costos – Bienes tangibles e intangibles

1. Bienes tangibles

Categoría	Artículo	Unidad	Cantidad	Valor unitario (S/.)	Valor total (S/.)
Repuestos y accesorios	Laptop	UND	1	2,000.00	2,000.00
	Impresora	UND	1	500.00	500.00
	Cartuchos	UND	4	60.00	240.00
	Subtotal categoría				2,740.00
Material de oficina	Escritorio	UND	1	350.00	350.00
	Sillas para escritorio	UND	1	100.00	100.00
	Resma de hojas bond	MIL	1	18.50	18.50
	Lapiceros	UND	10	1.00	10.00
	Cuadernos	UND	5	3.50	17.50
	USB 16GB	UND	1	100.00	100.00
	Subtotal categoría				595.00
Total bienes tangibles					S/ 3,335.00

Fuente. Elaboración propia

2. Bienes intangibles

Categoría	Recurso	Unidad	Cantidad	Valor unitario (S/.)	Valor total (S/.)
Capacitación técnica	Hora-hombre	Total	—	—	1,100.00
Servicios energéticos	Suministro de electricidad	Mensual	3	50.00	150.00
	Viáticos	Mensual	3	150.00	450.00
Gastos de desarrollo del trabajo	Alimentación	Mensual	3	80.00	240.00
	Supervisión del trabajo final	Total	—	—	1,520.00
	Pensión universitaria	Total	—	—	800.00
	Material de investigación	Total	—	—	820.00
Total bienes intangibles					S/ 5,080.00

Anexo 12. Flujo de caja economico

DETALLE	Flujo de Caja económico de la Mejora					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos de los servicios		S/10 467,79	S/10 467,79	S/10 467,79	S/10 467,79	S/10 467,79
Costos operativos del personal		S/1 326	S/1 326	S/1 326	S/1 326	S/1 326
Ingresos de los servicios		S/6 198,19	S/6 198,19	S/6 198,19	S/6 198,19	S/6 198,19
Costos de materiales		S/2 693,60	S/2 693,60	S/2 693,60	S/2 693,60	S/2 693,60
Costos de las herramientas		S/250	S/250	S/250	S/250	S/250
Costos generales proyectados		S/300	S/300	S/300	S/300	S/300
Materiales y útiles de oficina		S/300	S/300	S/300	S/300	S/300
Beneficio		S/10 167,79	S/10 167,79	S/10 167,79	S/10 167,79	S/10 167,79
Inversiones Tangibles	S/5 594,00					
Repuestos y accesorios	S/2 540,00					
Bienes y servicios	S/2 550,00					
Papelera y útiles de oficina	S/504,00					
Inversiones Intangibles	S/7 220,00					
Capacitación preoperativa	S/1 100,00					
Servicio de suministro de energía	S/540,00					
Viáticos y asignaciones	S/5 580,00					
Imprevistos (5%)	S/640,70					
TOTALES NETOS	-S/13 454,70	S/10 167,79	S/10 167,79	S/10 167,79	S/10 167,79	S/10 167,79
Cálculo del VAN		S/35 652,20				
Costo de Oportunidad del capital (COK)		1,17%	Mensual	Anual	14%	
Cálculo de la TIR		70,29%				
Cálculo de la ratio Beneficio / Costo		3,65	S/49 106,90			

Fuente. Elaboración propia

Anexo 13. Cronograma de implementación del TPM en equipos críticos

Fase	Actividad	Responsable	Duración
Fase 1	Formación del equipo TPM	Gerencia + jefe de mantenimiento	1 semana
Fase 2	Capacitación operativa básica (TPM + uso de cartillas)	Técnico interno o externo	1 semana
Fase 3	Inicio del mantenimiento autónomo en cargador frontal y excavadora	Operadores	Desde semana 3
Fase 4	Aplicación del cronograma mensual preventivo (Anexo 3)	Jefe de mantenimiento	Permanente
Fase 5	Monitoreo mensual de indicadores (fallas, tiempo muerto)	Equipo TPM	Mensual

Anexo 14. Cartilla diaria de mantenimiento autónomo para operadores

Cartilla de Inspección Diaria – Excavadora / Cargador Frontal

Fecha: ___ / ___ / 202_

Equipo: _____

Operador:

Chequeo Diario	Sí	No	Observaciones
Nivel de aceite adecuado			
Limpieza visual de motor y filtros			
Revisión de fugas visibles (aceite, hidráulico)			
Ruido anormal al encender			
Presión adecuada en neumáticos			
Revisión de luces y señales			
Filtro de aire limpio			
Estado de la batería			

Firma del operador: _____

Firma del técnico (verificación semanal): _____

Anexo 15. Comparación de los principales indicadores operativos previo y posterior a la implementación de Lean Maintenance

Indicador	Antes (Diagnóstico)	Después (Propuesta Lean)	Herramienta Aplicada
Tiempo de paro de maquinaria (min/mes)	810	360	TPM
% tiempo perdido en ciclo mensual	22.5 %	10 %	TPM
Tiempo diario de búsqueda de herramientas	60 min	15 min	5S
Disponibilidad operativa	79.75 %	90 %	TPM + 5S
Tiempos muertos por desorganización	Alto	Bajo	5S + Control Visual
Flujo continuo de actividades	Inestable	Estable	VSM

Anexo 16. Plan de sostenibilidad para el sistema TPM

Estrategia	Frecuencia	Responsable
Capacitación continua en TPM	Trimestral	Técnico de mantenimiento
Verificación del uso de cartillas de mantenimiento	Semanal	Jefe de mantenimiento
Seguimiento de fallas y paros no programados	Mensual	Equipo TPM
Auditoría de cumplimiento de cronograma de mantenimiento	Trimestral	Asistente de mantenimiento
Reunión de revisión de indicadores	Mensual	Gerencia + mantenimiento
Incentivo por equipos sin fallas	Cada semestre	RR.HH. / Gerencia

Anexo 17. Matriz de evaluación de implementación 5S

Área	Clasificar	Ordenar	Limpiar	Estandarizar	Disciplina
Taller de mantenimiento	Sí	Sí	Sí	Parcial	No
Zona de herramientas	Sí	Sí	Parcial	No	No
Almacén de repuestos	Parcial	Sí	Parcial	No	No

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18. Lista de verificación para la auditoría interna del método 5S

Nombre del auditor: _____ Fecha: ____ / ____ / 2025

Criterio de inspección	Cumple	No cumple	Observaciones
¿Hay elementos innecesarios eliminados del área?			
¿Las herramientas están organizadas por frecuencia de uso?			
¿El área se encuentra limpia y libre de residuos?			
¿Existen rutinas definidas de orden y limpieza?			
¿El personal mantiene hábitos de disciplina diaria?			
¿La señalización es clara y funcional?			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19. Hoja resumen de indicadores mensuales de mantenimiento TPM

Mes	% Cumplimiento cronograma	Fallas registradas	Tiempo total de paro (min)	Costo correctivo mensual (S/)
Julio	75%	12	540	S/ 2,268.00
Agosto	85%	9	420	S/ 1,890.00
Setiembre	95%	5	360	S/ 1,512.00

Fuente: Elaboración propia