



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la
disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de
agregados para construcción, Lima 2022”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA INDUSTRIAL**

AUTORA:

Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh (orcid.org/0000-0001-5293-7135)

ASESOR:

Mg. Bazán Robles, Romel Darío (orcid.org/0000-0002-9529-9310)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y a mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida, a mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar y a mi asesor por su paciencia y comprensión.

Índice de contenidos

| | |
|---|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras | vii |
| Resumen..... | viii |
| Abstract..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 9 |
| III. METODOLOGÍA..... | 20 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 20 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 21 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo..... | 23 |
| 3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos | 24 |
| 3.5. Procedimientos | 26 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 64 |
| 3.7. Aspectos éticos | 65 |
| IV. RESULTADOS | 66 |
| V. DISCUSIÓN..... | 79 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 83 |
| VII. RECOMENDACIONES | 84 |
| REFERENCIAS..... | 85 |
| ANEXOS | 92 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Frecuencias de las fallas | 4 |
| Tabla 2. Población de maquinarias | 24 |
| Tabla 3. Jueces expertos validadores | 26 |
| Tabla 4. Resultados del pre - test de la dimensión "gestión de equipos" | 30 |
| Tabla 5. Resultados del pre - test de la dimensión "gestión de fallas" | 31 |
| Tabla 6. Resultados del pre - test de la dimensión "programación" | 33 |
| Tabla 7. Resultados del pre - test de la dimensión "rendimiento" | 34 |
| Tabla 8. Resultados del pre - test de la "Disponibilidad" | 35 |
| Tabla 9. Cronograma | 37 |
| Tabla 10. Codificación de las máquinas o equipos | 41 |
| Tabla 11. Criterios de producción..... | 42 |
| Tabla 12. Criterios de mantenimiento..... | 43 |
| Tabla 13. Criterios de calidad..... | 43 |
| Tabla 14. Criterios de seguridad | 44 |
| Tabla 15. Matriz del análisis de criticidad para las máquinas o equipos de la línea de piedra chancada..... | 45 |
| Tabla 16. Plan de mantenimiento preventivo | 48 |
| Tabla 17. Resultados del post - test de la dimensión "gestión de equipos" | 57 |
| Tabla 18. Resultados del post - test de la dimensión "gestión de fallas" | 58 |
| Tabla 19. Resultados del post - test de la dimensión "programación"..... | 60 |
| Tabla 20. Resultados del post - test de la dimensión "rendimiento"..... | 61 |
| Tabla 21. Resultados del post - test de la "Disponibilidad" | 62 |
| Tabla 22. Estadísticos descriptivos de la "gestión de equipos" | 66 |
| Tabla 23. Estadísticos descriptivos de la "gestión de fallas" | 67 |
| Tabla 24. Estadísticos descriptivos de la "programación" | 68 |
| Tabla 25. Estadísticos descriptivos del "rendimiento" | 69 |
| Tabla 26. Estadísticos descriptivos de la variable dependiente "Disponibilidad".. | 70 |
| Tabla 27. Normalidad de la hipótesis general | 71 |
| Tabla 28. Muestras emparejadas de la hipótesis general | 72 |
| Tabla 29. Prueba de muestras emparejada de la hipótesis general..... | 73 |
| Tabla 30. Normalidad de la hipótesis específica 1 | 74 |
| Tabla 31. Muestras emparejadas de la hipótesis específica 1 | 74 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 32. Prueba de muestras emparejada de la hipótesis específica 1 | 75 |
| Tabla 33. Normalidad de la hipótesis específica 2 | 76 |
| Tabla 34. Muestras emparejadas de la hipótesis específica 2 | 77 |
| Tabla 35. Prueba de muestras emparejada de la hipótesis específica 2 | 77 |
| Tabla 36. Matriz de operacionalización de variables | 92 |
| Tabla 37. Matriz de consistencia | 93 |
| Tabla 38. Ficha de evaluación de la gestión de equipos | 94 |
| Tabla 39. Ficha de evaluación de la gestión de fallas | 95 |
| Tabla 40. Ficha de evaluación de la programación | 96 |
| Tabla 41. Ficha de evaluación del rendimiento | 97 |
| Tabla 42. Validación de instrumentos del experto 01 | 98 |
| Tabla 43. Validación de instrumentos del experto 02 | 99 |
| Tabla 44. Validación de instrumentos del experto 03 | 100 |
| Tabla 45. Procedimiento de inspección permanente | 104 |
| Tabla 46. Formato de inventario de máquinas y equipos | 105 |
| Tabla 47. Formato de la ficha técnica | 106 |
| Tabla 48. Formato de lubricación | 107 |
| Tabla 49. Formato de inspección de lubricación | 108 |
| Tabla 50. Formato del historial de la máquina o equipo | 109 |
| Tabla 51. Formato de programación del mantenimiento preventivo por máquina | 110 |
| Tabla 52. Formato de la programación del mantenimiento autónomo | 111 |
| Tabla 53. Formato de inspección de la máquina o equipo | 112 |
| Tabla 54. Formato de orden de trabajo | 113 |

Índice de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Diagrama de Pareto | 5 |
| Figura 2. Diagrama de Ishikawa | 6 |
| Figura 3. Diagrama de flujo (1) | 27 |
| Figura 4. Diagrama de flujo (2) | 28 |
| Figura 5. Diagrama de flujo (3) | 29 |
| Figura 6. Resultado Pre – Test..... | 38 |
| Figura 7. Organigrama del equipo de trabajo | 39 |
| Figura 8. Resultado Post – Test | 63 |
| Figura 9. Flujo del mantenimiento preventivo | 101 |
| Figura 10. Carta de autorización | 114 |

Resumen

En la presente investigación se busca establecer la medida en la que la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la línea de piedra chancada de una empresa de agregados de producción mejora la disponibilidad de las máquinas y equipos con las que esta cuenta. Para lo cual, fue importante evaluar la gestión de los equipos, las gestión de fallas, la programación y el rendimiento.

La metodología de la investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño preexperimental. Donde la población fue igual a la muestra y estuvo conformada por 20 máquinas y equipos de la línea de piedra chancada de la empresa en estudio.

Como resultado se obtuvo que la disponibilidad mejoro en 22.88%, la programación paso de un valor de la media de 0,602219 a 0,900719 y el rendimiento aumentó en 15.90%.

permitiéndonos así concluir que “La implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022”.

Palabras clave: Mantenimiento, gestión, averías, disponibilidad y rendimiento.

Abstract

The present investigation seeks to establish the extent to which the application of a preventive maintenance plan in the crushed stone line of a production aggregates company improves the availability of the machines and equipment it has. For which, it was important to evaluate the equipment management, failure management, programming, and performance.

The research methodology was applied, with a quantitative approach and a pre-experimental design. Where the population was equal to the sample and was made up of 20 machines and equipment from the crushed stone line of the company under study.

As a result, it was obtained that the availability improved by 22.88%, the programming went from an average value of 0.602219 to 0.900719 and the performance increased by 15.90%.

thus, allowing us to conclude that "The implementation of the preventive maintenance plan improves the availability in the crushed stone line in a construction aggregates company, Lima 2022".

Keywords: Maintenance, management, breakdowns, availability, and performance.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente alrededor del mundo, las empresas que controlan y mantienen sus equipos son principalmente industrias que brindan productos tangibles como su objetivo, realizando y diseñando otros tipos de mantenimiento en conjunto para múltiples beneficios, como reducir costos, tiempo y aumentar su productividad (Jaffe, 2015).

La comunidad europea por ejemplo puede presumir de tener una industria minera con tecnología de punta, pero para ello se basa en el criterio de que el mantenimiento industrial es un conjunto de acciones técnicas, organizativas y económicas que aseguran y mejoran los criterios de diseño de los activos fijos tales como: vida útil, confiabilidad, rendimiento y calidad para producir bienes y servicios. La gestión durante el mantenimiento implica desarrollar sus funciones de acuerdo con cualquier sistema de gestión y mejorar diariamente sus indicadores con la introducción de conceptos organizacionales, herramientas y nuevas técnicas para aumentar la disponibilidad industrial (Lagunes, 2017).

A fines de la década de 1950, un pequeño grupo de empresarios de Ohio (EE.UU.) especializados en mantenimiento preventivo e impulsados por la necesidad económica, desarrollaron una herramienta capaz de detectar anomalías en algunos tipos de motores eléctricos que provocan continuos problemas mecánicos. Las paradas de máquina en determinados procesos productivos conllevan elevados costes y evitarlos supone importantes ahorros. De esta forma, se dieron los primeros pasos en el desarrollo de lo que ahora se conoce como mantenimiento preventivo (Lamb y Didriksen, 2017).

El mantenimiento preventivo es una parte importante de la gestión de cualquier tipo de infraestructura, ya que ayuda a aumentar la vida útil de los equipos, reduce el tiempo de inactividad no deseado y, en última instancia, reduce los costos de mantenimiento plantea descubre qué es el mantenimiento preventivo y para qué sirve, por qué es tan importante, cuáles son sus ventajas y desventajas, cómo hacer un plan de mantenimiento

preventivo y establecer un cronograma, es así como lo ve la agenda regional para américa latina para el desarrollo de la industria y combatir la corrupción a la vez (Moreno, 2017).

Según la revista El Economista Perú, en promedio el 75% de las empresas con manejos de estándares definidos cuentan con un adecuado plan o programa de mantenimiento preventivo y predictivo, lo que sucede es que en la mayoría de las veces estos planes son elaborados en forma general y no al detalle o por línea de producción, que evite la perdida de tiempos en el proceso productivo, muchas veces por ejecución en campo se toman mayormente medidas correctivas que por lo general incurren en mayor costo y tiempo de paradas en las líneas que terminan afectando la producción planificada.

La empresa a la cual se avoca el presente trabajo se encuentra ubicada en el departamento de Ica, se encuentra enmarcada en el sector minero, la explotación principal es para la construcción, siendo estos los agregados, que son provenientes de canteras, dentro de los agregados que son más significativos en la empresa en estudio, están piedra chancada, Hormigón, afirmado, gravilla e inclusive asfalto, para cada uno de estos materiales hay un proceso, unos directos como la piedra chancada por ejemplo y otros derivados de las mermas o subproductos.

El problema principal se genera en el proceso de mayor envergadura que sería el del chancado de piedra, el cual se divide en clases de circuitos, primario, secundario y terciario los cuales se sujetan al diámetro promedio de la piedra a obtener, para esta actividad se cuenta con la siguiente maquinaria:

01 Chancadora para el circuito primario.

01 Chancadora para el circuito secundario.

02 Chancadoras para el circuito terciario.

04 Conos alimentadores tipos tolva.

08 Fajas transportadoras.

04 Zarandas vibratoras.

Además de ello se tiene un sector para acopio o aglomeración, los cuales cuentan con fajas transportadoras y tolvas para despacho.

No se cuenta con un plan de mantenimiento establecido, lo cual ocasiona paradas imprevistas, paralizando las operaciones en algunos casos horas y varias veces mayor a un día.

Causas:

No hay supervisor del mantenimiento.

No hay una unidad de mantenimiento.

Personal no está capacitado.

Personal con poca experiencia.

No hay formatos de seguimiento y control

No hay estandarización de procesos.

Falta de herramientas.

Herramientas en mal estado.

Falta de ficha técnica de las máquinas.

Falta Listado de repuestos.

Falta de historial de las máquinas.

Falta de repuestos básicos en físico.

No hay almacén para repuestos.

Baja motivación de los trabajadores

Falta de orden

En base a los datos históricos presentamos las frecuencias de las fallas como se puede apreciar en la Tabla 01, hay denota que 5 causas acumulan el equivalente al 80% de fallas, para ello a manera visual presentamos el Diagrama de Pareto correspondiente como se aprecia en la Figura 01.

Por otra parte, en la Figura N°2 presentamos el Diagrama de Ishikawa donde el efecto de las causas es la paralización de las líneas de producción.

Tabla 1. Frecuencias de las fallas

| CAUSAS | Frecuencia | % | Frec. Acum. | % Acumulado |
|--|-------------------|----------|--------------------|--------------------|
| No hay supervisor del mantenimiento. | 48 | 27.43% | 48.00 | 27.43% |
| No hay una unidad de mantenimiento. | 33 | 18.86% | 81.00 | 46.29% |
| Personal no está capacitado. | 26 | 14.86% | 107.00 | 61.14% |
| Personal con poca experiencia. | 17 | 9.71% | 124.00 | 70.86% |
| No hay formatos de seguimiento y control | 16 | 9.14% | 140.00 | 80.00% |
| No hay estandarización de procesos. | 15 | 8.57% | 155.00 | 88.57% |
| Falta de herramientas. | 4 | 2.29% | 159.00 | 90.86% |
| Herramientas en mal estado. | 3 | 1.71% | 162.00 | 92.57% |
| Falta de ficha técnica de las máquinas. | 3 | 1.71% | 165.00 | 94.29% |
| Falta Listado de repuestos | 3 | 1.71% | 168.00 | 96.00% |
| Falta de historial de las máquinas. | 3 | 1.71% | 171.00 | 97.71% |
| Falta de repuestos básicos en físico | 1 | 0.57% | 172.00 | 98.29% |
| No hay almacén para repuestos. | 1 | 0.57% | 173.00 | 98.86% |
| Baja motivación de los trabajadores | 1 | 0.57% | 174.00 | 99.43% |
| Falta de orden | 1 | 0.57% | 175.00 | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia

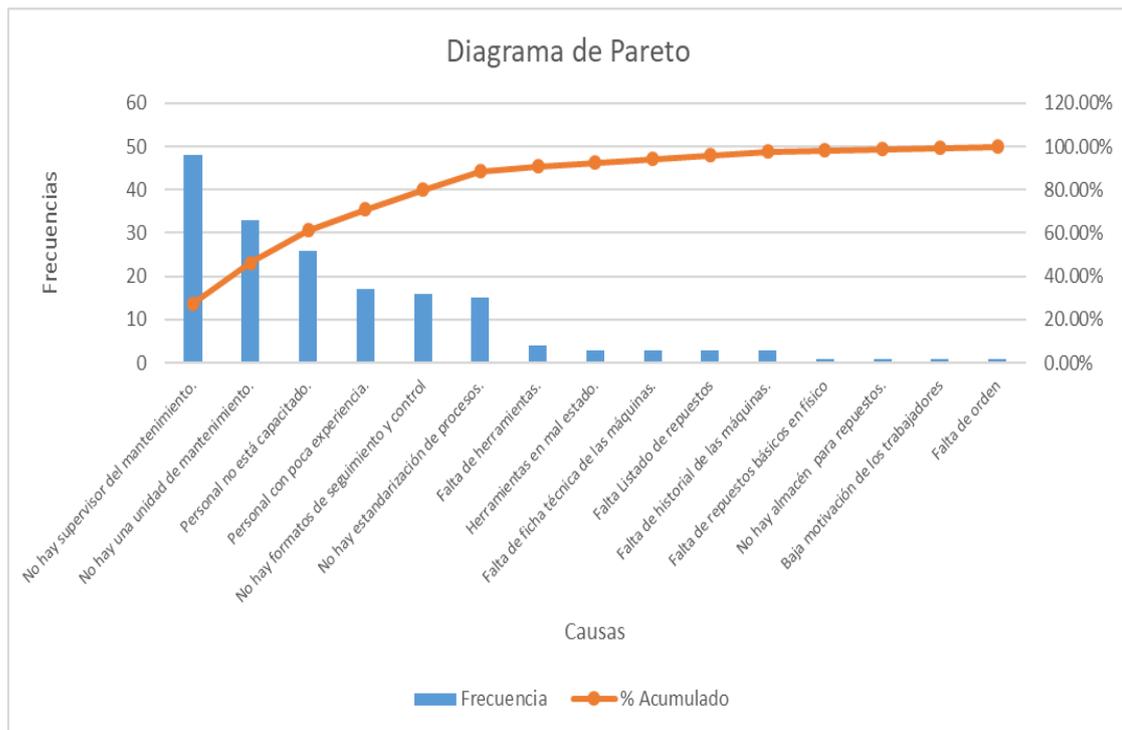


Figura 1. Diagrama de Pareto

En la Figura 1 se puede presenciar que los cuatro primeros ítems representan el 80% del total de causas indicadas, es decir que estas causas son las más representativas en el problema, principalmente los ítem 1 y 2: Que no hay supervisión y tampoco una unidad de mantenimiento, el cual será manipulado a fin de traer solución al problema detectado

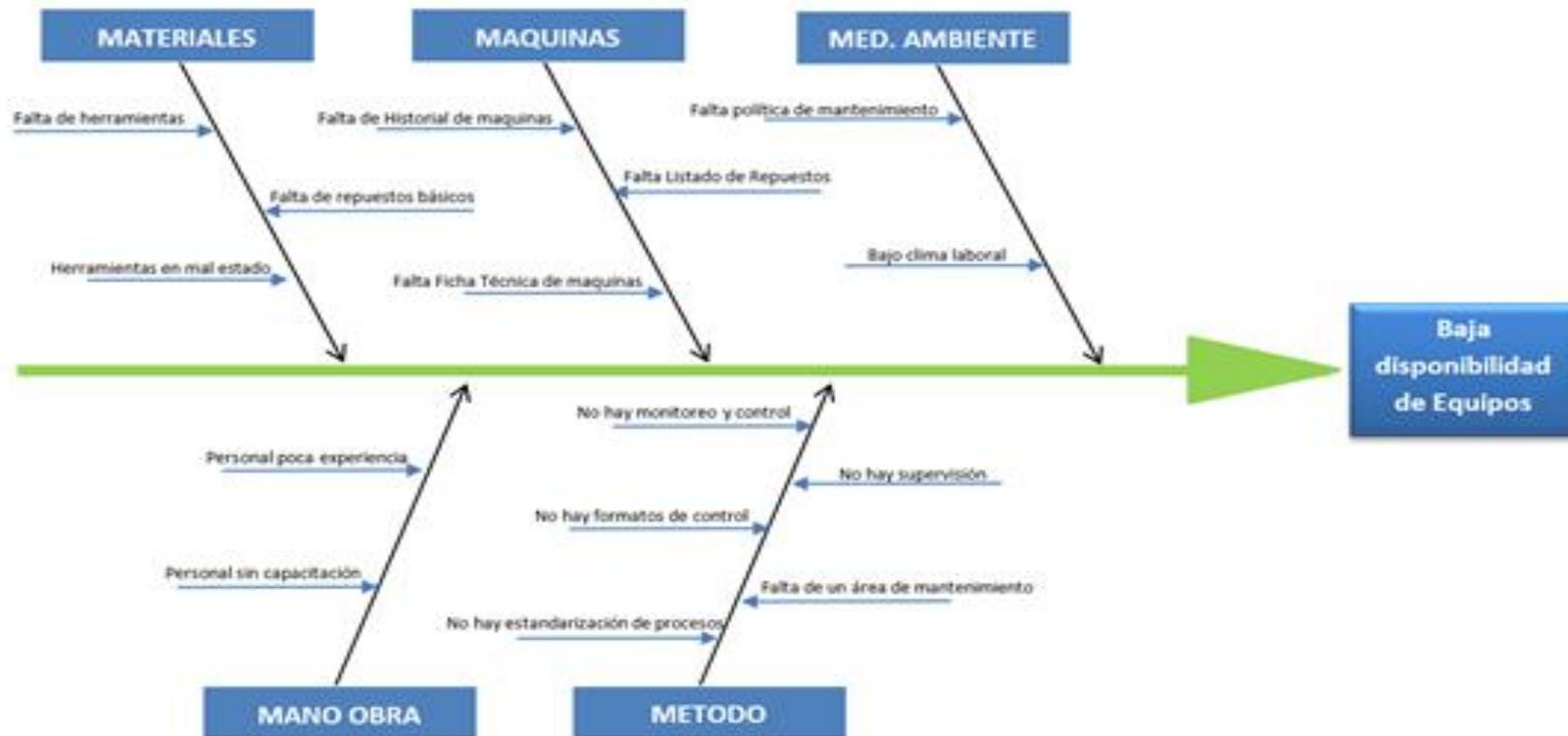


Figura 2. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

La presente figura muestra las causas agrupadas que determinan la actividad de la línea, Ishikawa nos ayuda a tener una visión macro y poder definir mejor nuestro problema según el grupo que creamos conveniente resaltar, puede ayudar también a generar una lluvia de ideas para trazar los objetivos para solucionar el problema de la inactividad de la línea de producción.

En tanto de acuerdo con lo descrito planteamos el siguiente problema general: ¿En qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022?; por otra parte, planteamos los problemas específicos: ¿En qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la programación en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022? y ¿En qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022?

El presente trabajo se justifica de modo práctico, ya que como indican los autores Hernández et al (2018) un trabajo de investigación puede generar beneficios prácticos en forma directa o indirecta y puede ayudar a resolver problemas similares; siendo esta la idea que coadyuvar a mejorar los procesos productivos mediante un planteamiento de un plan de mantenimiento que evite paradas innecesarias en las líneas de producción y ayude a los interesados a tener un mecanismo de consulta practico para esta actividad.

El trabajo de investigación es justificado de manera teórica puesto que según Fernández (2020) indica que en una investigación es necesario generar reflexión sobre el conocimiento planteado a razón de colaborar con marcos teóricos para futuros interesados en el tema e incentivar a buscar mayor información al respecto aumentando los sustentos teóricos para la mejora de los sustentos científicos aplicados para el desarrollo de una correcta aplicación metodológica, para la obtención de resultados satisfactorios.

El presente trabajo es justificado en la parte metodológica cuando creamos un nuevo instrumento como lo indica (Hernández et al, 2018) lo cual coincide con la propuesta de metodologías en un sector poco conocido y aplicamos instrumentos para el manejo de información a efectos de lograr probar las hipótesis planteadas

Así mismo, de acuerdo con lo descrito planteamos el siguiente objetivo general: Determinar en qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022 . Por otra parte, planteamos los objetivos específicos siguientes: Determinar en qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la programación en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022. Y, determinar en qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022.

Además de ello se presenta la hipótesis principal: La implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022. Y se presentan como hipótesis específicas: La implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la programación en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022. Y, la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Dentro del marco teórico a continuación presentamos los antecedentes Nacionales: Según Callomamani (2021) en su tesis plantea un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de equipos en una planta de concentrado en una unidad minera, ante la situación que la minera no contaba con dicho planteamiento, tiene como objetivo principal determinar la eficacia y eficiencia de la propuesta del plan de mantenimiento, el presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo y de diseño descriptivo, en los resultados parte de la información que la disponibilidad era de un 79% y después de seis meses de análisis con la implementación del plan subió a un 89%, también obtiene como resultados que la confiabilidad hasta que ocurra un fallo fue de 9.4 horas y el tiempo de mantenibilidad fue de 2.22 horas llevando a expresión porcentual de un 79% de disponibilidad, donde concluye que se determina la eficacia de la aplicación del plan.

Según Vega (2017) en su tesis plantea como finalidad mejorar la disponibilidad de las maquinarias en función a la implementación del mantenimiento preventivo, en la empresa donde realiza el estudio, donde indica en su problemática que la empresa en mención solo realizaba mantenimientos correctivos, a pesar de que cada vez que aquello sucedía generaba demoras en la entrega o cumplimiento de los trabajos, trazándose como objetivo implementar un mantenimiento preventivo a fin de mejorar la disponibilidad de la maquinaria, apoyándose en herramientas como lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, toma de tiempos y otros indicadores viables, para tener como resultado que la empresa gracias a la implementación incremento la disponibilidad de línea de un 0.893 a un 0.961 es decir creció en un 7.6%, por otra parte la mantenibilidad disminuyo en promedio en 0.26 horas/falla y la fiabilidad se incrementó en un 9.33 horas / falla por lo que concluye que la implementación del mantenimiento preventivo mejoraría la disponibilidad de los equipos y máquinas.

Según Meza y Guzman (2020) desarrollan una investigación sobre la aplicación de mantenimiento preventivo a efectos de incrementar la productividad en una compañía minera en los alrededores de Lima, cuyo

objetivo fue demostrar que la aplicación del mantenimiento preventivo en si aumenta la productividad en la compañía minera en mención, para lo cual realizo una investigación de enfoque cuantitativo de diseño descriptivo correlacional, pre experimental, trabajando una población de 30 equipos pesados, para lo cual llega a obtener unos resultados que demuestran que la disponibilidad de los equipos se incrementa en un 7.1% determinado en función a la eficiencia y eficacia, la productividad se incrementó en un 9.93% y la reducción de tiempos muertos en un 13.8% concluyendo que se determina que la implementación del mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos.

Según Sotomayor (2016) propone un plan de mantenimiento preventivo a efectos de poder optimizar el correcto desempeño de la maquinaria y equipo en una empresa del sector alimenticio y de esta manera poder mitigar los tiempos muertos en el área productiva, trazado el objetivo de proponer un plan asume también cuidar la calidad del producto a efectos de evitar fallas, deduce la razón de mejorar la vida útil de los equipos, teniendo en cuenta estas condiciones positivas redundando en una mejor competitividad para la empresa, representada en costos, ante lo cual obtiene los resultados en costos beneficio, tomando la referencia de los costos iniciales como 1'793,088 y pasando a 1'132.811 teniendo un costo beneficio de 660,227 y bajo expresión porcentual mejoro en un 47%, por lo que concluye que al lograr los objetivos como resultados positivos incrementara la productividad y mejorará la calidad

Según Fuentes (2015) en su tesis de pregrado para obtener el grado de ingeniero industrial se ocupa del mantenimiento de las máquinas de la compañía en estudio por la gran cantidad de problemas mecánicos que presentaban ocasionando tiempos muertos en la producción, en ese sentido su principal objetivo fue el de formular un plan de mantenimiento para ofrecer un servicio a las líneas de producción eficaz y eficiente y plantea desarrollar el mantenimiento preventivo en 4 etapas como políticas, manuales estandarizados, capacitación y control, obteniendo como resultado ahorros semestrales cuantificables donde obtiene como resultados un ahorro

mensual de 17 Kpen bajo un costo anual de 459 Kpen teniendo un costo beneficio de 44.84% concluyendo además que el prever los posibles problemas ayudaría a corregir a tiempo los problemas.

Dentro del marco teórico a continuación presentamos los antecedentes internacionales: Según Castillo (2018) en su trabajo de investigación sobre un modelo de gestión de mantenimiento para una planta de producción en Costa Rica, realiza una investigación de enfoque cuantitativo y tiene como objetivo principal diseñar un modelo de gestión en mantenimiento que se acople a la empresa e inclusive un objetivo específico basados en normas UNE-EN 15341, para estos efectos menciona que selecciono varios indicadores de la gestión del mantenimiento que se venía realizando y analiza los resultados comparándolos con los beneficios financiero que genera el modelo planteado encontrando que en un periodo de casi 5 meses bajo una tasa de retorno del 9% obtuvo un índice de deseabilidad del 2.12, con lo cual concluye que el modelo es viable

Según Zavala (2018) en su trabajo de investigación, su objetivo es diseñar un plan de mantenimiento preventivo que aplique principalmente la técnica RCM (Reliability Focused Maintenance) y otras herramientas como análisis de severidad, análisis funcional, mapas funcionales, árboles de error y análisis FMEA para la planta primaria Fuller. El enfoque de la investigación parte del hecho de que en la empresa minera Mantos Copper, Mantoverde, con frecuencia se aplica mantenimiento correctivo al molino primario Fuller, lo que afecta directamente el volumen, la producción y los costos de mantenimiento. Con base en los resultados obtenidos, el autor concluye que al realizar un estudio más completo de fallas del molino primario y proporcionar un plan de mantenimiento para evitar daños tales como: reemplazo del eje de extensión o reparación del barril, se puede ahorrar aceite lubricante. costos de reparación superiores a \$180,000 dólares, ya que estas son fallas que se pueden prevenir siguiendo un programa de mantenimiento semanal preciso

Castillo (2017) en su tesis plantea un plan de mantenimiento preventivo basado en el mantenimiento productivo total; en la compañía fruto de la

investigación, los equipos no tienen un plan de mantenimiento preventivo, lo que lleva a una deficiencia de gestión de mantenimiento para acondicionadores de aire, equipos de transporte y generadores, que se consideran importantes en las instalaciones de construcción. Los trabajos se ejecutan de acuerdo con el esquema de solución de 3 pasos, que tiene como objetivo reunir y satisfacer los objetivos mejorados, comenzando con el diagnóstico de equipos, gracias a la identidad y la descripción de los necesarios. Dando paso al análisis de factores importantes correspondientes al proceso de mantenimiento, creando así indicadores de rendimiento completo para un monitoreo efectivo. Al final de la investigación, firmó la importancia de los conocimientos de TPM (producción general de mantenimiento) solo de acuerdo con las órdenes altas en los empleados que detectan algo inusual en los equipos. Además, con la implementación de planes de mantenimiento preventivo, los errores deben reducirse sobre el equipo y el mantenimiento superado al reducir los costos y aumentar las ganancias sociales lo cual se logra según los resultados en un 67% y enfatiza la importancia de tener procedimientos para implementar planes de mantenimiento, ya que establecieron instrucciones para seguir a los responsables de hacerlo, ya sea interno o externo, pueden medir mezclar sus resultados, así como la importancia de tener indicadores para monitorear la prevención y la verificación de planes que cumple con los objetivos.

Según Montoya (2017) el desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la empresa en estudio es debido a la falta de control y supervisión adecuados sobre las máquinas utilizadas en la producción e instalación de estructuras metálicas y debido a la falta de capacitación del personal, mala organización y mala gestión del equipo; todo lo anterior ha derivado en una baja eficiencia y baja eficiencia de los equipos, traduciéndose en altos costos por averías, paradas de producción y reducción de la vida útil de las máquinas por la ausencia de información confiable sobre el estado de los equipos y el cumplimiento del mantenimiento y otras ocupaciones. La metodología para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo se basa en la elaboración de especificaciones de equipos críticos, seleccionados por los gerentes de producción y administrativos de los procesos con la ayuda

del operador que tenía un mejor conocimiento del uso de las máquinas, distribuyó las máquinas por el layout de la planta e inventariar y sistematizar los equipos importantes para una mejor gobernabilidad. En los resultados encontró que en 108 actividades detectó que un 35% de los equipos están en una situación crítica y otro 65% no cuentan con respaldo o garantía vigente, después de elaborar un plan de mantenimiento preventivo para equipos críticos, concluye que el equipo tiene el potencial de interrumpir la producción, causar paradas y pérdidas de tiempo, y el mantenimiento diseñado según lo programado, la empresa tendrá un mayor control sobre su producción asegurando la calidad de sus productos, estima lograr un avance del 62% de eficiencia.

Según Pargar et al (2017) en su artículo “Integrated Scheduling of Preventive Maintenance and Renewal Project for Multiunit Systems with Grouping and Balancing, desarrolla un método para programar mantenimiento preventivo, para lo cual se basa en un método numérico tomando datos de sensibilidad en el mantenimiento que se realizan en la línea férrea, redes de distribución eléctrica y líneas de traslado vía tuberías. Los resultados obtenidos del experimento muestran que se puede optimizar mediante el modelo los costes si se aplica un modelo de gestión del mantenimiento, un estudio de caso para el mantenimiento de la vía del tren muestra que el uso de nuestro enfoque integrado reduce los costes de mantenimiento y renovación de hasta un 14% en el caso de las tuberías fue de un 16% y para las líneas eléctricas de un 13% comparación con el enfoque basado en hojas de cálculo utilizadas anteriormente. Concluye que los resultados experimentales muestran un enfoque integrado de optimización respaldado por la reducción del coste en los trabajos preparatorios a través de la programación adecuada.

A continuación, presentamos las teorías relacionadas al trabajo de investigación:

Mantenimiento Industrial

El mantenimiento industrial se define como un conjunto de procedimientos realizados para dialogar en óptimas condiciones de servicio con los equipos, maquinarias e instalaciones de una planta, asegurando el buen funcionamiento de la producción Industrial (Herrera, 2017).

El mantenimiento comenzó con la revolución industrial, cuando los procesos comenzaron a demandar un mejor desempeño, donde las tareas se volvieron más complejas, requiriendo una organización y recursos especiales, en un momento en que la tarea es básicamente arreglar. Después de la Segunda Guerra Mundial, nació el concepto de confiabilidad, lo que implica que el propósito del mantenimiento va desde resolver problemas hasta evitar que sucedan (Medrano et al, 2017).

En la actualidad, las actividades de mantenimiento se enfocan en realizar estudios de equipos y procesos susceptibles de fallar, aplicar técnicas estadísticas, métodos de medición, gestión económica de procedimientos, integración multiservicio, entre otros, lo que permite planificar adecuadamente tareas y recursos. para evitar averías o cortes de producción (Fernández et al 2016).

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el proceso de restauración de maquinaria o equipo a un estado de funcionamiento con la máxima eficiencia (Fayesi et al 2021).

El mantenimiento correctivo, cumple su función durante la fabricación o durante la instalación en la que se utiliza (Rajagopal y Xavier, 2016).

Al ser una acción reactiva, este tipo de mantenimiento se basa en la idea de reparar problemas, arreglar problemas que aparecen de repente, siempre que el operador o usuario noten una anomalía en el proceso de uso, tales como: reducción de la productividad, signos de falla, vibraciones o ruidos inusuales.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia de mantenimiento simple y común. Tiene como finalidad ampliar la vida útil de una maquina o equipo, ser un soporte para la producción y generar mejoras en los costos de mantenimiento. No se esperará a que el equipo o maquina falle para cambiar algún insumo como el aceite por ejemplo en el caso de lubricación (Fornés et al, 2016).

En resumen, el mantenimiento que se realiza con periodicidad para minimizar la posibilidad de fallas lo llamamos mantenimiento preventivo.

Es también conocido como mantenimiento planificado o preventivo, el mantenimiento preventivo se realiza durante las condiciones normales de operación de la propiedad.

El ayudar a evitar fallas que aparecen de repente y las consecuencias, como el tiempo de parada de una línea no planificada. El mantenimiento preventivo no se basa en el estado de la máquina (Días, 2016).

En cambio, se basa en la recomendación de un productor de contenido o en el ciclo de vida promedio de los activos.

El mantenimiento programado de las instalaciones significa que ciertas tareas de mantenimiento se realizan cuando no son realmente necesarias (Fornés et al, 2016).

También se puede planificar un presupuesto para asegurar el correcto funcionamiento de las maquinas o equipos, realizado de forma sistemática, el mantenimiento preventivo puede ayudar a su organización a evitar costosos tiempos de inactividad y averías (Fernández et al 2016).

Mantenibilidad

La mantenibilidad se puede definir como la expectativa de que los equipos o sistemas puedan ponerse en marcha dentro de un cierto período de tiempo, cuando la acción de mantenimiento se realiza de acuerdo con los procedimientos especificados. En términos probabilísticos, define la mantenibilidad como “la probabilidad de restablecer las condiciones de operación de un sistema específico, dentro del tiempo deseado, cuando el

mantenimiento se realiza en condiciones definidas, antes y con medios predeterminados”. O simplemente “la probabilidad de que un dispositivo dañado sea reparado en un tiempo dado (Lagunes, 2017).

Plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento es un conjunto de tareas preventivas realizadas durante la instalación para cumplir con los objetivos de disponibilidad, confiabilidad y costo, y con el objetivo final de aumentar la vida útil del sistema en tantas instalaciones como sea posible. Hay al menos tres formas de desarrollar un plan de mantenimiento, es decir, definir todas las tareas preventivas que se realizarán durante una instalación: en base a las recomendaciones del fabricante, en base a protocolos comunes o en base a Analizar daños potenciales (Díaz, 2016).

Es la planeación de intervención de la máquina para la conservación de ella mediante la realización de una reparación que garantice su buen funcionamiento y fiabilidad, antes de una avería (Rosales et al 2015).

Disponibilidad de la línea

La disponibilidad de la línea viene a ser uno de los principales patrones de comportamiento medible en las maquinas o equipos, aporta las pautas que se puedan requerir para definir un curso de acción de mantenimiento y determinar las acciones para optimizar los recursos en las líneas de producción (Quispe, 2019).

Gestión de equipos

Es aquella que lleva la información de los equipos en funcionamiento en una línea, debiendo organizar la información de estos, su ficha técnica, durabilidad, recomendaciones de los fabricantes en suministro y cambios de insumos como sus recomendaciones de mantenimiento (Osarenmwinda, y Okorie, 2018).

Los equipos pueden ordenarse por su ubicación, por su campo de actividad, por pertenecer a un determinado sistema o subproceso, por uso, por importancia, según su costo, entre otros (Herrera, 2017).

Una empresa puede tener una o más plantas de manufactura, cada una de las cuales puede tener diferentes áreas o áreas funcionales, de igual forma, cada región puede tener un responsable de la instalación, infraestructura y elementos, ya que cada gerente de área o departamento será responsable de manteniendo su inventario al día (García et al, 2016).

La gestión también incluye conocer la vida útil de cada equipo desde que ingresa a la fábrica hasta que sale de la fábrica, conocer todas las tareas y cambios que se le han hecho a cada equipo; cabe señalar que cada dispositivo debe tener un identificador que lo haga único a la vez que lo vincule a familias de dispositivos con características similares (Rosales et al, 2015).

Los equipos se pueden identificar a través de un formulario estandarizado que contiene información sobre ellos, cuanto más detallada mejor información para la toma de decisiones (Havrysh, 2020).

Gestión de fallas

Es aquella que lleva un control y registro de los desperfectos que tiene las maquinas o equipos en una línea de producción, a razón de determinar las acciones correctivas, preventivas o predictivas en la gestión del mantenimiento (Quispe, 2019).

Es necesario gestionar las fallas a través de una metodología que permita aprender de experiencias pasadas, a través del registro y análisis de fallas posteriores (Herrera, 2017).

La metodología de trabajo es la creación de listas de ayuda al diagnóstico, en las que se detallan los síntomas del problema, sus (probables) causas y las soluciones adoptadas. Los costos económicos asociados con las fallas también deben ser parte del paquete de divulgación (Anderson et al, 2021).

A través del análisis de Fallas, es posible encontrar las causas de las fallas en los equipos, para luego evaluar la forma adecuada de prevenir su recurrencia (Arata y Furlaneto, 2016).

Con la importancia de identificar correctamente las causas de las fallas, para prevenir su recurrencia un FMEA (Failure Methods and Effects Análisis).

Evaluación de las consecuencias derivadas de diferentes modos de falla, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de la falla, su severidad y la probabilidad de que, cuando ocurra la falla, no sea detectada a tiempo.

Porcentaje de disponibilidad

Es aquel que se entiende como el lapso en el cual los equipos o maquinas estuvieron produciendo bajo una programación determinada, es decir lo que realmente se produjo y en los tiempos utilizados descontado los tiempos utilizados en el mantenimiento preventivo y de preparación, además de ello se debe considerar los tiempos perdidos por fallas, averías o factor humano (Díaz, 2016).

Porcentaje de rendimiento

En las disponibilidades de las líneas de producción deben medirse los factores de rendimientos de los equipos para así poder tener una proyección de la disponibilidad de esta si así se requiere, hay varias formas de medir las maquinas o equipos, siendo una de ellas la relación de una producción estándar contra una producción en tiempo real (Díaz, 2016).

Eficiencia

Es la cantidad o extensión de los recursos que una empresa utiliza para planificar el trabajo y producir un producto, el recurso utilizado es importante para lograr una alta eficiencia, la mejor manera de producir lo que se pretende es con el mínimo esfuerzo y al reducir los costos es una mejora en la utilización de los recursos que se utilizarán (Andrade, 2015).

Eficacia

Tiene una habilidad definida para alcanzar metas en el menor tiempo posible, medir metas y establecer metas a alcanzar, factibilidad calculada para lograr resultados. Es el nexo entre lo que se produce y las metas que nos proponemos desarrollar (Andrade, 2015).

Tiempo Muerto o inactividad

Es aquella actividad que dentro de la industria por algún motivo no previsto se produce una paralización de la línea de producción, ha espera de ser resuelta lo antes posible para la continuación de lo planeado (Garcés y Castrillón, 2017).

El tiempo muerto o también llamado de inactividad es aquel momento en que no se realiza un trabajo útil. De acuerdo con este punto de vista, el tiempo total de trabajo de un trabajador tiene dos componentes: el contenido del trabajo y el tiempo de inactividad (Pérez et al, 2011).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación trata sobre un problema existente como es la de carecer de un mantenimiento preventivo y para atenderlo o solucionarlos recurrimos a teorías y experiencias existentes por ende es de tipo aplicada. En este sentido toda investigación basada en hechos reales y se recurre a teorías existentes para desarrollar los resultados es de tipo aplicada (Fernandez-Garcia et al, 2015).

Además de ello es de enfoque cuantitativo puesto que nos basamos en información numérica, medible y contable que reporta el área de producción y también de mantenimiento. El enfoque cuantitativo es secuencial, conteniendo etapas ordenadas y con manejos numéricos para fines probatorios (Hernández et al, 2018).

3.1.2. Diseño de investigación

Es de diseño pre experimental con pre y post test dado que realizó un análisis de la situación actual, tomando información histórica existente sobre la problemática para poder realizar la aplicación de mejora y además de ello debemos sujetarnos a las políticas de la empresa motivo del estudio. El diseño pre experimental estudia el impacto en los procesos en situaciones que no son del todo aleatorios y que inclusive vienen impuestas por la organización (Fernandez-Garcia et al, 2015).

3.2. Variables y operacionalización

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO” (variable independiente)

Definición conceptual

Es la planeación la cual a través de la gestión en equipos de las maquinas o estructuras y demás atendibles para su conservación se toman las previsiones para garantizar su buen funcionamiento y fiabilidad, antes de una avería y también se analiza a través de la gestión de fallas (Díaz, 2016).

Definición operacional

Es la planeación la cual a través de la gestión en equipos de las maquinas o estructuras y demás atendibles para su conservación se toman las previsiones para garantizar su buen funcionamiento y fiabilidad, antes de una avería y también se analiza a través de la gestión de fallas.

Dimensiones

Dimensión 1: Gestión de equipos

Es aquella que lleva la información de los equipos en funcionamiento en una línea, debiendo organizar la información de estos, su ficha técnica, durabilidad, recomendaciones de los fabricantes en suministro y cambios de insumos como sus recomendaciones de mantenimiento (Osarenmwinda, y Okorie, 2018).

Dimensión 2: Gestión de fallas

Es aquella que lleva un control y registro de los desperfectos que tiene las maquinas o equipos en una línea de producción, a razón de determinar las acciones correctivas, preventivas o predictivas en la gestión del mantenimiento (Quispe, 2019).

Indicadores

Indicador 1: Porcentaje de cumplimiento planificado

$$\frac{N^{\circ} \text{ Ord. terminadas en fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}} * 100$$

Indicador II: Porcentaje de averías

$$\frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por averia}}{N^{\circ} \text{ de averías}} * 100$$

La escala de medición que se empleó para el análisis de los datos es la razón.

“DISPONIBILIDAD” (variable dependiente)

Definición conceptual

La disponibilidad de la línea está sujeta a sus horas de capacidad de producir y también con la inactividad que es aquel momento en que no se realiza un trabajo útil. De acuerdo con este punto de vista, el tiempo total de trabajo de un trabajador tiene dos componentes: el contenido del trabajo y el tiempo de inactividad (Quispe, 2019).

Definición operacional

La disponibilidad de la línea viene a ser uno de los principales patrones de comportamiento medible en las maquinas o equipos, aporta las pautas que se puedan requerir para definir un curso de acción de mantenimiento y determinar las acciones para optimizar los recursos en las líneas de producción, para ello se debe tener en cuenta factores de producción con lo programado y tiempos para las razones de disponibilidad y rendimiento.

Dimensiones

Dimensión 1: Programación

La programación como parte de las actividades del mantenimiento preventivo permite conocer el estado actual de las máquinas o equipos

por medio de los registros de planificación y control, y la ejecución de las tareas preventivas en el momento preciso (Mora, 2017).

Dimensión 2: Rendimiento

En las disponibilidades de las líneas de producción deben medirse los factores de rendimientos de los equipos para así poder tener una proyección de la disponibilidad de esta si así se requiere, hay varias formas de medir las maquinas o equipos, siendo una de ellas la relación de una producción estándar contra una producción en tiempo real (Díaz, 2016).

Indicadores

Indicador 1: Porcentaje de programación

$$\frac{\textit{Tiempo de producción}}{\textit{Tiempo programado}} * 100$$

Indicador 2: Porcentaje de rendimiento

$$\frac{\textit{Tiempo de producción estándar}}{\textit{Tiempo de eproducción real}} * 100$$

La escala de medición que se empleó para el análisis de los datos es la razón.

La matriz de operacionalización de variables se encuentra en el Anexo N°01.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población está definida por la cantidad de máquinas y equipos intervinientes en la línea de piedra chancada del proceso productivo de donde se obtendrán la información de inactividad principalmente ocasionado por fallas.

Las maquinas principales que definen cada línea de producción serían las chancadoras, por lo que nuestra población estaría compuesta por 04 líneas de producción, las mismas que se encuentran definidas en nuestra parte introductoria.

Tabla 2. Población de maquinarias

| Maquinaria | Cantidad |
|--|-----------------|
| Chancadora para el circuito primario | 01 |
| Chancadora para el circuito secundario | 01 |
| Chancadoras para el circuito terciario | 02 |
| Conos alimentadores tipos tolva | 04 |
| Fajas transportadoras | 08 |
| Zarandas vibradoras | 04 |

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Muestra

Definida como parte de un todo de la población a cuál sirve para estimar en forma aleatoria o definida un resultado cercano a lo indicado por la población (Hernández et al, 2018).

En nuestro caso como muestra se consideró el total de los datos reportados por la población, seria de tipo censal.

3.3.3. Muestreo

Para nuestra investigación el muestreo está definido por conveniencia, dado que contamos con datos históricos y también en caso de ser un piloto son observables y tomados en su totalidad por ende seria no probabilístico.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Técnica

La técnica de recolección de datos es la del análisis documental, dado que se cuenta con reporte de órdenes de trabajo, de paradas de línea,

de conceptos por los cuales fueron las paradas, se puede contrastar con órdenes de servicio. La técnica de recolección y análisis de datos se basa en varios parámetros e instrumentos según la naturaleza de la investigación para el logro de sus fines (Arnesto, 2012).

También se utilizó la observación, viendo el proceso in situ, desarrollo real del chancado de la piedra, funcionamiento de las principales maquinas como la chancadora, Zaranda y transportadoras.

Instrumento

Los instrumentos utilizados fueron las ficha de recolección de datos en el área de operaciones descartadas de la información registrada, por otra parte se utilizó el apoyo de software como hoja de cálculo para el manejo de la información, archivos digitales para el acopio y ordenamiento de la información y el uso de SPSS para el manejo de la estadística y resultados. El detalle de los instrumentos empleados para el registro y almacenamiento de la data se muestran a continuación:

| | |
|--|--------------|
| Ficha de evaluación de la gestión de equipos | (Anexo 03-1) |
| Ficha de evaluación de la gestión de fallas | (Anexo 03-2) |
| Ficha de evaluación de la programación | (Anexo 03-3) |
| Ficha de evaluación del rendimiento | (Anexo 03-4) |

Validez

La validez es aquella que mediante una técnica o procedimiento permite medir de manera correcta y efectiva lo que se ha propuesto medir (Sánchez et al, 2018).

En el presente trabajo, se desarrollaron los instrumentos y fueron puesto en consulta con expertos para su recomendación, observaciones y aprobación, siendo estos validados en su calidad de juicio de expertos,

como consta en el anexo correspondiente en los formatos debidamente firmados por 3 jueces expertos.

Tabla 3. Jueces expertos validadores

| EXPERTO | RESULTADO |
|-----------------------------------|------------------|
| Mg. Ing. Romel Darío Bazán Robles | Aprobado |
| Mg. Ing. Melanie Baldeón Montalvo | Aprobado |
| Mg. Ing. Roberto Farfán Martínez | Aprobado |

Fuente: Elaboración propia

Los formatos de la validación de los instrumentos por medio del juicio de expertos se presentan en el Anexo 04.

Confiabilidad

Un instrumento cuenta con la confiabilidad cuando sus mediciones son precisas, se pueden realizar varias pruebas y sus determinaciones generan siempre los mismos resultados (Sánchez et al, 2018).

Para el caso de la presente investigación, los instrumentos empleados poseen un grado significativo de confiabilidad, debido a que fueron construidos tomando como base a estudios y bases teóricas de autores que actualmente cuentan con un gran reconocimiento y aceptación dentro del campo de la ingeniería; además, que los instrumentos fueron evaluados por los expertos mencionados en la Tabla 3. Por lo cual, no fue indispensable ejecutar el cálculo de la confiabilidad.

3.5. Procedimientos

Para iniciar con las actividades de procedimientos, se procedió con la consolidación de la información general de la empresa donde se desarrolló el presente estudio, la cual se muestra a continuación:

Nombre: SOCIEDAD MINERA DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
MINERA DE LA CONSTRUCCIÓN

N° RUC: 20452573122

La empresa en estudio se dedica a las actividades de extracción otros minerales de tipo metalíferos. Comenzó con sus operaciones el 12 de julio del 2007.

Para fines de la presente investigación, se consideró los procesos de mantenimiento que se desarrollan en la línea de piedra chancada para agregados de construcción.

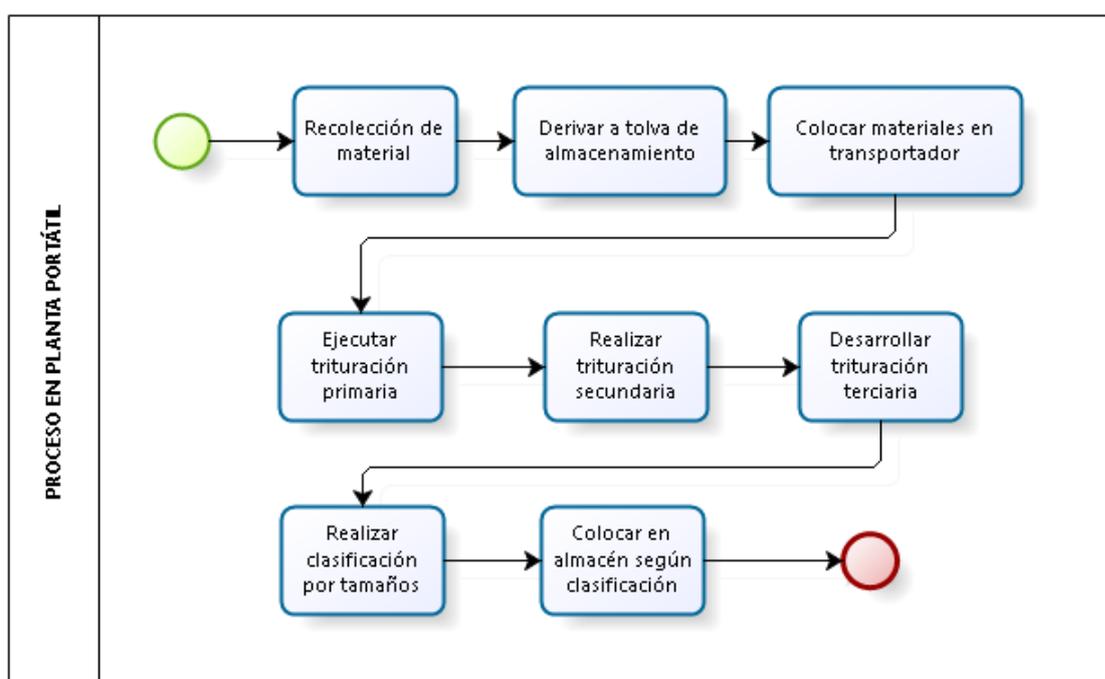


Figura 3. Diagrama de flujo (1)

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3, nos permite apreciar el diagrama de flujo del proceso de chancado de piedra para construcción, realizado en un planta portátil.

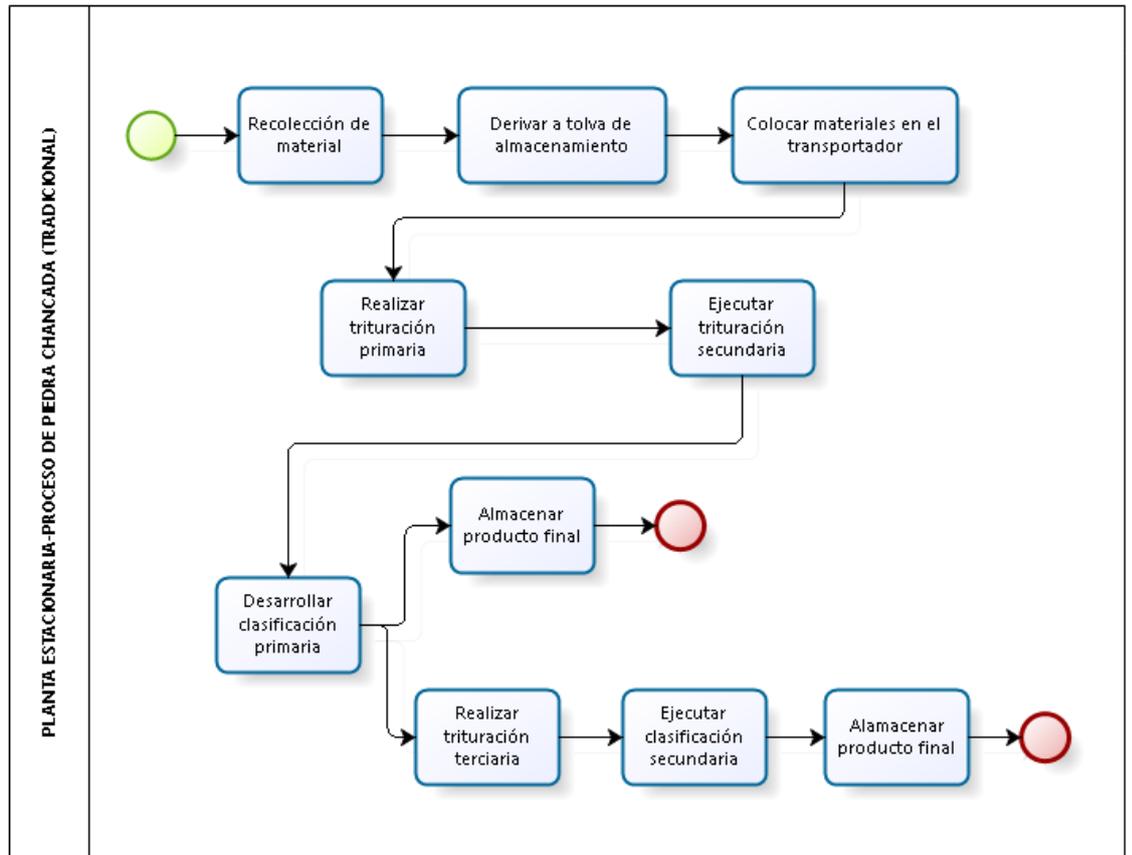


Figura 4. Diagrama de flujo (2)

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4, nos presenta el diagrama de flujo del proceso de obtención de la piedra chancada, realizado en la planta estacionaria. Este proceso que se muestra se realiza de manera tradicional.

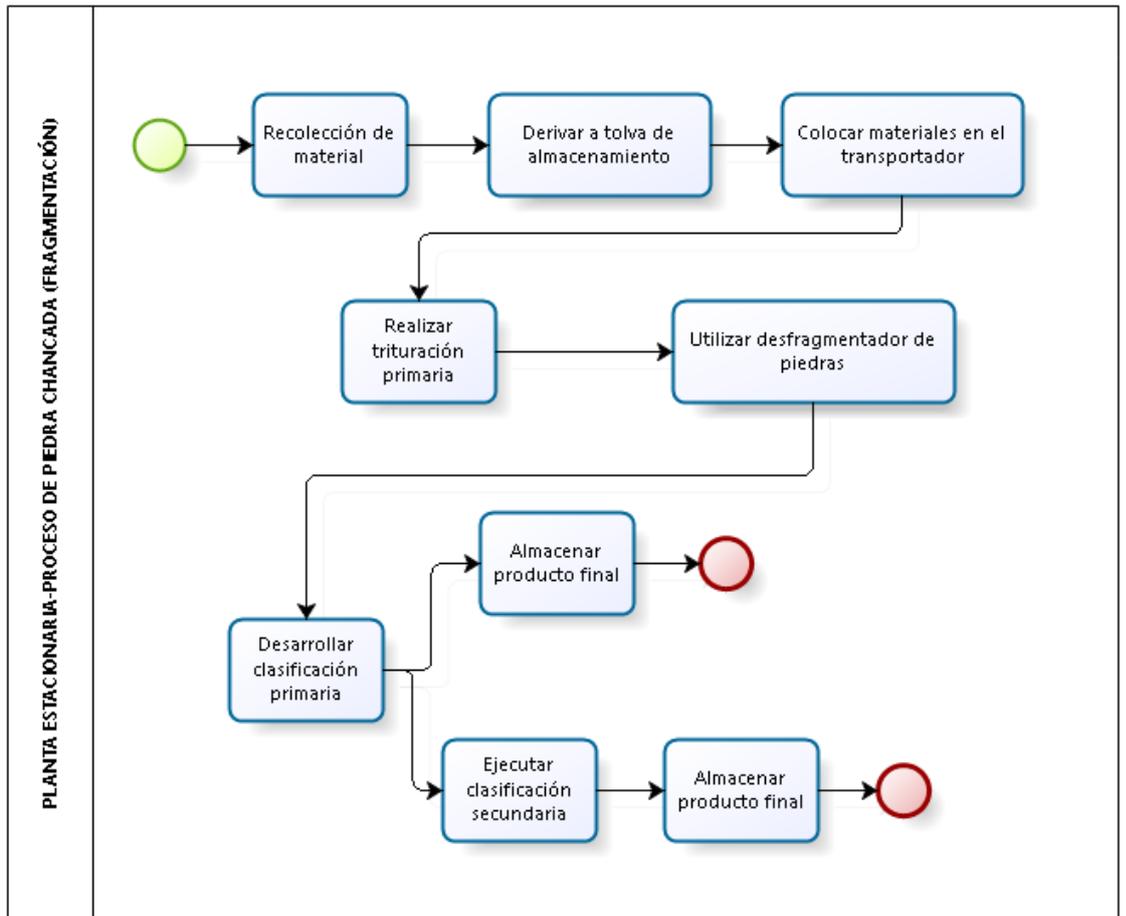


Figura 5. Diagrama de flujo (3)

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la Figura 5, es posible apreciar las actividades que se ejecutan dentro del proceso de obtención de piedra chancada en la planta estacionaria, por medio del proceso de fragmentación.

Análisis inicial de datos PRE – TEST

En esta parte del desarrollo del presente estudio, se muestra la recolección de información inicial realizada con relación a los indicadores y dimensiones de las variables en estudio. Este proceso se ejecutó en el periodo de enero a febrero del 2022. La información obtenida se para la variable independiente “**Mantenimiento preventivo**” se muestra a continuación:

Dimensión 1: Gestión de equipos

El resultado de la recopilación de la data relacionada a esta dimensión fue la siguiente:

Tabla 4. Resultados del pre - test de la dimensión "gestión de equipos"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE DIMENSIÓN GESTIÓN DE EQUIPOS | | | | |
|--|------------|---|--|--|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | PRE TEST | | |
| PERIODO | | ENERO 2022 - FEBRERO 2022 | | |
| INDICADOR | | Porcentaje de cumplimiento planificado | | |
| | | $\frac{N^{\circ} \text{ Ord. terminadas en fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}} * 100$ | | |
| Mes | Fecha | N° de órdenes totales | N° de órdenes terminadas en la fecha planificada | Porcentaje de cumplimiento planificado |
| ENERO | 5/01/2022 | 4 | 2 | 50.00% |
| | 8/01/2022 | 3 | 1 | 33.33% |
| | 12/01/2022 | 2 | 1 | 50.00% |
| | 15/01/2022 | 4 | 3 | 75.00% |
| | 19/01/2022 | 3 | 1 | 33.33% |
| | 22/01/2022 | 2 | 1 | 50.00% |
| | 26/01/2022 | 6 | 4 | 66.67% |
| | 29/01/2022 | 4 | 2 | 50.00% |
| FEBRERO | 2/02/2022 | 4 | 1 | 25.00% |
| | 5/02/2022 | 5 | 3 | 60.00% |
| | 9/02/2022 | 3 | 2 | 66.67% |

| | | | | |
|---------------------------------|------------|---|---|---------------|
| | 12/02/2022 | 6 | 3 | 50.00% |
| | 16/02/2022 | 4 | 3 | 75.00% |
| | 19/02/2022 | 2 | 1 | 50.00% |
| | 26/02/2022 | 4 | 1 | 25.00% |
| | 24/02/2022 | 6 | 4 | 66.67% |
| Resultado total promedio | | | | 51.67% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de pre – test para la dimensión “Gestión de equipos”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó el número de ordenes terminadas en la fecha planificada en contraste con el número de ordenes totales. Obteniendo como resultado promedio del indicador “Porcentaje de cumplimiento planificado” un 51.67%.

Dimensión 2: Gestión de fallas

El resultado de la recopilación de la data relacionada a esta dimensión fue la siguiente:

Tabla 5. Resultados del pre - test de la dimensión "gestión de fallas"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE DIMENSIÓN GESTIÓN DE FALLAS | | | | |
|---|-------|--|---------------|-----------------------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | PRE TEST | | |
| PERIODO | | ENERO 2022 - FEBRERO 2022 | | |
| INDICADOR | | Porcentaje de averías | | |
| | | $\frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}} * 100$ | | |
| Mes | Fecha | N° de horas de paro por avería | N° de averías | Porcentaje de averías |

| | | | | |
|---------------------------------|------------|-----|---|---------------|
| ENERO | 5/01/2022 | 3.2 | 4 | 80.00% |
| | 8/01/2022 | 5.3 | 6 | 88.33% |
| | 12/01/2022 | 4.4 | 5 | 88.00% |
| | 15/01/2022 | 2.2 | 3 | 73.33% |
| | 19/01/2022 | 4.5 | 7 | 64.29% |
| | 22/01/2022 | 3.5 | 4 | 87.50% |
| | 26/01/2022 | 2.5 | 3 | 83.33% |
| | 29/01/2022 | 3.8 | 5 | 76.00% |
| FEBRERO | 2/02/2022 | 4.3 | 5 | 86.00% |
| | 5/02/2022 | 4.6 | 7 | 65.71% |
| | 9/02/2022 | 2.7 | 3 | 90.00% |
| | 12/02/2022 | 4.5 | 8 | 56.25% |
| | 16/02/2022 | 4.1 | 6 | 68.33% |
| | 19/02/2022 | 3.9 | 5 | 78.00% |
| | 26/02/2022 | 5.5 | 8 | 68.75% |
| | 24/02/2022 | 3.8 | 4 | 95.00% |
| Resultado total promedio | | | | 78.05% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de pre – test para la dimensión “Gestión de fallas”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó el número de horas de paro por averías en contraste con el número de averías. Obteniendo como resultado promedio del indicador “Porcentaje de averías” un 78.05%.

La información obtenida se para la variable dependiente “**Disponibilidad**” se muestra a continuación:

Dimensión 1: Programación

El resultado de la recopilación de la data relacionada a esta dimensión fue la siguiente:

Tabla 6. Resultados del pre - test de la dimensión "programación"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE DIMENSIÓN PROGRAMACIÓN | | | | |
|--|------------|--|-------------------|----------------------------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | PRE TEST | | |
| PERIODO | | ENERO 2022 - FEBRERO 2022 | | |
| INDICADOR | | Porcentaje de programación | | |
| | | $\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Tiempo programado}} * 100$ | | |
| Mes | Fecha | Tiempo de producción | Tiempo programado | Porcentaje de programación |
| ENERO | 5/01/2022 | 119 | 192 | 61.98% |
| | 8/01/2022 | 105 | 192 | 54.69% |
| | 12/01/2022 | 123 | 192 | 64.06% |
| | 15/01/2022 | 102 | 192 | 53.13% |
| | 19/01/2022 | 119 | 192 | 61.98% |
| | 22/01/2022 | 99 | 192 | 51.56% |
| | 26/01/2022 | 117 | 192 | 60.94% |
| | 29/01/2022 | 132 | 192 | 68.75% |
| FEBRERO | 2/02/2022 | 98 | 192 | 51.04% |
| | 5/02/2022 | 110 | 192 | 57.29% |
| | 9/02/2022 | 122 | 192 | 63.54% |
| | 12/02/2022 | 133 | 192 | 69.27% |
| | 16/02/2022 | 118 | 192 | 61.46% |
| | 19/02/2022 | 106 | 192 | 55.21% |
| | 26/02/2022 | 120 | 192 | 62.50% |
| | 24/02/2022 | 127 | 192 | 66.15% |
| Resultado total promedio | | | | 60.22% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de pre – test para la dimensión “Programación”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó el tiempo de producción en

contraste con el tiempo programado. Obteniendo como resultado promedio del indicador “Porcentaje de programación” un 60.22%.

Dimensión 2: Rendimiento

El resultado de la recopilación de la data relacionada a esta dimensión fue la siguiente:

Tabla 7. Resultados del pre - test de la dimensión "rendimiento"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE DIMENSIÓN RENDIMIENTO | | | | |
|---|------------|--|---------------------------|---------------------------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | PRE TEST | | |
| PERIODO | | ENERO 2022 - FEBRERO 2022 | | |
| INDICADOR | | Porcentaje de rendimiento | | |
| | | $\frac{\text{Tiempo de producción estándar}}{\text{Tiempo de eproducción real}} * 100$ | | |
| Mes | Fecha | Tiempo de producción estándar | Tiempo de producción real | Porcentaje de rendimiento |
| ENERO | 5/01/2022 | 192 | 253 | 75.89% |
| | 8/01/2022 | 192 | 247 | 77.73% |
| | 12/01/2022 | 192 | 275 | 69.82% |
| | 15/01/2022 | 192 | 259 | 74.13% |
| | 19/01/2022 | 192 | 279 | 68.82% |
| | 22/01/2022 | 192 | 250 | 76.80% |
| | 26/01/2022 | 192 | 261 | 73.56% |
| | 29/01/2022 | 192 | 242 | 79.34% |
| FEBRERO | 2/02/2022 | 192 | 278 | 69.06% |
| | 5/02/2022 | 192 | 262 | 73.28% |
| | 9/02/2022 | 192 | 276 | 69.57% |
| | 12/02/2022 | 192 | 244 | 78.69% |
| | 16/02/2022 | 192 | 251 | 76.49% |
| | 19/02/2022 | 192 | 277 | 69.31% |
| | 26/02/2022 | 192 | 249 | 77.11% |
| | 24/02/2022 | 192 | 241 | 79.67% |
| Resultado total promedio | | | | 74.33% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de pre – test para la dimensión “Rendimiento”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó el tiempo de producción estándar en contraste con el tiempo de producción real. Obteniendo como resultado promedio del indicador “Porcentaje de rendimiento” un 74.33%.

DISPONIBILIDAD (POST – TEST)

Tabla 8. Resultados del pre - test de la "Disponibilidad"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA DISPONIBILIDAD | | | | |
|---|------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | PRE TEST | | |
| PERIODO | | ENERO 2022 - FEBRERO 2022 | | |
| Mes | Fecha | Porcentaje de programación | Porcentaje de rendimiento | DISPONIBILIDAD |
| ENERO | 5/01/2022 | 61.98% | 75.89% | 68.93% |
| | 8/01/2022 | 54.69% | 77.73% | 66.21% |
| | 12/01/2022 | 64.06% | 69.82% | 66.94% |
| | 15/01/2022 | 53.13% | 74.13% | 63.63% |
| | 19/01/2022 | 61.98% | 68.82% | 65.40% |
| | 22/01/2022 | 51.56% | 76.80% | 64.18% |
| | 26/01/2022 | 60.94% | 73.56% | 67.25% |
| | 29/01/2022 | 68.75% | 79.34% | 74.04% |
| FEBRERO | 2/02/2022 | 51.04% | 69.06% | 60.05% |
| | 5/02/2022 | 57.29% | 73.28% | 65.29% |
| | 9/02/2022 | 63.54% | 69.57% | 66.55% |
| | 12/02/2022 | 69.27% | 78.69% | 73.98% |
| | 16/02/2022 | 61.46% | 76.49% | 68.98% |
| | 19/02/2022 | 55.21% | 69.31% | 62.26% |
| | 26/02/2022 | 62.50% | 77.11% | 69.80% |
| | 24/02/2022 | 66.15% | 79.67% | 72.91% |
| Resultado total promedio | | 60.22% | 74.33% | 67.28% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de pre – test para la dimensión “Rendimiento”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó la “programación” y el “rendimiento”. Obteniendo como resultado promedio de la variable “Disponibilidad” un 67.28%.

Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo

A partir de la información recabada en el PRE – TEST fue posible conocer y analizar la gestión de los equipos, la gestión de fallas, la programación, rendimiento y el estado de las siguientes máquinas:

Chancadora para el circuito primario (01 unidad).

Chancadora para el circuito secundario (01 unidad).

Chancadoras para el circuito terciario (02 unidades).

Conos alimentadores tipos tolva (04 unidades).

Fajas transportadoras (08 unidades).

Zarandas vibradoras (04 unidades).

Permitiéndonos así, organizar las actividades que posibilitarán la ejecución del “Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022”, dicha actividades se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Cronograma

| CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------|------------|-------|-------------|-------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | | | | |
| ÁREA | | OPERACIONES | | | | | |
| N° | ACTIVIDAD | 2022 | | | | | |
| | | PRE - TEST | | DESARROLLO | | POST - TEST | |
| | | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO |
| 1 | Recopilación de información inicial | | | | | | |
| 2 | Comunicado de inicio de actividades | | | | | | |
| 3 | Conformación del equipo de trabajo | | | | | | |
| 4 | Capacitación al equipo de trabajo | | | | | | |
| 5 | Diseño del plan | | | | | | |
| 6 | Capacitación al personal | | | | | | |
| 7 | Implementación del plan | | | | | | |
| 8 | Recopilación de información final | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la Tabla 9, se muestran las actividades que se desarrollaron como parte de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa en estudio. La cual está integrada por 8 actividades, el desarrollo de cada una de estas se presenta a continuación:

Actividad 1: Recopilación de información inicial

El proceso de recopilación de datos iniciales (antes de la aplicación del mantenimiento preventivo) comprendió el periodo de enero a febrero 2022. Donde los resultados alcanzados se muestran a continuación:

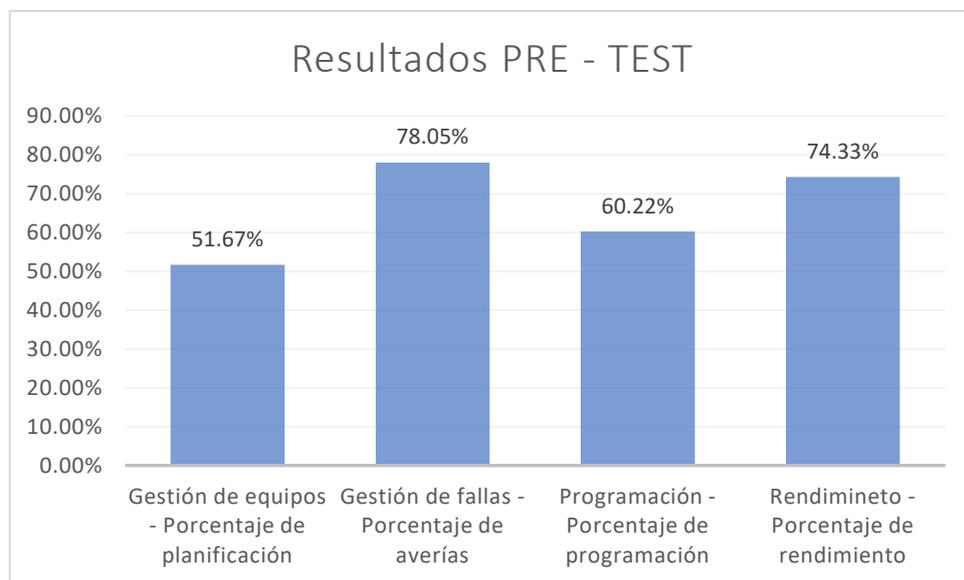


Figura 6. Resultado Pre – Test

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6, nos presenta la consolidación de los resultados obtenidos en el PRE – TEST, donde el porcentaje promedio de planificación fue del 51.67%, el porcentaje promedio de averías fue del 78.05%, el porcentaje promedio de programación fue del 60.22% y el porcentaje promedio de rendimiento fue del 74.33%.

Actividad 2: Comunicado de inicio de actividades

Habiendo tomado la decisión la organización de mejorar la disponibilidad de las máquinas de la línea de piedra chancada a través de la aplicación

del mantenimiento preventivo, se emitió un comunicado dirigido a los trabajadores de la empresa a fin de contar con su soporte y apoyo durante el desarrollo de este proceso.

Actividad 3: Conformación del equipo de trabajo

El equipo de trabajo presentó la siguiente estructura:

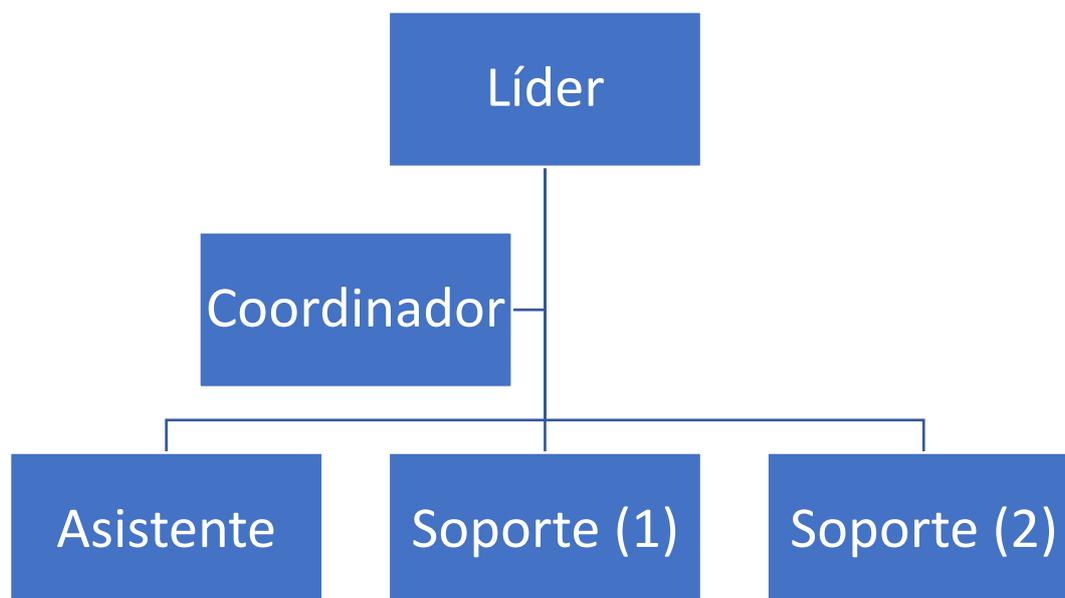


Figura 7. Organigrama del equipo de trabajo

Fuente: Elaboración propia

La Figura 7, presenta la estructura del equipo de trabajo encargado de la ejecución, supervisión y evaluación de las actividades que comprende el plan de mantenimiento preventivo. Donde el liderazgo está a cargo del jefe de mantenimiento de la línea, el coordinador es el supervisor 1 de la línea, el asistente es el supervisor 2 y las tareas de soporte está a cargo de los operarios de mantenimiento de la línea.

Actividad 4: Capacitación al equipo de trabajo

Habiéndose conformado y delimitado el equipo de trabajo, se procedió a su capacitación con relación a los siguientes temas:

Objetivo del mantenimiento.
Entradas y salidas del plan de mantenimiento.
Flujo básico del mantenimiento.
Actividades del plan de mantenimiento preventivo.
Utilización correcta de formatos.
Elaboración de informes.
Acciones de mejora.

Actividad 5: Diseño del plan

El diseño del plan de mantenimiento preventivo se presenta en el Anexo 05. El cual, fue tomado como referencia de los alcances que presenta en su estudio (Sierra Álvarez, 2016).

En el diseño del plan de mantenimiento preventivo se considera el objetivo de este, la determinación del flujo del mantenimiento preventivo, las actividades de: inspecciones periódicas planificadas, inspecciones rutinarias, inspecciones permanentes menores, lubricación y ajustes. Además, contempla los formatos que serán empleados al momento de la ejecución del mantenimiento preventivo.

Actividad 6: Capacitación al personal

Habiendo elaborado el plan de mantenimiento preventivo, se procedió a capacitar al personal sobre los objetivos que presenta, que se busca lograr, la forma en la que va a permitir realizar las actividades de manera segura y eficiente, las actividades del mantenimiento autónomo, la frecuencia de los mantenimientos, el uso correcto de los formatos y se entendió a las preguntas y consulta de los participantes.

Actividad 7: Implementación del plan

La ejecución del mantenimiento preventivo estuvo a liderado por el equipo de trabajo, donde la primera tarea que se realizó fue:

a. Codificación de las máquinas:

Se realizó con el fin de asignar un código a las máquinas y equipos de la línea de piedra chancada, que permita ubicar a cada uno de estos conforme a su área y características que presentan.

El sistema empleado para la codificación está por un sistema alfanumérico, que está integrado por el código de la línea, la clase de la máquina o equipo y el número consecutivo. Se muestra a continuación:

Ejemplo:

Línea: PC = piedra chancada

Clase: Chancadora para el circuito primario = CCP

N° consecutivo = 01

Tabla 10. Codificación de las máquinas o equipos

| CÓDIGO | | | MÁQUINA O EQUIPO |
|--------|-------|----------------|--|
| Línea | Clase | N° consecutivo | |
| PC | CCP | 01 | Chancadora para el circuito primario |
| PC | CCS | 02 | Chancadora para el circuito secundario |
| PC | CCT | 03 | Chancadoras para el circuito terciario |
| PC | CCT | 04 | Chancadoras para el circuito terciario |
| PC | CAT | 05 | Conos alimentadores tipos tolva |
| PC | CAT | 06 | Conos alimentadores tipos tolva |
| PC | CAT | 07 | Conos alimentadores tipos tolva |
| PC | CAT | 08 | Conos alimentadores tipos tolva |
| PC | FT | 09 | Fajas transportadoras |

| | | | |
|----|----|----|-----------------------|
| PC | FT | 10 | Fajas transportadoras |
| PC | FT | 11 | Fajas transportadoras |
| PC | FT | 12 | Fajas transportadoras |
| PC | FT | 13 | Fajas transportadoras |
| PC | FT | 14 | Fajas transportadoras |
| PC | FT | 15 | Fajas transportadoras |
| PC | FT | 16 | Fajas transportadoras |
| PC | ZV | 17 | Zarandas vibradoras |
| PC | ZV | 18 | Zarandas vibradoras |
| PC | ZV | 19 | Zarandas vibradoras |
| PC | ZV | 20 | Zarandas vibradoras |

Fuente: Elaboración propia

b. Análisis de criticidad

Para establecer que máquinas o equipos requieren del mantenimiento preventivo, es importante desarrollar el análisis de la criticidad de estos, con relación a la producción, mantenimiento, calidad y seguridad.

Los criterios que se emplearon para la ejecución del análisis de la criticidad se presentan a continuación:

Tabla 11. Criterios de producción

| Criterios de Producción | | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------|
| VALORES DE LA TASA DE UTILIZACIÓN DEL EQUIPO | | VALORES DE LA EQUIPO AUXILIAR | | VALORES DE LA INFLUENCIA DEL EQUIPO EN EL PROCESO | |
| Calificación | Característica | Calificación | Característica | Calificación | Característica |
| 4 | Mayor al 82% | 5 | Sin posibilidad a ser reemplazado | 5 | Paralización del proceso |

| | | | | | |
|---|-----------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| 2 | Entre 50% y 82% | 4 | Equipos de igual clase en el proceso | 4 | Influencia considerable |
| 1 | Menor al 50% | 1 | Equipo cuenta duplicado | 2 | Influencia parcial |
| - | - | - | - | 1 | No participa en el proceso principal |

Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento

Tabla 12. Criterios de mantenimiento

| Criterios de Mantenimiento | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|---|------------------------|---|---------------------|
| VALORES DEL COSTO DE MANTTO. | | VALORES DEL N° DE HORAS DE PARO (mensual) | | VALORES DE ACUERDO CON EL NIVEL DE ESPECIALIZACIÓN DEL EQUIPO | |
| Calificación | Característica | Calificación | Característica | Calificación | Característica |
| 4 | Mayor a \$.500.00 | 4 | Superior a 3 horas | 4 | Especializado |
| 2 | Entre \$.100.00 - \$.500.00 | 2 | Entre 1 hora a 3 horas | 2 | Normal |
| 1 | Menor a \$.100.00 | 1 | Menor a una hora | 1 | Sin especialización |

Fuente: Elaboración propia

Calidad

Tabla 13. Criterios de calidad

| Criterios de Calidad | |
|---|----------------|
| VALORES PARA LA INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO | |
| Calificación | Característica |
| 5 | Determinante |
| 4 | Importante |
| 2 | Sensible |
| 1 | Nulo |

Fuente: Elaboración propia

Seguridad

Tabla 14. Criterios de seguridad

| Criterios de Seguridad | |
|--|---------------------------|
| VALORES DE IMPACTO DEL EQUIPO EN LA SEGURIDAD A NIVEL INDUSTRIAL O AMBIENTAL | |
| Calificación | Característica |
| 5 | Riesgo de muerte |
| 4 | Riesgos en la instalación |
| 2 | Impacto relativo |
| 1 | Sin impacto |

Fuente: Elaboración propia

A partir de la suma de los puntajes se determinan 3 niveles de criticidad:

Rango del 25 – 35: “**Equipos críticos**” - requieren la aplicación del mantenimiento preventivo.

Rango del 16 – 24: “**Equipos de importancia media**” – pueden llegar a ser críticos, se aplicará la documentación necesaria para realizar el control de las tareas de mantenimiento.

Rango del inferior a 15: “**Equipos secundarios**” – pueden ser considerados dentro del programa de mantenimiento correctivo.

A continuación, se presenta la ejecución del análisis de criticidad de las máquinas o equipos de la línea de piedra chancada

Tabla 15. Matriz del análisis de criticidad para las máquinas o equipos de la línea de piedra chancada

| CÓDIGO | MÁQUINA / EQUIPOS | PRODUCCIÓN | | | MANTENIMIENTO | | | CALIDAD | SEGURIDAD | VALOR DE CRITICIDAD |
|------------|--|--------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|---------------------|
| | | TASA DE UTILIZACIÓN DEL EQUIPO | LA EQUIPO AUXILIAR | INFLUENCIA EN EL PROCESO | COSTO DE MANTTO. | N° DE HORAS DE PARO (mensual) | NIVEL DE ESPECIALIZACIÓN | INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO | IMPACTO EN LA SEGURIDAD A NIVEL INDUSTRIAL O AMBIENTAL | |
| PC-CCP-01 | Chancadora para el circuito primario | | | | | | | | | |
| PC-CCS-02 | Chancadora para el circuito secundario | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 35 |
| PC- CCT-03 | Chancadoras para el circuito terciario | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 35 |
| PC-CCT-04 | Chancadoras para el circuito terciario | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 35 |
| PC-CCT-05 | Conos alimentadores tipos tolva | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 26 |
| PC-CCT-06 | Conos alimentadores tipos tolva | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 26 |
| PC-CCT-07 | Conos alimentadores tipos tolva | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 26 |
| PC-CCT-08 | Conos alimentadores tipos tolva | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 26 |
| PC-FT-09 | Fajas transportadoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| PC-FT-10 | Fajas transportadoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| PC-FT-11 | Fajas transportadoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| PC-FT-12 | Fajas transportadoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| PC-FT-13 | Fajas transportadoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| PC-FT-14 | Fajas transportadoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| PC-FT-15 | Fajas transportadoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| PC-FT-16 | Fajas transportadoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| PC-ZV-17 | Zarandas vibradoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 24 |
| PC-ZV-18 | Zarandas vibradoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 24 |
| PC-ZV-19 | Zarandas vibradoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 24 |
| PC-ZV-20 | Zarandas vibradoras | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 24 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 15, es posible preciar el desarrollo del análisis de criticidad de las máquinas y equipos de la línea de piedra chancada, donde se obtuvo como resultado que 16 máquinas y equipo se encuentran en un nivel crítico y 4 máquinas y equipos están en un nivel de importancia media.

c. Programa de mantenimiento para las máquinas y equipo de nivel crítico y de importancia media.

Tomando como referencia las sugerencias presentadas en las instrucciones que se muestran en los manuales de funcionamiento de los fabricantes; y además, se consideró la información proporcionada por los operarios en base a su experiencia de trabajo, fue posible elaborar el siguiente programa de mantenimiento para cada máquina y equipo que forma parte del presente estudio.

El programa está basado en las tareas del mantenimiento autónomo como lubricación e inspecciones permanentes planificadas. Donde estas tareas serán desarrolladas por los operarios a cargo de cada máquina y equipo en estudio, tales como: evaluación visual, lubricación, determinación de fallas y limpieza. La frecuencia de la ejecución de las inspecciones se estructuran cada mes, 3 meses, 6 meses y anual. Las inspecciones se dividen en tareas de tipo: mecánico y eléctrico, donde las evaluaciones de tipo mecánico son ejecutadas por el mismo operario o trabajadores de mantenimiento, de acuerdo con la complejidad de la tarea. Las inspecciones de tipo eléctrica tendrán que ser desarrolladas por trabajadores calificados del departamento de mantenimiento.

A continuación se muestra el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo anual:

Actividad 8: Recopilación de información final

La ejecución de esta actividad se presenta a continuación:

Análisis final de datos POST – TEST

En esta parte del desarrollo del presente estudio, se muestra la recolección de información final (después de la ejecución del mantenimiento preventivo) realizada con relación a los indicadores y dimensiones de las variables en estudio. Este proceso se ejecutó en el periodo de mayo a junio del 2022. La información obtenida se para la variable independiente “**Mantenimiento preventivo**” se muestra a continuación:

Dimensión 1: Gestión de equipos

El resultado de la recopilación de la data relacionada a esta dimensión fue la siguiente:

Tabla 17. Resultados del post - test de la dimensión "gestión de equipos"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE DIMENSIÓN GESTIÓN DE EQUIPOS | | | | |
|--|------------|---|--|--|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | POST TEST | | |
| PERIODO | | MAYO 2022 - JUNIO 2022 | | |
| INDICADOR | | Porcentaje de cumplimiento planificado | | |
| | | $\frac{N^{\circ} \text{ Ord. terminadas en fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}} * 100$ | | |
| Mes | Fecha | N° de órdenes totales | N° de órdenes terminadas en la fecha planificada | Porcentaje de cumplimiento planificado |
| MAYO | 4/05/2022 | 7 | 6 | 85.71% |
| | 7/05/2022 | 5 | 4 | 80.00% |
| | 11/05/2022 | 4 | 3 | 75.00% |
| | 14/05/2022 | 6 | 5 | 83.33% |
| | 18/05/2022 | 4 | 3 | 75.00% |

| | | | | |
|---------------------------------|------------|---|---|---------------|
| | 21/05/2022 | 2 | 2 | 100.00% |
| | 25/05/2022 | 2 | 2 | 100.00% |
| | 28/05/2022 | 2 | 2 | 100.00% |
| JUNIO | 1/06/2022 | 4 | 4 | 100.00% |
| | 4/06/2022 | 6 | 6 | 100.00% |
| | 8/06/2022 | 1 | 1 | 100.00% |
| | 11/06/2022 | 1 | 1 | 100.00% |
| | 15/06/2022 | 4 | 4 | 100.00% |
| | 18/06/2022 | 5 | 5 | 100.00% |
| | 22/06/2022 | 3 | 3 | 100.00% |
| | 25/06/2022 | 2 | 2 | 100.00% |
| Resultado total promedio | | | | 93.69% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de post – test para la dimensión “Gestión de equipos”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó el número de ordenes terminadas en la fecha planificada en contraste con el número de ordenes totales. Obteniendo como resultado promedio del indicador “Porcentaje de cumplimiento planificado” un 93.69%.

Dimensión 2: Gestión de fallas

El resultado de la recopilación de la data relacionada a esta dimensión fue la siguiente:

Tabla 18. Resultados del post - test de la dimensión "gestión de fallas"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE DIMENSIÓN GESTIÓN DE FALLAS | |
|--|-------------------------------------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh |
| ÁREA: | Operaciones |
| ETAPA | POST TEST |
| PERIODO | MAYO 2022 - JUNIO 2022 |
| INDICADOR | Porcentaje de averías |

| | | $\frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de paro por avería}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}} * 100$ | | |
|---------------------------------|------------|--|---------------|-----------------------|
| Mes | Fecha | Nº de horas de paro por avería | Nº de averías | Porcentaje de averías |
| MAYO | 4/05/2022 | 1.8 | 5 | 36.00% |
| | 7/05/2022 | 2.1 | 6 | 35.00% |
| | 11/05/2022 | 1.3 | 4 | 32.50% |
| | 14/05/2022 | 1.1 | 3 | 36.67% |
| | 18/05/2022 | 1 | 3 | 33.33% |
| | 21/05/2022 | 0.9 | 3 | 30.00% |
| | 25/05/2022 | 1.4 | 4 | 35.00% |
| | 28/05/2022 | 0.6 | 2 | 30.00% |
| JUNIO | 1/06/2022 | 1.8 | 5 | 36.00% |
| | 4/06/2022 | 1.9 | 5 | 38.00% |
| | 8/06/2022 | 1.4 | 4 | 35.00% |
| | 11/06/2022 | 1.3 | 4 | 32.50% |
| | 15/06/2022 | 1.1 | 3 | 36.67% |
| | 18/06/2022 | 2.1 | 3 | 70.00% |
| | 22/06/2022 | 1.3 | 4 | 32.50% |
| | 25/06/2022 | 1.1 | 3 | 36.67% |
| Resultado total promedio | | | | 36.61% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de post – test para la dimensión “Gestión de fallas”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó el número de horas de paro por averías en contraste con el número de averías. Obteniendo como resultado promedio del indicador “Porcentaje de averías” un 36.61%.

La información obtenida se para la variable dependiente “Disponibilidad” se muestra a continuación:

Dimensión 1: Programación

El resultado de la recopilación de la data relacionada a esta dimensión fue la siguiente:

Tabla 19. Resultados del post - test de la dimensión "programación"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE DIMENSIÓN PROGRAMACIÓN | | | | |
|--|------------|--|-------------------|----------------------------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | POST TEST | | |
| PERIODO | | MAYO 2022 - JUNIO 2022 | | |
| INDICADOR | | Porcentaje de programación | | |
| | | $\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Tiempo programado}} * 100$ | | |
| Mes | Fecha | Tiempo de producción | Tiempo programado | Porcentaje de programación |
| MAYO | 4/05/2022 | 168 | 192 | 87.50% |
| | 7/05/2022 | 169 | 192 | 88.02% |
| | 11/05/2022 | 170 | 192 | 88.54% |
| | 14/05/2022 | 173 | 192 | 90.10% |
| | 18/05/2022 | 170 | 192 | 88.54% |
| | 21/05/2022 | 172 | 192 | 89.58% |
| | 25/05/2022 | 172 | 192 | 89.58% |
| | 28/05/2022 | 173 | 192 | 90.10% |
| JUNIO | 1/06/2022 | 174 | 192 | 90.63% |
| | 4/06/2022 | 173 | 192 | 90.10% |
| | 8/06/2022 | 174 | 192 | 90.63% |
| | 11/06/2022 | 174 | 192 | 90.63% |
| | 15/06/2022 | 175 | 192 | 91.15% |
| | 18/06/2022 | 177 | 192 | 92.19% |
| | 22/06/2022 | 175 | 192 | 91.15% |
| | 25/06/2022 | 178 | 192 | 92.71% |
| Resultado total promedio | | | | 90.07% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de post – test para la dimensión “Programación”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó el tiempo de producción en contraste con el tiempo programado. Obteniendo como resultado promedio del indicador “Porcentaje de programación” un 90.07%.

Dimensión 2: Rendimiento

El resultado de la recopilación de la data relacionada a esta dimensión fue la siguiente:

Tabla 20. Resultados del post - test de la dimensión "rendimiento"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE DIMENSIÓN RENDIMIENTO | | | | |
|---|------------|--|---------------------------|---------------------------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | POST TEST | | |
| PERIODO | | MAYO 2022 - JUNIO 2022 | | |
| INDICADOR | | Porcentaje de rendimiento | | |
| | | $\frac{\text{Tiempo de producción estándar}}{\text{Tiempo de eproducción real}} * 100$ | | |
| Mes | Fecha | Tiempo de producción estándar | Tiempo de producción real | Porcentaje de rendimiento |
| MAYO | 4/05/2022 | 192 | 220 | 87.27% |
| | 7/05/2022 | 192 | 217 | 88.48% |
| | 11/05/2022 | 192 | 219 | 87.67% |
| | 14/05/2022 | 192 | 216 | 88.89% |
| | 18/05/2022 | 192 | 221 | 86.88% |
| | 21/05/2022 | 192 | 215 | 89.30% |
| | 25/05/2022 | 192 | 218 | 88.07% |
| | 28/05/2022 | 192 | 214 | 89.72% |
| JUNIO | 1/06/2022 | 192 | 216 | 88.89% |
| | 4/06/2022 | 192 | 210 | 91.43% |
| | 8/06/2022 | 192 | 210 | 91.43% |
| | 11/06/2022 | 192 | 209 | 91.87% |

| | | | | |
|---------------------------------|------------|-----|-----|---------------|
| | 15/06/2022 | 192 | 206 | 93.20% |
| | 18/06/2022 | 192 | 205 | 93.66% |
| | 22/06/2022 | 192 | 205 | 93.66% |
| | 25/06/2022 | 192 | 206 | 93.20% |
| Resultado total promedio | | | | 90.23% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de post – test para la dimensión “Rendimiento”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó el tiempo de producción estándar en contraste con el tiempo de producción real. Obteniendo como resultado promedio del indicador “Porcentaje de rendimiento” un 90.23%.

DISPONIBILIDAD (POST – TEST)

Tabla 21. Resultados del post - test de la "Disponibilidad"

| RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA DISPONIBILIDAD | | | | |
|---|------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------|
| NOMBRE DEL RESPONSABLE: | | Rodríguez Buamscha, Alinson Solangh | | |
| ÁREA: | | Operaciones | | |
| ETAPA | | POST TEST | | |
| PERIODO | | MAYO 2022 - JUNIO 2022 | | |
| Mes | Fecha | Porcentaje de programación | Porcentaje de rendimiento | DISPONIBILIDAD |
| MAYO | 5/01/2022 | 87.50% | 87.27% | 87.39% |
| | 8/01/2022 | 88.02% | 88.48% | 88.25% |
| | 12/01/2022 | 88.54% | 87.67% | 88.11% |
| | 15/01/2022 | 90.10% | 88.89% | 89.50% |
| | 19/01/2022 | 88.54% | 86.88% | 87.71% |
| | 22/01/2022 | 89.58% | 89.30% | 89.44% |
| | 26/01/2022 | 89.58% | 88.07% | 88.83% |
| | 29/01/2022 | 90.10% | 89.72% | 89.91% |
| JUNIO | 2/02/2022 | 90.63% | 88.89% | 89.76% |

| | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 5/02/2022 | 90.10% | 91.43% | 90.77% |
| 9/02/2022 | 90.63% | 91.43% | 91.03% |
| 12/02/2022 | 90.63% | 91.87% | 91.25% |
| 16/02/2022 | 91.15% | 93.20% | 92.17% |
| 19/02/2022 | 92.19% | 93.66% | 92.92% |
| 26/02/2022 | 91.15% | 93.66% | 92.40% |
| 24/02/2022 | 92.71% | 93.20% | 92.96% |
| Resultado total promedio | 90.07% | 90.23% | 90.15% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 21, se muestra los resultados alcanzados de la recolección de información de la etapa de post – test para la dimensión “Rendimiento”. En la cual, se consideró un total de 16 días de evaluación, distribuidos en 2 meses de estudio, donde se evaluó la “programación” y el “rendimiento”. Obteniendo como resultado promedio de la variable “Disponibilidad” un 90.15%.

El proceso de recopilación de datos finales (después de la aplicación del mantenimiento preventivo) comprendió el periodo de mayo a junio 2022. Donde los resultados alcanzaos se muestran a continuación:

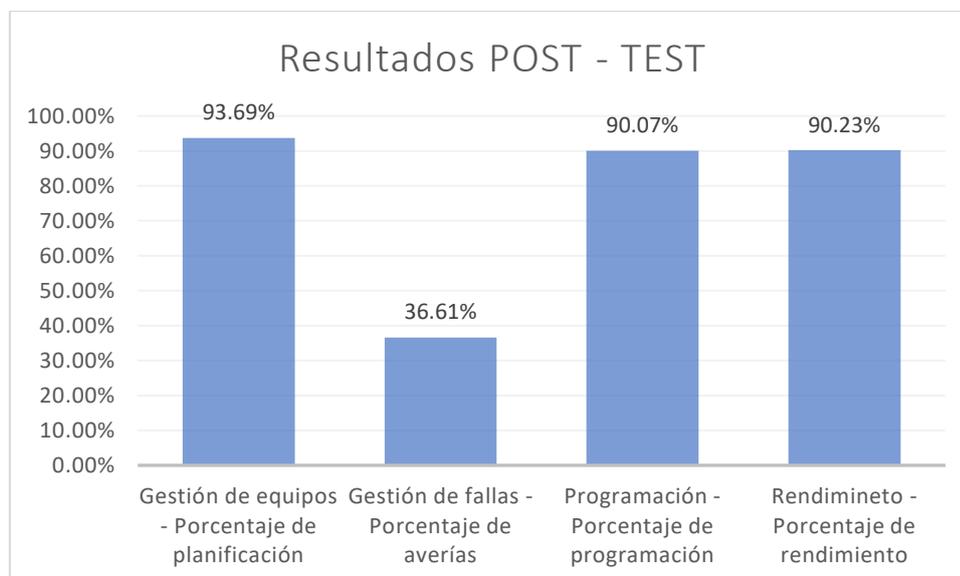


Figura 8. Resultado Post – Test

Fuente: Elaboración propia

La Figura 8, nos presenta la consolidación de los resultados obtenidos en el POST – TEST, donde el porcentaje promedio de planificación fue del 93.69%, el porcentaje promedio de averías fue del 36.61%, el porcentaje promedio de programación fue del 90.07% y el porcentaje promedio de rendimiento fue del 90.23%.

3.6. Método de análisis de datos

Realizando el diagnostico situacional en materia de mantenimiento en el área de operaciones de la compañía se identificó su problemática, luego de haber levantado las fichas y ver problemas en la disponibilidad de línea para ello se desarrolló un análisis descriptivo del conjunto de datos establecido a efectos de encontrar los parámetros necesarios, soportándonos en las aplicaciones estadísticas que brinda el Excel y SPSS para estos casos, trabajando con dos tipos de análisis estadísticos

Análisis descriptivo

Se trata de ordenar los datos a efectos de realizar la tarea de contar, ordenar, clasificar y manejar los recabados. A fin de poder determinar las medidas de variabilidad (varianza, desviación estándar y rango) y las medidas de tendencia central (media, moda y mediana).

En esta parte se ha utilizado programas utilitarios como hojas de cálculo y SPSS, uno de ellos para el ordenamiento de la data, elaboración de graficas informativas y el otro para el desarrollo de datos estadísticos.

Análisis inferencial

Con la estadística inferencial se busca los resultados y alcance de conclusiones, para determinar aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas, el mismo caso para las hipótesis nulas, determinando los parámetros paramétricos y no paramétricos.

Se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk en las pruebas paramétricas y para el caso de las no paramétricas se utilizó Kolmogorov-Smirnov

De acuerdo con lo mencionado entonces en primer lugar se aplicará la estadística descriptiva, en todas la variables y dimensiones reunida de fichas o tablas, y realizar las operaciones correspondientes las cuales serán interpretadas, descritas y graficadas.

3.7. Aspectos éticos

Toda la información revisada como vertida, corresponde a datos reales y autorizados, captado de fuentes confiables y demostrables, así mismo el presente trabajo está regido por los patrones de la escuela de ingeniería de la universidad Cesar Vallejo. Asimismo, es importante mencionar que se respeta los derechos de autor a través de la respectiva citación y referenciación bajo la norma ISO 690.

La carta de autorización se encuentra en el Anexo 06.

IV. RESULTADOS

Resultados descriptivos

Para la determinación de los resultados descriptivos de las variables en estudio “Mantenimiento Preventivo” y “Disponibilidad”, se empleó el software SPSS 26.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO (variable independiente)

Dimensión 1: Gestión de equipos

Tabla 22. Estadísticos descriptivos de la "gestión de equipos"

| Estadísticos | | | |
|------------------|----------|-----------------------------|------------------------------|
| | | Gestión de equipos PRE-TEST | Gestión de equipos POST-TEST |
| N | Válido | 16 | 16 |
| | Perdidos | 0 | 0 |
| Media | | ,516669 | ,936900 |
| Mediana | | ,500000 | 1,000000 |
| Moda | | ,5000 | 1,0000 |
| Desv. Desviación | | ,1621725 | ,0998344 |
| Varianza | | ,026 | ,010 |
| Rango | | ,5000 | ,2500 |
| Mínimo | | ,2500 | ,7500 |
| Máximo | | ,7500 | 1,0000 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 22, se presenta el análisis estadístico de la información recolectada antes y después de la ejecución del mantenimiento preventivo para la “Gestión de equipos”. Donde para cada etapa de evaluación se recopilamos 16 datos, permitiéndonos así obtener que la media promedio de la dimensión en el Pre – Test tuvo un valor de 0,516669 y en la etapa de Post – Test la media logró una media promedio de 0,936900. Es decir, se alcanzó un promedio de la mejora del 42.02%. Respecto a la variabilidad de los datos (desviación estándar) se observa que existe una disminución, lo que nos indica que los datos son menos variables con relación a la media calculada.

Dimensión 2: Gestión de fallas

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de la "gestión de fallas"

| | | Estadísticos | |
|--|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | Gestión de fallas PRE-TEST | Gestión de fallas POST-TEST |
| N | Válido | 16 | 16 |
| | Perdidos | 0 | 0 |
| Media | | ,780513 | ,366150 |
| Mediana | | ,790000 | ,350000 |
| Moda | | ,5625 ^a | ,3250 ^a |
| Desv. Desviación | | ,1108536 | ,0921656 |
| Varianza | | ,012 | ,008 |
| Rango | | ,3875 | ,4000 |
| Mínimo | | ,5625 | ,3000 |
| Máximo | | ,9500 | ,7000 |
| a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño. | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 23, se presenta el análisis estadístico de la información recolectada antes y después de la ejecución del mantenimiento preventivo para la "Gestión de fallas". Donde para cada etapa de evaluación se recopilaban 16 datos, permitiéndonos así obtener que la media promedio de la dimensión en el Pre – Test tuvo un valor de 0,780513 y en la etapa de Post – Test la media logró una media promedio de 0,366150. Es decir, se alcanzó una reducción promedio del porcentaje de fallas del 41.44%. Respecto a la variabilidad de los datos (desviación estándar) se observa que existe una disminución, lo que nos indica que los datos son menos variables con relación a la media calculada.

DISPONIBILIDAD (variable dependiente)

Dimensión 1: Programación

Tabla 24. Estadísticos descriptivos de la "programación"

| Estadísticos | | | |
|--|----------|--------------------------|---------------------------|
| | | Programación PRE-TEST | Programación POST-TEST |
| N | Válido | 16 | 16 |
| | Perdidos | 0 | 0 |
| Media | | ,602219 | ,900719 |
| Mediana | | ,617200 | ,901000 |
| Moda | | ,6198 | ,9010 ^a |
| Desv. Desviación | | ,0578992 | ,0143084 |
| Varianza | | ,003 | ,000 |
| Rango | | ,1823 | ,0521 |
| Mínimo | | ,5104 | ,8750 |
| Máximo | | ,6927 | ,9271 |
| a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño. | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 24, se presenta el análisis estadístico de la información recolectada antes y después de la ejecución del mantenimiento preventivo para la "Programación". Donde para cada etapa de evaluación se recopilamos 16 datos, permitiéndonos así obtener que la media promedio de la dimensión en el Pre – Test tuvo un valor de 0,602219 y en la etapa de Post – Test la media logró una media promedio de 0,900719. Es decir, se alcanzó un promedio de la mejora del 29.85%. Respecto a la variabilidad de los datos (desviación estándar) se observa que existe una disminución, lo que nos indica que los datos son menos variables con relación a la media calculada.

Dimensión 2: Rendimiento

Tabla 25. Estadísticos descriptivos del "rendimiento"

| Estadísticos | | | |
|--|----------|-------------------------|--------------------------|
| | | Rendimiento PRE-TEST | Rendimiento POST-TEST |
| N | Válido | 16 | 16 |
| | Perdidos | 0 | 0 |
| Media | | ,743294 | ,902263 |
| Mediana | | ,750100 | ,895100 |
| Moda | | ,6882 ^a | ,8889 ^a |
| Desv. Desviación | | ,0394276 | ,0239058 |
| Varianza | | ,002 | ,001 |
| Rango | | ,1085 | ,0678 |
| Mínimo | | ,6882 | ,8688 |
| Máximo | | ,7967 | ,9366 |
| a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño. | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 25, se presenta el análisis estadístico de la información recolectada antes y después de la ejecución del mantenimiento preventivo para el "Rendimiento". Donde para cada etapa de evaluación se recopilaron 16 datos, permitiéndonos así obtener que la media promedio de la dimensión en el Pre – Test tuvo un valor de 0,743294 y en la etapa de Post – Test la media logró una media promedio de 0,902263. Es decir, se alcanzó un promedio de la mejora del 15.90%. Respecto a la variabilidad de los datos (desviación estándar) se observa que existe una disminución, lo que nos indica que los datos son menos variables con relación a la media calculada.

DISPONIBILIDAD

Tabla 26. Estadísticos descriptivos de la variable dependiente "Disponibilidad"

| Estadísticos | | | |
|--|----------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Disponibilidad PRE-TEST | Disponibilidad POST-TEST |
| N | Válido | 16 | 16 |
| | Perdidos | 0 | 0 |
| Media | | ,672750 | ,901500 |
| Mediana | | ,667450 | ,898350 |
| Moda | | ,6005 ^a | ,8739 ^a |
| Desv. Desviación | | ,0403271 | ,0184936 |
| Varianza | | ,002 | ,000 |
| Rango | | ,1399 | ,0557 |
| Mínimo | | ,6005 | ,8739 |
| Máximo | | ,7404 | ,9296 |
| a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño. | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 26, se presenta el análisis estadístico de la información recolectada antes y después de la ejecución del mantenimiento preventivo para el "Disponibilidad". Donde para cada etapa de evaluación se recopilaron 16 datos, permitiéndonos así obtener que la media promedio de la variable dependiente en el Pre – Test tuvo un valor de 0,672750 y en la etapa de Post – Test la media logró una media promedio de 0,901500. Es decir, se alcanzó un promedio de la mejora del 22.88%. Respecto a la variabilidad de los datos (desviación estándar) se observa que existe una disminución, lo que nos indica que los datos son menos variables con relación a la media calculada.

Resultados inferenciales

Comprobación de la hipótesis general

A continuación se presenta el proceso del análisis de los datos a nivel inferencial para contrastar la hipótesis planteada en el presente estudio, siendo esta:

“La implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022”

Para ejecutar el proceso de contrastación de la hipótesis, iniciamos con la aplicación de la prueba de normalidad, cuyos resultados alcanzados son los siguientes:

Tabla 27. Normalidad de la hipótesis general

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|--|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|-------------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Disponibilidad PRE-TEST | ,127 | 16 | ,200 [*] | ,962 | 16 | ,693 |
| Disponibilidad POST-TEST | ,114 | 16 | ,200 [*] | ,944 | 16 | ,405 |
| *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. | | | | | | |
| a. Corrección de significación de Lilliefors | | | | | | |

Fuente: IBM SPSS v.26

En la Tabla 27, se observa el resulta del procesamiento estadístico para determinar la normalidad de los datos que fueron procesados. Para nuestro caso se considera el estadígrafo de Shapiro – Wilk. Ya que, los datos analizados son de 16 para cada etapa, y de acuerdo con las condiciones para este estadígrafo se utiliza para una cantidad de datos menores a 30.

Con relación a la evaluación de la significancia se obtuvo lo siguiente: en la etapa de pre – test fue de 0,693 al ser mayor a 0.05 los datos son **paramétricos** y en la etapa de post – test la significancia fue de 0,405 al ser mayor a 0.05 los datos son **paramétricos**.

A partir de la información obtenida nos permite continuar con el análisis, para este caso se continua con la evaluación de la información por medio del estadígrafo de T-STUDENT. Los resultados, se presentan a continuación:

Tabla 28. Muestras emparejadas de la hipótesis general

| Estadísticas de muestras emparejadas | | | | | |
|---|--------------------------|----------------|----|---------------------|-------------------------|
| | | Media | N | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
| Par 1 | Disponibilidad PRE-TEST | ,672750 | 16 | ,0403271 | ,0100818 |
| | Disponibilidad POST-TEST | ,901500 | 16 | ,0184936 | ,0046234 |

Fuente: IBM SPSS v.26

La Tabla 28, presenta los resultados de procesamiento de los datos por medio del estadígrafo de T-STUDENT. Donde se obtuvo que la media de la “Disponibilidad” en el pre – test fue de 0,672750 y la “Disponibilidad” en el post – test alcanzó un 0,901500. Evaluando la regla de determinación del estadígrafo la media en el post – test es mayor a la media del pre – test. Permittiéndonos apreciar la mejora de la “Disponibilidad” después de desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, con una mejora promedio del 22.88%. Por lo que se ACEPTA la hipótesis general formulada.

Con el propósito de corroborar el resultado obtenido, se evalúa la siguiente tabla:

Tabla 29. Prueba de muestras emparejada de la hipótesis general

| Prueba de muestras emparejadas | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------|---------|----|---------------------|
| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Disponibilidad PRE- TEST – Disponibilidad POST-TEST | - ,228750 0 | ,0404210 | ,0101052 | -,2502888 | -,2072112 | -22,637 | 15 | ,000 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 29, se aprecia el segundo resultado que se obtiene a partir del análisis con el T-STUDENT, donde la significancia de los datos presentan una significancia 0,000. Al ser este resultado menor a 0.05, se ACEPTA la hipótesis general formulada en la investigación.

Comprobación de la hipótesis específica 1

A continuación se presenta el proceso del análisis de los datos a nivel inferencial para contrastar la hipótesis planteada en el presente estudio, siendo esta:

“La implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la programación en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022”

Para ejecutar el proceso de contrastación de la hipótesis, iniciamos con la aplicación de la prueba de normalidad, cuyos resultados alcanzados son los siguientes:

Tabla 30. Normalidad de la hipótesis específica 1

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|--|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|-------------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Programación PRE-TEST | ,174 | 16 | ,200 [*] | ,943 | 16 | ,385 |
| Programación POST-TEST | ,133 | 16 | ,200 [*] | ,971 | 16 | ,848 |
| *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. | | | | | | |
| a. Corrección de significación de Lilliefors | | | | | | |

Fuente: IBM SPSS v.26

En la Tabla 30, se observa el resulta del procesamiento estadístico para determinar la normalidad de los datos que fueron procesados. Para nuestro caso se considera el estadígrafo de Shapiro – Wilk. Ya que, los datos analizados son de 16 para cada etapa, y de acuerdo con las condiciones para este estadígrafo se utiliza para una cantidad de datos menores a 30.

Con relación a la evaluación de la significancia se obtuvo lo siguiente: en la etapa de pre – test fue de 0,385 al ser mayor a 0.05 los datos son **paramétricos** y en la etapa de post – test la significancia fue de 0,848 al ser mayor a 0.05 los datos son **paramétricos**.

A partir de la información obtenida nos permite continuar con el análisis, para este caso se continua con la evaluación de la información por medio del estadígrafo de T-STUDENT. Los resultados, se presentan a continuación:

Tabla 31. Muestras emparejadas de la hipótesis específica 1

| Estadísticas de muestras emparejadas | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------------|----|------------------|----------------------|
| | | Media | N | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
| Par 1 | Programación PRE-TEST | ,602219 | 16 | ,0578992 | ,0144748 |
| | Programación POST-TEST | ,900719 | 16 | ,0143084 | ,0035771 |

Fuente: IBM SPSS v.26

La Tabla 31, presenta los resultados de procesamiento de los datos por medio del estadígrafo de T-STUDENT. Donde se obtuvo que la media de la “Programación” en el pre – test fue de 0,602219 y la “Programación” en el post – test alcanzó un 0,900719. Evaluando la regla de determinación del estadígrafo la media en el post – test es mayor a la media del pre – test. Permittiéndonos apreciar la mejora de la “Programación” después de desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, con una mejora promedio del 29.85%. Por lo que se ACEPTA la hipótesis específica 1 formulada.

Con el propósito de corroborar el resultado obtenido, se evalúa la siguiente tabla:

Tabla 32. Prueba de muestras emparejada de la hipótesis específica 1

| Prueba de muestras emparejadas | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------|-------------|----|---------------------|
| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Programación PRE- TEST - Programación POST-TEST | - ,298500 | ,0582026 | ,0145506 | -,3295140 | -,2674860 | - 20,515 | 15 | ,000 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 32, se aprecia el segundo resultado que se obtiene a partir del análisis con el T-STUDENT, donde la significancia de los datos presentan una significancia 0,000. Al ser este resultado menor a 0.05, se ACEPTA la hipótesis específica 1 formulada en la investigación.

Comprobación de la hipótesis específica 2

A continuación se presenta el proceso del análisis de los datos a nivel inferencial para contrastar la hipótesis planteada en el presente estudio, siendo esta:

“La implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora el rendimiento en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022”.

Para ejecutar el proceso de contrastación de la hipótesis, iniciamos con la aplicación de la prueba de normalidad, cuyos resultados alcanzados son los siguientes:

Tabla 33. Normalidad de la hipótesis específica 2

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|--|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|-------------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Rendimiento PRE-TEST | ,186 | 16 | ,141 | ,893 | 16 | ,063 |
| Rendimiento POST-TEST | ,151 | 16 | ,200 [*] | ,908 | 16 | ,109 |
| *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. | | | | | | |
| a. Corrección de significación de Lilliefors | | | | | | |

Fuente: IBM SPSS v.26

En la Tabla 33, se observa el resulta del procesamiento estadístico para determinar la normalidad de los datos que fueron procesados. Para nuestro caso se considera el estadígrafo de Shapiro – Wilk. Ya que, los datos analizados son de 16 para cada etapa, y de acuerdo con las condiciones para este estadígrafo se utiliza para una cantidad de datos menores a 30.

Con relación a la evaluación de la significancia se obtuvo lo siguiente: en la etapa de pre – test fue de 0,063 al ser mayor a 0.05 los datos son **paramétricos** y en la etapa de post – test la significancia fue de 0,109 al ser mayor a 0.05 los datos son **paramétricos**.

A partir de la información obtenida nos permite continuar con el análisis, para este caso se continua con la evaluación de la información por medio

del estadígrafo de T-STUDENT. Los resultados, se presentan a continuación:

Tabla 34. Muestras emparejadas de la hipótesis específica 2

| Estadísticas de muestras emparejadas | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|---------|----|------------------|----------------------|
| | | Media | N | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
| Par 1 | Rendimiento PRE-TEST | ,743294 | 16 | ,0394276 | ,0098569 |
| | Rendimiento POST-TEST | ,902263 | 16 | ,0239058 | ,0059764 |

Fuente: IBM SPSS v.26

La Tabla 35, presenta los resultados de procesamiento de los datos por medio del estadígrafo de T-STUDENT. Donde se obtuvo que la media del “Rendimiento” en el pre – test fue de 0,743294 y el “Rendimiento” en el post – test alcanzó un 0,902263. Evaluando la regla de determinación del estadígrafo la media en el post – test es mayor a la media del pre – test. Permittiéndonos apreciar la mejora del “Rendimiento” después de desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, con una mejora promedio del 15.90%. Por lo que se ACEPTA la hipótesis específica 2 formulada.

Con el propósito de corroborar el resultado obtenido, se evalúa la siguiente tabla:

Tabla 35. Prueba de muestras emparejada de la hipótesis específica 2

| Prueba de muestras emparejadas | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------------------------|--------------------|----------------------|--|-----------|----------|----|------------------|
| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
| | | Media | Desv. Desviación n | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Rendimiento PRE-TEST - Rendimiento POST-TEST | - ,1589688 | ,0401836 | ,0100459 | -,1803811 | -,1375564 | - 15,824 | 15 | ,000 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 35, se aprecia el segundo resultado que se obtiene a partir del análisis con el T-STUDENT, donde la significancia de los datos presentan una significancia 0,000. Al ser este resultado menor a 0.05, se ACEPTA la hipótesis específica 2 formulada en la investigación.

V. DISCUSIÓN

Se logró alcanzar el objetivo general que el de implementar un plan de mantenimiento para la línea de producción de piedra chancada, teniendo en cuenta que la empresa no contaba con dicho procedimiento, la idea principal es la de tener la mayor disponibilidad de la línea y rendimiento de los equipos, así como también el mejorar la vida útil de los mismos.

La implementación del plan de mantenimiento deviene de la información principalmente que brinda el fabricante, para ello se tuvo la información de los principales equipos intervinientes en la línea de chancado de piedra, como la chancadora, tolva y transportadora entre otros, definiendo un punto de partida para aplicar un piloto de mantenimiento preventivo.

Por otra parte, se contó con el apoyo de la empresa en la recolección de datos y de la aplicación de pilotos, situación que a su vez favoreció el clima laboral, cumplimiento de entregas con los clientes e inclusive el área de finanzas reporto mayores ingresos, la prevención programando el mantenimiento da lugar a evitar paradas inesperadas, se tiene un mayor control en los procesos, los mantenimientos ya no se realizan por emergencia y de acuerdo a la disponibilidad del tercero que presta el servicio, sino que se puede realizar fuera de los horarios dispuestos para la producción.

En este sentido coincidimos con Callomamani (2021) ya que en su trabajo de investigación propone un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de equipos en una planta de concentrado en una unidad minera, e igual que nuestra investigación la minera no contaba con dicho planteamiento y tuvo como objetivo principal determinar la eficacia y eficiencia de la propuesta del plan de mantenimiento, en los resultados parte de la información que la disponibilidad era de un 79% y después de seis meses de análisis con la implementación del plan subió a un 89%, también obtiene como resultados que la confiabilidad hasta que ocurra un fallo fue de 9.4 horas y el tiempo de mantenibilidad fue de 2.22 horas

llevando a expresión porcentual de un 79% de disponibilidad, donde concluye que se determina la eficacia de la aplicación del plan.

De otra parte coincidimos con otra investigación como la de Vega (2017) la cual plantea como finalidad mejorar la disponibilidad de las maquinarias en función a la implementación del mantenimiento preventivo, donde indica en su problemática que la empresa en mención solo realizaba mantenimientos correctivos, generando demoras en la entrega o cumplimiento de los trabajos, e igualmente tiene objetivo implementar un mantenimiento preventivo a fin de mejorar la disponibilidad de la maquinaria, apoyándose en herramientas como lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, toma de tiempos y otros indicadores viables, para tener como resultado que la empresa gracias a la implementación incremento la disponibilidad de línea de un 0.893 a un 0.961 es decir creció en un 7.6%, por otra parte la mantenibilidad disminuyo en promedio en 0.26 horas/falla y la fiabilidad se incrementó en un 9.33 horas / falla por lo que concluye que la implementación del mantenimiento preventivo mejoraría la disponibilidad de los equipos y máquinas.

Desde otra perspectiva, Sotomayor (2016) propone un plan de mantenimiento preventivo a efectos de poder optimizar el correcto desempeño de la maquinaria y equipo en una empresa del sector alimenticio, si bien es cierto vemos que es un sector productivo bastante distinto pero la finalidad es la misma, la referencia busca mitigar los tiempos muertos en el área productiva, donde nosotros buscamos aumentar la disponibilidad de línea, ante lo cual obtiene los resultados en costos beneficio, tomando la referencia de los costos iniciales como 1'793,088 y pasando a 1'132.811 teniendo un costo beneficio de 660,227 y bajo expresión porcentual mejoro en un 47%, por lo que concluye que al lograr los objetivos como resultados positivos incrementara la productividad y mejorará la calidad.

Así mismo Montoya (2017) planteando también la propuesta de un mantenimiento preventivo basado en una problemática de control y

supervisión adecuada de la maquinaria con que cuenta la empresa y su influencia en la disponibilidad de línea, dentro de sus resultados medidos en 108 actividades detecta que un 62% de los equipos presentan este problema y una vez aplicado el piloto del plan de mantenimiento este porcentaje se redujo considerablemente.

De los estadísticos descriptivos

Una vez implementado el Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad en la línea de piedra chancada en la empresa de agregados para construcción, Lima 2022, la media de disponibilidad de la línea pasó de 0,672750 a 0,901500 , en tanto que la gestión de las fallas representada por su indicador porcentaje de averías disminuyó de una media de 0,780513 paso a 0,366150 y la gestión de equipos pasó de una media de 0,516669 a un 0,936900, es decir que los equipos que no se usaban por fallas se utilizaron en su totalidad por no presentarse desperfectos y las ordenes se cumplieron a la fecha señalada. Por otro lado, el rendimiento de las máquinas paso de una media de 0,743294 a un 0,902263 de su capacidad.

De la hipótesis general

Para determinar la normalidad de las variables se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para muestras menores de 30 datos. Por lo cual se determinó el uso del estadístico de prueba de T-Student para determinar la significancia de la hipótesis planteada y de acuerdo con el enunciado de la hipótesis planteada que decía “aumentar la disponibilidad” la hipótesis era unilateral de la forma: $H_0: \mu_a \leq \mu_d$ y $H_a: \mu_a > \mu_d$. De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de T-Student la media de la “Disponibilidad” en el pre – test fue de 0,672750 y la “Disponibilidad” en el post – test alcanzó un 0,901500. Por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador. Llegando a concluirse que “Un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022”.

De las hipótesis específicas

De la Hipótesis específica 1 y 2 se determinó la normalidad por Shapiro-Wilk arrojando un p valor en el pre – test y post – test mayor a 0,05 por lo que se determinó que los datos provienen de una distribución normal por lo cual también se utilizó la prueba estadística de T-Student para muestras relacionadas y determinar la significancia de la hipótesis.

En la hipótesis específica 1 se determinó un p valor = 0,000 menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador concluyéndose que:

“El plan de mantenimiento preventivo mejora la programación de la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022”.

En la hipótesis específica 2 se determinó un p valor = 0,000 menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador concluyéndose que:

“El plan de mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022.”

Los resultados obtenidos en esta investigación son parecidos a lo obtenido por Torres (2018) quien realizó una investigación titulada “Plan De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Productividad De La Empresa OFILAB PERÚ SAC - Lima, 2018” quien llegó a la conclusión que la aplicación del plan de mantenimiento preventivo incrementó significativamente la eficacia de la empresa Ofilab Peni SA del análisis estadístico la media pasa de 0,47 a 0,93 obteniendo una mejora de la mejora es de 0,46, demostrando así. que existe una relación directa entre la variable independiente y la eficacia de la variable dependiente.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la disponibilidad de la línea de piedra chancada de una empresa de agregado de construcción mejoró mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo. Donde inicialmente la media de la disponibilidad de la línea de piedra chancada representaba un valor de 0,672750 y en la etapa de Post – Test la media de la variable dependiente en el Pre – Test tuvo un valor de 0,672750 y en la etapa de Post – Test la media logró una media promedio de 0,901500. Es decir, se alcanzó un promedio de mejora del 22.88%.
2. Se concluye que la programación de la línea de piedra chancada de una empresa de agregado de construcción mejoró mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo. Donde inicialmente la la media promedio de la dimensión en el Pre – Test tuvo un valor de 0,602219 y en la etapa de Post – Test la media logró una media promedio de 0,900719. Es decir, se alcanzó un promedio de mejora del 29.85%.
3. Se concluye que el rendimiento de la línea de piedra chancada de una empresa de agregado de construcción mejoró mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo. Donde inicialmente la la media promedio de la dimensión en el Pre – Test tuvo un valor de 0,743294 y en la etapa de Post – Test la media logró una media promedio de 0,902263. Es decir, se alcanzó un promedio de la mejora del 15.90%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar el plan de mantenimiento preventivo de forma permanente y que sea de alcance de las áreas de operaciones, finanzas y de una nueva área creada para mantenimiento de máquinas y equipos.
2. Se recomienda ampliar el instructivo del mantenimiento preventivo, dirigido a mantenimiento eléctrico así no presente fallas, así como también a estructura civil y áreas administrativas, para esto debe ser la creación con responsabilidad de un área dedicada exclusivamente al mantenimiento preventivo con personal asignado a dedicación exclusiva y bajo responsabilidad.
3. Se recomienda establecer un registro en virtud de la ficha de cada equipo y hacer un monitoreo permanente y rutinario para hacer las evaluaciones de los equipos de acuerdo a los periodos programados según las instrucciones dadas. Si hay alguna variación, evaluarlo minuciosamente de tal forma que los resultados dentro de las dimensiones de la disponibilidad de línea.

REFERENCIAS

- Anderson, E.; Parker, G. y Yinlian, R. (2021) Special Issue of Production and Operations Management “New Business Models and Operations Innovations”. Journal Production and Operations Management. <https://doi.org/10.1111/poms.13647>.
- Andrade, S. (2015). Diccionario de economía (3ra. ed.). México: Ed. Andrade. <https://www.promonegocios.net/administracion/definicion-eficiencia.html>.
- Arata, A. y Furlanetto, L. (2016) “Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento”. RIL Editores. 1a Edición. Santiago, Chile. ISBN: 9562844331
- Arnesto, V. (2016) Técnicas de recopilación y análisis de datos: mejorando la calidad de nuestros hallazgos, <https://goo.gl/io00Jy>
- Bernal, C. (2016). Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3ra. ed.). Colombia: Pearson Educación. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.
- Bonet, B. C. M., "Ley de Pareto aplicada a la fiabilidad", Ingeniería Mecánica, 8(3), 1-9 (2017). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225118188010>
- Castillo, J. (2018) Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para la planta de producción de Paradise Ingredients, ubicada en Cartago, Costa Rica (Tesis de pre grado) IT de Costa Rica Escuela de Ingeniería electromecánica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10095/dise%c3%b1o_modelo_gestion_mantenimiento_para_planta_productos_paradise_ingredients.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castillo J. (2017) Diseño de investigación del desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el modelo de gestión de calidad TPM, con enfoque sistemático para equipos críticos dentro de una edificación y sus instalaciones (Tesis de pregrado). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/12463/1/Jos%C3%A9%20Antonio%20Castillo%20Ch%C3%A1vez.pdf>.

Días, J. (2016). Técnicas de mantenimiento industrial. Cádiz - España: Calpe Institute of technology. <https://pdfslide.net/documents/tecnicas-de-mantenimiento-industrial-juan-diaz-navarro.html>.

Fayezi, S.; Benstead, A. y Klassen, R. (2021) Special Issue of Production and Operations Management “Modern Slavery in Supply Chains: A Socio-Technical Perspective”. Journal Production and Operations Management; Muncie. <https://doi.org/10.1111/poms.13645>.

Fernandez, T.; Miranda, F. y Rocha, E. (2016) Estrategias de Mantenimiento. Revista de aplicaciones de ingeniería. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol3num8/Revista_Aplicaciones_de_la_Ingenieria_V3_N8_3.pdf

Fernández-García, P; Vallejo-Seco, G; Livacic-Rojas, P y Tuero-Herrero, E. (2017) Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. Revista Anales de Psicología. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-97282014000200039#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20cuasi%20experimental%20es,\(ver%20Arnau%2C%201995\)](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-97282014000200039#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20cuasi%20experimental%20es,(ver%20Arnau%2C%201995)).

Fonés, R.; Ochoa, L.; Cano, A. y Gonzales, E. (2016) Gestión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el área de laboratorios de una Institución de Educación Superior. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*.

Fuentes S. (2015). Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de overall equipment efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa Hilados Richard's S.A.C. (Tesis de pregrado). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/497/TL_Fuentes_Zavala_SebastianMoises.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Garcés, G & Castrillón, O. (2017) Diseño de una Técnica Inteligente para Identificar y Reducir los Tiempos Muertos en un Sistema de Producción. Información tecnológica DOI: 10.4067/S0718-07642017000300017.
- García, S (2018). Organización y gestión integral del mantenimiento. Madrid, España: Díaz Santos S.A. https://www.academia.edu/41042547/Organizacion_y_gestion_integral_de_mante.
- García T., Sotomayor, S & Dávila, M. (2016). Modelo de mejora de la competitividad basada en indicadores críticos de gestión en las pequeñas empresas de servicios de mantenimiento de equipos pesados. Lima - Perú. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/2947>
- Guzmán, A. y Meza, C. (2020) Aplicación de Mantenimiento Preventivo para incrementar la Productividad en CIA Minera Los Quenuales S.A. Huarochirí – 2020 (Tesis de pregrado) Universidad Cesar Vallejo Lima – Perú. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72223/Guzm%c3%a1n_LS-Meza_AC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Havrysh, V.; Mentel, G. y Vasbieba, G. (2020) Husk Energy Supply Systems for Sunflower Oil Mills. Journal Energies Basel. <https://doi.org/10.3390/en13020361>.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2018). Metodología de la investigación (5ta. Ed.). México: Mc Graw Hill Educación. <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>.
- Herrera, M. (2017) Aplicación de la gestión de riesgo a equipos y sistemas productivos, Revista DYNA, vol. 84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49655539028>
- Jaffe, E. (2015). “America’s Infrastructure Crisis Is Really a Maintenance Crisis.” Citylab. <http://www.citylab.com/cityfixer/2015/02/americas-infrastructure-crisis-is-really-amaintenance->

crisis/385452/.

Lagunes, P. (2017). "Guardians of Accountability: A Field Experiment on Corruption and Inefficiency in Local. https://uh.edu/hobby/_images/events/lagunes_perustudy.pdf.

Lamb, W.S. y Didriksen, M. (2017). "Electric and Gas Utility Mergers and Acquisitions: Trends in Deal Terms,

Contract Provisions, and Regulatory Matters". Energy LJ

Public Works". International Growth Centre Working Paper C-89335-PER-1.

Masaji T, Fumio G (2018). TPM Implementation. Whashington D.C., USA: Ed. Mac Graw Hill. 1ª Edición. <https://www.worldcat.org/title/tpm-implementation-a-japanese-approach/oclc/25509059>.

Medrano J., Gonzáles V., & Díaz de León Santiago V. (2017). Mantenimiento: técnicas y operaciones industriales (Primera edición). México: Grupo Editorial Patria. <https://docer.com.ar/doc/nss0cvc>.

Mesa, D. Ortis, Y. y Pinzon, M. (2018) La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Revista Scientia et Technica. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf>

Montoya S. (2017). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Estructuras del KAFFE (Tesis de pregrado). Pereira (Risaralda), Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3cbe2e50-016a-4225-a0ff-6918fe7d3500/content>

Moreno, L. A. (2017). How Tech can Fight Corruption in Latin America and the Caribbean. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2017/12/how-technology-is-becoming-a-powerful-ally-in-the-fight-against-corruption-in-latin-america-and-the-caribbean>.

- Murillo, W. (2018). La investigación científica. <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/investcientifica.shtm>.
- Newbrough E. (1918). Administración de mantenimiento industrial. México: <https://www.dichosyrefranes.net/libro/administracion-del-industrial-et-newbrough-mc-graw-hill-pdf.html>
- Osarenmwinda, J. O., y Okorie, A., "Critical components that cause failure and downtime in electrical machine of a power generating plant: a case study" International Journal of Academic Research. DOI: 10.7813/2075-4124.2013/5-6/A.16
- Overmeyer, L., Dreyer, J., y Altmann, D., "Data Mining based configuration of cyclically interlinked production systems", CIRP Annals - Manufacturing Technology, Networking and Automation. DOI: 10.1016/j.cirp.2010.03.081.
- Pargar, F., Kauppila, O. y Kujala, J., 2017. Integrated scheduling of preventive maintenance and renewal projects for multi-unit systems with grouping and balancing. Computers and Industrial Engineering. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.024>.
- Pérez, J. Rave, La Rotta, D. Sánchez K. Madera, Y. Restrepo, G. Rodríguez, M. Vanegas, J y Parra, C. Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052011000300009.
- Quispe, G (2019) Diseño de un modelo de planificación de la mano de obra directa para la gestión de producción de empresas. Revista industrial data. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v22i2.17391>
- Rajagopal, P., y Xavier, A. M. (2016) "Minimizing Material Processing Time and Idle Time of a Critical Machine in a Flow Shop", Advanced Materials Research. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.984-985.106

- Rosales, J.; Tapia, j.; Ávila, S.; Ceja, H.; Carrillo, T y Arredondo, K. (2015). Propuesta de plan de mantenimiento preventivo de los vehículos de transporte en una empresa pública de servicios de agua. Revista Aristas: Investigación Básica y Aplicada. <http://fcqi.tij.uabc.mx/usuarios/revistaaristas/numeros/N6/N6.pdf>
- Salinas, P. y Cárdenas, M. (2019). Métodos de investigación social (2da. ed.). Ecuador: Editorial Quipus CIESPAL. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/126092-opac>.
- Sierra Álvarez, Gabriel Antuán (2016). Programa de Mantenimiento Preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A. Tesis (Ingeniero Mecánico). Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2016. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>.
- Shirose, K (2018). TPM para mandos intermedios de fábrica. Ed. TGP Hoshin 4ª Edición. Madrid, España. https://www.academia.edu/37482596/TPM_en_Industrias_de_Procesos_pdf.
- Smith, A. (2018) Reliability – centered maintenance. Whashington D.C., USA: Editorial Mc Graw – Hill Estados Unidos. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=67563](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=67563)
- Sotomayor M. (2016). Propuesta de un mantenimiento preventivo como estrategia de optimización de desempeño de la empresa Tecnológica de Alimentos S.A. (Tesis de pregrado). Arequipa: Universidad Católica Santa María. <https://core.ac.uk/reader/198122380>.
- Vargas, Z (2019) La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación <file:///C:/Users/usuario/Downloads/538-Texto%20del%20art%C3%ADculo-848-2-10-20120803.pdf>
- Vega A. (2017). Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C. (Tesis

de pregrado). Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1978/Vega_AM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zambrano C. (2016). Análisis de criticidad y confiabilidad en los equipos.
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf>

Zavala C. (2018). Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el chancador primario Fuller, operación Mantoverde (Tesis de pregrado). Valparaiso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/40797/3560900257693UTFSM.pdf?sequence=1&isA>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 36. Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADOR | FÓRMULA | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---------------------------------|---|--|---------------------------|---|---|--------------------|
| INDEPENDIENTE | Es la planeación la cual a través de la gestión en equipos de las maquinas o estructuras y demás atendibles para su conservación se toman las previsiones para garantizar su buen funcionamiento y fiabilidad, antes de una avería y también se analiza a través de la gestión de fallas (Díaz, 2016). | Es la planeación la cual a través de la gestión en equipos de las maquinas o estructuras y demás atendibles para su conservación se toman las previsiones para garantizar su buen funcionamiento y fiabilidad, antes de una avería y también se analiza a través de la gestión de fallas. | Gestión de equipos | Porcentaje de cumplimiento planificado | $\frac{N^{\circ} \text{ Ord. terminadas en fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}} * 100$ | Razón |
| MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | Gestión de fallas | Porcentaje de averías | $\frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}} * 100$ | Razón |
| DEPENDIENTE | La disponibilidad de la línea está sujeta a sus horas de capacidad de producir y también con la inactividad que es aquel momento en que no se realiza un trabajo útil. De acuerdo con este punto de vista, el tiempo total de trabajo de un trabajador tiene dos componentes: el contenido del trabajo y el tiempo de inactividad (Quispe, 2019). | La disponibilidad de la línea viene a ser uno de los principales patrones de comportamiento medible en las maquinas o equipos, aporta las pautas que se puedan requerir para definir un curso de acción de mantenimiento y determinar las acciones para optimizar los recursos en las líneas de producción, para ello se debe tener en cuenta factores de producción con lo programado y tiempos para las razones de disponibilidad y rendimiento. | Programación | Porcentaje de programación | $\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Tiempo programado}} * 100$ | Razón |
| DISPONIBILIDAD | | | Rendimiento | Porcentaje de rendimiento | $\frac{\text{Tiempo de producción estándar}}{\text{Tiempo de producción real}} * 100$ | Razón |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02: Matriz de consistencia

Tabla 37. Matriz de consistencia

| "Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022" | | | | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------------|--|---|---|--|---------------------|---|
| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA | METODOLOGÍA |
| General | General | General | Independiente | Es la planeación la cual a través de la gestión en equipos de las maquinas o estructuras y demás atendibles para su conservación se toman las provisiones para garantizar su buen funcionamiento y fiabilidad, antes de una avería y también se analiza a través de la gestión de fallas (Díaz, 2016). | Es la planeación la cual a través de la gestión en equipos de las maquinas o estructuras y demás atendibles para su conservación se toman las provisiones para garantizar su buen funcionamiento y fiabilidad, antes de una avería y también se analiza a través de la gestión de fallas. | Gestión de equipos | Porcentaje de cumplimiento planificado | Razón | Tipo de investigación: Aplicado Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental Tipo: Preexperimental |
| ¿En qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022? | Determinar en qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022. | La implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022. | MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | Gestión de fallas | Porcentaje de averías | Razón | |
| Específicos | Específicos | Específicos | Dependiente | | | La disponibilidad de la línea está sujeta a sus horas de capacidad de producir y también con la inactividad que es aquel momento en que no se realiza un trabajo útil. De acuerdo con este punto de vista, el tiempo total de trabajo de un trabajador tiene dos componentes: el contenido del trabajo y el tiempo de inactividad (Quispe, 2019). | La disponibilidad de la línea viene a ser uno de los principales patrones de comportamiento medible en las maquinas o equipos, aporta las pautas que se puedan requerir para definir un curso de acción de mantenimiento y determinar las acciones para optimizar los recursos en las líneas de producción, para ello se debe tener en cuenta factores de producción con lo programado y tiempos para las razones de disponibilidad y rendimiento. | Programación | |
| ¿En qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022? | Determinar en qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022. | La implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción, Lima 2022. | DISPONIBILIDAD | | | Rendimiento | Porcentaje de rendimiento | Razón | |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 04: Validación de instrumentos a través de juicio de expertos

Tabla 42. Validación de instrumentos del experto 01



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL Y LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

| VARIABLE / DIMENSIÓN | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | Sí | No | Sí | No | Sí | No | |
| VARIABLE INDEPENDIENTE: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | | |
| Dimensión 1: Gestión de equipos $\% = \frac{N^{\circ} \text{ Ord. terminadas en fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}} \times 100$ | X | | X | | X | | |
| Dimensión 2: Gestión de fallas $\% = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}} \times 100$ | | | | | | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD DE LA LINEA | | | | | | | |
| Dimensión 1: % de disponibilidad $\% = \frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Tiempo programado}} \times 100$ | X | | X | | X | | |
| Dimensión 2: % de rendimiento $\% = \frac{T_{\text{produccionestandar}}}{T_{\text{produccionreal}}} \times 100$ | X | | X | | X | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Sí HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg.: FARFÁN MARTINEZ ROBERTO

DNI:02617808

Especialidad del validador: MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

LIMA 28 de Junio del 2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante

Tabla 43. Validación de instrumentos del experto 02



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL Y LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

| VARIABLE / DIMENSIÓN | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | Sí | No | Sí | No | Sí | No | |
| VARIABLE INDEPENDIENTE: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | | |
| Dimensión 1: Gestión de equipos $\% = \frac{N^{\circ} \text{ Ord. terminadas en fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}} \times 100$ | X | | X | | X | | |
| Dimensión 2: Gestión de fallas $\% = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}} \times 100$ | X | | X | | X | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD DE LA LINEA | | | | | | | |
| Dimensión 1: % de disponibilidad $\% = \frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Tiempo programado}} \times 100$ | X | | X | | X | | |
| Dimensión 2: % de rendimiento $\% = \frac{T_{\text{produccionestandar}}}{T_{\text{produccionreal}}} \times 100$ | X | | X | | X | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Mg./Dr.: Baldeon Montalvo Melanie Yunnete

DNI: 47460661

Especialidad del validador: Maestra en Administración de Empresas

28, de junio del 2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo
Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante

Tabla 44. Validación de instrumentos del experto 03



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL Y LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

| VARIABLE / DIMENSIÓN | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | Sí | No | Sí | No | Sí | No | |
| VARIABLE INDEPENDIENTE: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | | |
| Dimensión 1: Gestión de equipos $\% = \frac{N^{\circ} \text{ Ord. terminadas en fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}} \times 100$ | X | | X | | X | | |
| Dimensión 2: Gestión de fallas $\% = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por averia}}{N^{\circ} \text{ de averias}} \times 100$ | | | | | | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD DE LA LINEA | | | | | | | |
| Dimensión 1: % de disponibilidad $\% = \frac{T_{\text{tiempo de producción}}}{T_{\text{tiempo programado}}} \times 100$ | X | | X | | X | | |
| Dimensión 2: % de rendimiento $\% = \frac{T_{\text{produccionestandar}}}{T_{\text{produccionreal}}} \times 100$ | X | | X | | X | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **SÍ HAY SUFICIENCIA**

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. ROMEL DARIO BAZAN ROBLES
DNI: 41091024

Especialidad del validador: Maestro en Productividad y Relaciones Industriales

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo
Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante

Anexo 05: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Objetivo

El plan de mantenimiento preventivo para línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción en estudio tiene como objetivo:

“Planificar las acciones de mantenimiento con anterioridad, utilizando planeamiento y programación de acuerdo con uso y ficha técnica de las maquinas que operan en la empresa”.

2. Flujo del mantenimiento preventivo

El bujo del mantenimiento preventivo en la organización se presenta en la siguiente figura:

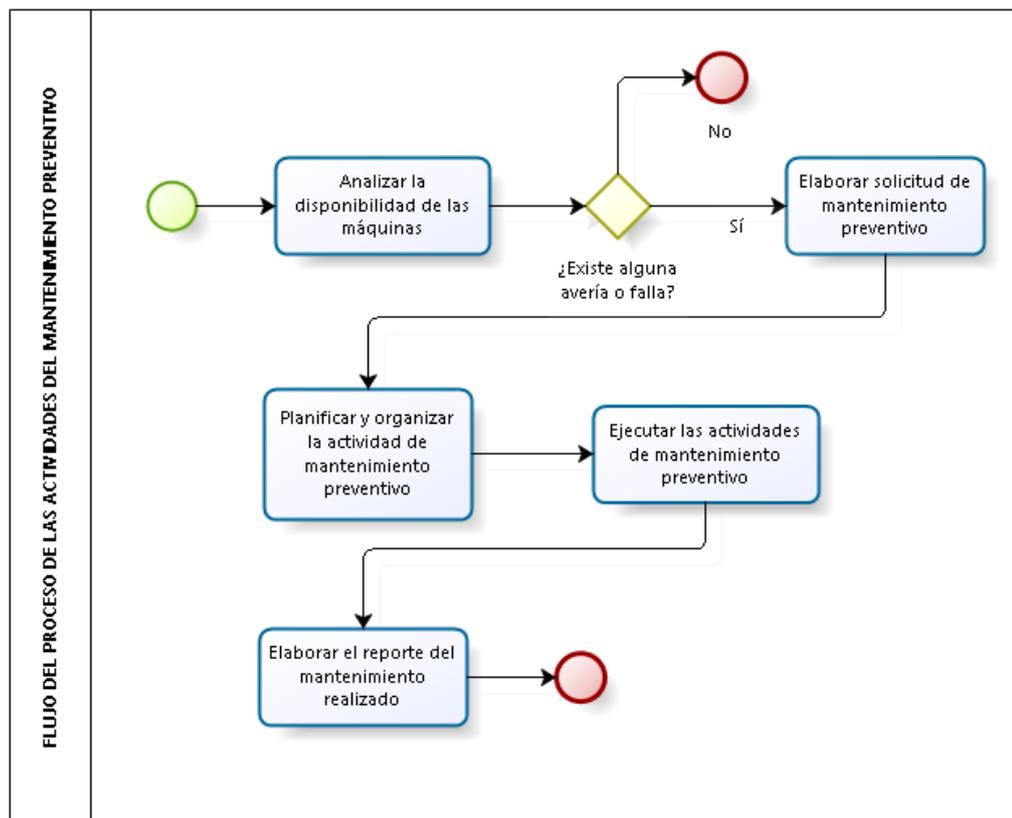


Figura 9. Flujo del mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

3. Actividades del plan de mantenimiento preventivo

Las actividades del plan de mantenimiento preventivo presentan como objetivo mantener las condiciones óptimas de funcionamiento y la de detectar las posibles fallas importantes que puedan ocasionar paradas en la línea de piedra chancada de la empresa. Las actividades de mantenimiento está compuesta por:

Mantenimiento autónomo:

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

El fin principal del mantenimiento autónomo es:

Emplear el equipo como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento.

Desarrollar nuevas habilidades para de análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo.

Evitar el deterioro del equipo mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo con los estándares.

Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador, llevándolo a estados superiores.

Construir y mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y a pleno rendimiento.

Mejorar la seguridad en el trabajo.

a. Inspecciones periódicas planificadas

Consiste en revisar a intervalos fijos, independientemente de su estado original, piezas o componentes de las máquinas y equipos críticos en el proceso de producción. El propósito principal de las inspecciones es obtener información útil acerca del estado de las partes del equipo. La información de estas inspecciones es utilizada para predecir fallas y planear acciones de mantenimiento, dependiendo del estado del equipo. Las inspecciones periódicas planificadas está conformada por las inspecciones rutinarias y las inspecciones permanentes menores, se detallan a continuación:

Inspecciones rutinarias:

Es el conjunto de actividades de mantenimiento de primer nivel que ejecuta el operario al inicio y durante la marcha del equipo. Las inspecciones de rutina incluyen actividades de detección de fallas, lubricación, ajustes y aseo del equipo. A este tipo de inspección se le llama mantenimiento autónomo.

Inspecciones permanentes menores:

Estas inspecciones, que por su mayor importancia, frecuencia y cantidad de ítems diferentes se realizan en forma periódica, con el objeto de la detección precoz del comienzo de anomalías o futuras fallas técnicas. Este tipo de inspecciones involucran actividades de mantenimiento tipo mecánico y eléctrico.

Inspecciones permanentes mayores:

Cuando los límites de vida son de valores elevados o abarcan periodos relativamente dilatados, se efectúan inspecciones periódicas mayores, que generalmente atienden elementos estructurales, subconjuntos de dinámica muy restringida y zonas de características especiales.

Tabla 45. Procedimiento de inspección permanente

| PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN PERMANENTE | | |
|---|------------------------|---|
| Actividad | Técnica | Instrumento |
| Inspección rutinaria | Listas de chequeo | Inspecciones visuales |
| Inspecciones permanentes menores | Formatos de inspección | Inspecciones visuales |
| Inspecciones permanentes mayores | Formatos de inspección | Inspecciones visuales Inspección general |

b. Lubricación

Actividades tendientes a mejorar el comportamiento de desgaste de superficies en contacto y en movimiento.

c. Ajustes

Actividades orientadas a devolver las características del montaje a los equipos de acuerdo con los estándares definidos.

4. Formatos del plan de mantenimiento preventivo

Los formatos de registro de datos que se emplearán como parte del desarrollo del mantenimiento preventivo son los siguientes:

- a. Formato de inventario de máquinas y equipos.
- b. Ficha técnica.
- c. Formato de lubricación de las máquinas y equipos.
- d. Formato de inspección de la lubricación.
- e. Formato del historial de la máquinas y equipos.
- f. Formato de la programación del mantenimiento preventivo por máquina.
- g. Formato de la programación del mantenimiento autónomo.
- h. Formato de inspección de la máquina o equipo.
- i. Formato de orden de trabajo.

Tabla 47. Formato de la ficha técnica

| FICHA TÉCNICA | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------------|------|--------------------|-----|-----------------|----------|--------|
| DATOS DEL EQUIPO | | | | | | | | |
| EQUIPO: | | | | MODELO | | | SERIE: | |
| FABRICANTE: | | | | AÑO DE FABRICACIÓN | | | | |
| PESO TOTAL: | | DIMENSIONES | | X(largo): | | Y(ancho): | Z(alto): | |
| TRABAJO | | | | | | | | |
| CRÍTICO | | TURNO | | ESPORÁDICO | | INTERMITENTE | | |
| SISTEMAS | | | | | | | | |
| ELÉCTRICO | | VOLTAJE [V] | | CORRIENTE [A] | | FRECUENCIA [Hz] | | |
| HIDRÁULICO | | TIPO | | | | | | |
| REFRIGERACIÓN | | | | | | | | |
| LUBRICACIÓN | | | | | | | | |
| NEUMÁTICO | | | | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| MOTORES ELÉCTRICOS | | | | | | | | |
| No | FUNCIÓN | KW | VOLT | AMP | RPM | HZ | MARCA | MODELO |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| IMAGEN DE LA MÁQUINA | | | | | | | | |

Fuente: (Sierra Álvarez, 2016)

Tabla 52. Formato de la programación del mantenimiento autónomo

| FORMATO DE LA PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO | | |
|--|--|-----------------------------|
| MÁQUINA: | | IMAGEN DEL EQUIPO O MÁQUINA |
| FABRICANTE: | | |
| MODELO: | | |
| SERIE: | | |
| CÓDIGO: | | |
| | | |
| LINEAMIENTOS PARA CUMPLIR DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA O EQUIPO | | |
| | | |
| LUBRICACIÓN | | |
| | | |
| NORMAS DE SEGURIDAD | | |
| | | |

Fuente: (Sierra Álvarez, 2016)

Tabla 54. Formato de orden de trabajo

| FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO | | | | |
|--|--------------------------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| SOLICITADO POR: | | | ORDEN DE TRABAJO N° | |
| MÁQUINA: | | | TIPO DE SOLICITUD: | URGENTE / NORMAL |
| FABRICANTE: | | | CÓDIGO: | |
| MODELO: | | | | |
| SERIE: | | | | |
| PARTE | ANOMALÍA | CAUSA | POSIBLE SOLUCIÓN | DETALLE DEL ESTADO |
| | | | | |
| SOLICITADO POR: | | | FECHA: | |
| REVISADOR POR: | | | FECHA: | |
| APROBADO POR: | | | FECHA: | |
| N° | DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO POR REALIZAR | | | |
| | | | | |
| MATERIALES, REPUESTOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS REQUERIDOS | | | | |
| N° | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| | | | | |
| DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS | | | | |
| | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO | | | | |
| | | | | |

Fuente: (Sierra Álvarez, 2016)

Anexo 06: Carta de autorización



AUTORIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA PUBLICAR SU IDENTIDAD EN LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

Datos Generales

| | |
|---|-----------------------------|
| Nombre de la Organización: | RUC: 20452573122 |
| Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Minera de la Construcción | |
| Nombre del Titular o Representante legal: | Johny Edwin Morales Herrera |
| Nombres y Apellidos | DNI: |
| Johny Edwin Morales Herrera | 22244764 |

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7º, literal "f" del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (*), autorizo [], no autorizo [] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

| | |
|---|----------|
| Nombre del Trabajo de Investigación | |
| Plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad en la línea de piedra chancada en una empresa de agregados para construcción | |
| Nombre del Programa Académico: | |
| Taller para elaboración de tesis | |
| Autor: Nombres y Apellidos | DNI: |
| Alinson Solangh Rodriguez Buamscha | 46904294 |

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Lugar y Fecha: 27-06-2022

Firma: _____

(Titular o Representante legal de la Institución)

SOCIEDAD MINERA DE RESP. LIMIT
MINERA DE LA CONSTRUCCIÓN

Johny Edwin Morales Herrera
GERENTE GENERAL

(*) Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7º, literal " f " Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en los informes o tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, pero sí será necesario describir sus características.

Figura 10. Carta de autorización