

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. EN LA CIUDAD DE LIMA - PERÚ, AÑO 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Ely Merly Vásquez Zegarra
Antonio Giampierre Mori Flores

Asesor:

Ing. Mg. Miguel Angel Oruna Rodriguez

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

La presente investigación la dedicamos a Dios,
a nuestra familia, docentes, compañeros, y amigos
por ayudarnos y darnos la fuerza durante este
proceso de aprendizaje y aplicación de todo
el conocimiento a fin de obtener la titulación de
ingeniería industrial.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Privada del Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación, de manera especial al Ing. Mg. Miguel Ángel Oruna Rodríguez, asesor de nuestro proyecto de tesis quien nos ha guiado arduamente durante este proceso y su valioso aporte para nuestra investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	26
CAPÍTULO 3. RESULTADOS	45
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	64
REFERENCIAS	70
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencia de causas que generan baja productividad en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, febrero del año 2020	10
Tabla 2. Indicadores de Mantenimiento.....	19
Tabla 3. Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Mantenimiento Preventivo”.....	32
Tabla 4. Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Mantenimiento Preventivo”.....	33
Tabla 5. Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Mantenimiento Preventivo”.....	33
Tabla 6. Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Mantenimiento Preventivo”.....	34
Tabla 7. Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Productividad”.....	35
Tabla 8. Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador de Índice de Mantenimiento Preventivo de la variable Mantenimiento Preventivo.....	37
Tabla 9. Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador de Disponibilidad de la variable Mantenimiento Preventivo.....	38
Tabla 10. Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador MTBF de la variable Mantenimiento Preventivo.....	40
Tabla 11. <i>Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador Confiabilidad de la variable Mantenimiento Preventivo</i>	41
Tabla 12. Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador de Productividad de la variable Mantenimiento Preventivo	43
Tabla 13. Estadística descriptiva - Índice de mantenimiento preventivo y su influencia en la productividad.....	45
Tabla 14. Correlación 1 - Índice de mantenimiento preventivo y su influencia en la productividad.....	46
Tabla 15. Resumen del modelo - Disponibilidad y su influencia en la productividad.....	47
Tabla 16. Correlación 2 - Disponibilidad y su influencia en la productividad Estadística descriptiva - Índice de mantenimiento preventivo y su influencia en la productividad.....	48
Tabla 17. Coeficientes – Tiempo medio entre fallas y su influencia en la productividad.....	49
Tabla 18. Correlación 1 – Tiempo medio entre fallas y su influencia en la productividad.....	50
Tabla 19. Coeficientes - Confiabilidad y su influencia en la productividad	51
Tabla 20. Correlación 1 - Confiabilidad y su influencia en la productividad	52
Tabla 21. Prueba T student para diferencia de medias.....	43
Tabla 22. Índice de mantenimiento preventivo por semestre del año 2020	55
Tabla 23. Diferencia de Medias de la Disponibilidad	56
Tabla 24. Disponibilidad por semestre del año 2020	57
Tabla 25. Diferencia de Medias de MTBF.....	58
Tabla 26. Tiempo medio entre fallas por semestre del año 2020.....	59

Tabla 27. Diferencia de Medias de Disponibilidad	60
Tabla 28. Confiabilidad por semestre del año 2020	61
Tabla 29. Diferencia de Medias de Productividad	62
Tabla 30. Productividad por semestre del año 2020	63
Tabla 31. Plan De Mantenimiento Preventivo	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pareto de la frecuencia de causas que generan baja productividad en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, febrero del año 2020	11
Figura 2. Modelo ajustado del indicador de Índice de Mantenimiento Preventivo	32
Figura 3. Modelo ajustado del indicador de confiabilidad	33
Figura 4. Modelo ajustado del indicador de MTBF	34
Figura 5. Modelo ajustado del indicador de Confiabilidad	35
Figura 6. Modelo ajustado del indicador de Productividad	36
Figura 7. Histograma de Índice de Mantenimiento Preventivo.....	37
Figura 8. Histograma de Disponibilidad	39
Figura 9. Histograma de MTBF	40
Figura 10. Histograma de Confiabilidad	42
Figura 11. Histograma de Productividad.....	43

RESUMEN

En la presente tesis MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. EN LA CIUDAD DE LIMA - PERÚ. AÑO 2020, el tipo de investigación fue cuantitativa aplicada, y el diseño de investigación es experimental, correlacional y longitudinal. La problemática encontrada fue la baja productividad (27,527 sacos producidos por mes en promedio) causada por las paradas de máquina. Por ello, el objetivo fue mejorar el mantenimiento preventivo a fin de aumentar la productividad. La variable independiente fue el mantenimiento preventivo y la variable dependiente fue la productividad. La población fueron 4 máquinas y la muestra también 4 máquinas. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron la recolección de datos de registros de producción, hojas de cálculo, software especializado (Excel, Statgraphics y SPSS) y observaciones en el área de producción. Se mejoraron positivamente los indicadores del mantenimiento preventivo: índice de mantenimiento preventivo (de 5.34% hasta 7.42%), la disponibilidad (de 4.917% hasta 7.88%), el tiempo entre fallas (de 70.55 horas hasta 216.39 horas) y la confiabilidad (de 15.29% hasta 83.22%) causando que la productividad aumente 41.08% hasta alcanzar los 46,716 sacos producidos por mes en el segundo semestre del año 2020.

Palabras clave: Mantenimiento, productividad, cal, paradas, preventivo

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1. Realidad Problemática

Las empresas de producción de cal desarrollan sus actividades en un mundo globalizado en donde el intercambio comercial entre países impulsados por la tecnología exige altos niveles de productividad para posicionarse en el mercado dado que es uno de los “diferentes atributos que atraen a distintos clientes. Algunos clientes se fijan [...] en el costo de un producto y/o servicio, en consecuencia, algunas compañías tratan de posicionarse como las que ofrecen los precios más bajos” (Chase, Jacobs, y Aquilano, 2009, p. 22). Por esta razón, es pertinente el mantenimiento preventivo en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. e incrementar la productividad.

Jorge Saavedra Gamón (2004) confirma que la tecnología está transformando el mundo de forma acelerada por lo cual ser competitivo es fundamental. Esto se logra utilizando de los recursos con eficiencia; entonces si las líneas de producción se detienen, incrementan los costos de producción y disminuyen la vida útil de los equipos. Por ello, para ser competitivos debemos contar con una gestión del mantenimiento eficaz.

Santiago García Garrido (2003) indica que, si queremos optimizar, ya no es suficiente con pensar en el tipo de instalación o en las características del equipo. Es necesario tener en cuenta toda una serie de factores, como el coste de una parada de producción, su influencia en la seguridad, el coste de una reparación, entre otros; determinando las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo. Además, menciona por qué es importante el mantenimiento:

- Por necesidad de optimizar el uso de recursos.
- Por la multitud de técnicas de mantenimiento aplicadas

- Porque los departamentos necesitan estrategias para alcanzar objetivos
- Porque la calidad, la seguridad, y las interrelaciones con el medio ambiente han tomado relevancia.

Se utilizó la herramienta Ishikawa (anexo 1) para encontrar la causa raíz del ineficiente mantenimiento que genera baja productividad en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C.:

Luego, se consolidó las posibles causas raíz y se verificaron en registros la frecuencia de sucesos y se validó la información con los colaboradores. Se determina que la principal causa raíz es el mantenimiento inadecuado que reciben las máquinas ocasionando un ineficiente mantenimiento que genera baja productividad en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C.

Tabla 1

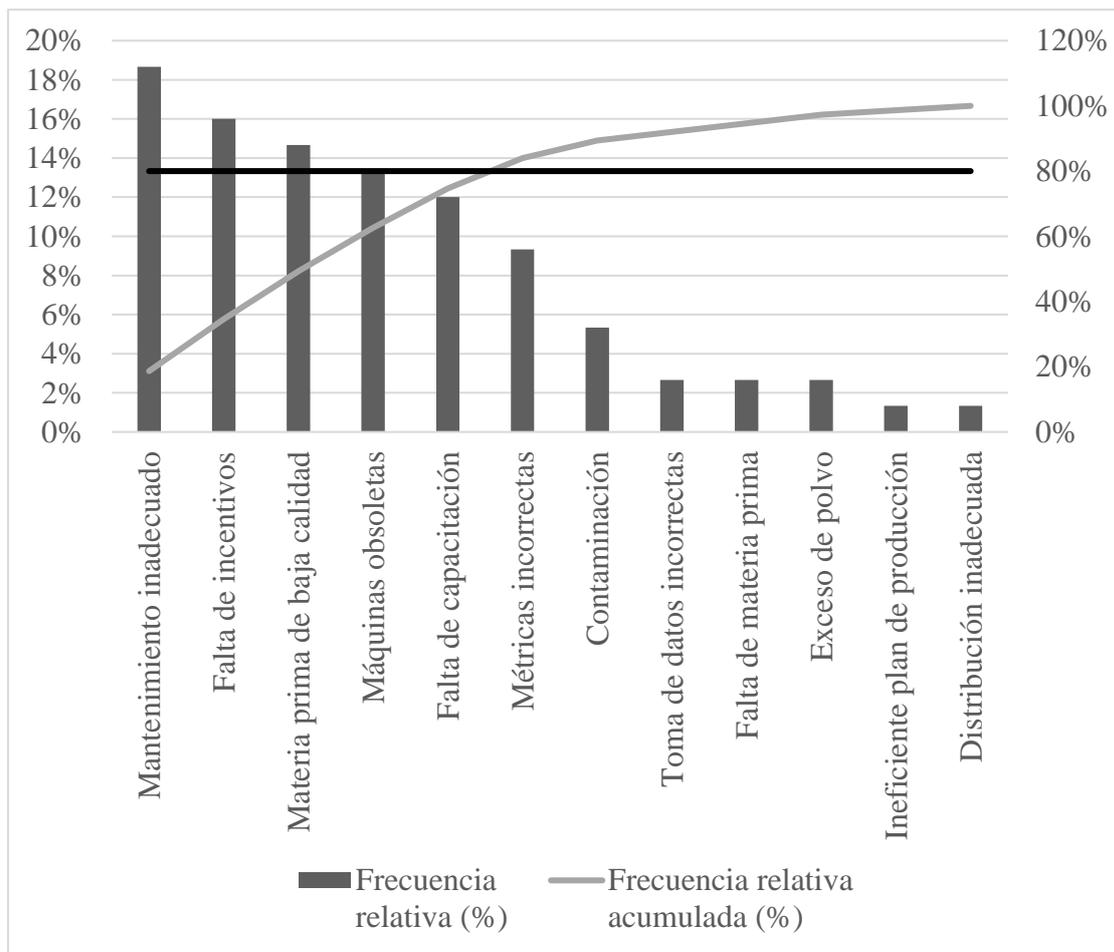
Frecuencia de causas que generan baja productividad en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, febrero del año 2020

Causa raíz	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
Mantenimiento inadecuado	14	18.67%	18.67%
Falta de incentivos	12	16.00%	34.67%
Materia prima de baja calidad	11	14.67%	49.33%
Máquinas obsoletas	10	13.33%	62.67%
Falta de capacitación	9	12.00%	74.67%
Métricas incorrectas	7	9.33%	84.00%
Contaminación	4	5.33%	89.33%
Toma de datos incorrectas	2	2.67%	92.00%
Falta de materia prima	2	2.67%	94.67%
Exceso de polvo	2	2.67%	97.33%
Ineficiente plan de producción	1	1.33%	98.67%
Distribución inadecuada	1	1.33%	100.00%
Total	75	100%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 1

*Pareto de la frecuencia de causas que generan baja productividad en la empresa CAL Y
DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, febrero del año 2020*



Fuente: Elaboración propia

2. Antecedentes

2.1 Local

En la tesis aplicada descriptiva no experimental “Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la empresa NAYLAMP – Chiclayo 2016” Altamirano Requejo, Yosán y Zavaleta Ibañez, Máximo Simón (2016), el problema

encontrado fue la pérdida de 7449 litros de alcohol en un mes. Por ello, objetivo fue elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron análisis documental, observación, entrevista, ficha técnica, guía de observación y ficha de registro; la población y la muestra fueron iguales (39 máquina y equipos). Se incrementó la productividad de la planta de 267 litros/tonelada de melaza a 271,5 toneladas de melaza; con respecto al recurso tiempo la productividad aumenta de 400 550,67 litros/mes a 407 208 litros/mes.

En la tesis aplicada cuasi experimental “Mantenimiento Preventivo para incrementar la Productividad en el área de mantenimiento de flota vehicular de la Empresa Transportes 77 S.A.” presentada por Paul Alan Joel Coronado Palazuelos (2018), el objetivo fue determinar cómo el mantenimiento preventivo incrementa la productividad en el área de mantenimiento de flota vehicular. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron fichas de recolección de datos y registros analizados posteriormente; la muestra fue 24 semanas similar a la población. Se obtuvo un incremento de la productividad en 21.17%; de la eficiencia en 13.62%, y la eficacia en 16.16%.

En la tesis aplicada cuasi experimental “Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la maquinaria pesada portuaria en la empresa APM terminal, Callao 2017” presentada por Raúl Edwin López Chiotti (2018), el problema encontrado fue un plan de mantenimiento deficiente que provoca diversos problemas como las constantes paradas por falla mecánica y congestión en las zonas de producción. Por ello, determinar de qué manera la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo mejora la productividad de la maquinaria pesada portuaria. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron la recolección de datos, la observación y su respectivo análisis; el tamaño de la población fue similar de 15 unidades de maquinaria portuaria. Se obtuvo un incremento de la productividad de 17,33%, así como la eficiencia en 11% y la eficacia en 11,67%.

En la tesis aplicada pre experimental “Mantenimiento y su influencia en la productividad del área de fabricación de municiones de una empresa militar” presentada por Fortunato Arévalo Vílchez (2017), el problema encontrado fue la pérdida de 733,700 unidades dejadas de producir por efectos de máquina paradas, el mismo que representa un monto de S/. 146,740.00 de pérdidas por máquina parada. Por ello, el objetivo fue medir la mejora de la productividad del área de fabricación de municiones al implementar mejoras en el mantenimiento preventivo en la organización. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron la recolección de datos, la observación y su respectivo análisis; el tamaño de la muestra fue de 106 unidades considerando 107 días de fabricación. Se incrementó de la productividad media de 42.32 a 70.33 en los periodos en estudio, la eficiencia de 64.75 a 82.26 en el periodo en estudio y la eficacia de 65.66 a 85.63 en el periodo en estudio.

En la tesis aplicada cuasi experimental “Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa AISLASISTEMAS S.A.C., 2017- Lima” presentada por León Dávila, Laura Nataly (2017), el problema encontrado fue las paredes de máquinas que provocan una baja productividad de 63%. Por ello, el objetivo fue determinar como la implementación de un programa de mantenimiento preventivo mejora la productividad. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron la recolección de datos, la observación y su análisis; la población y la muestra fue similar (32 pedidos). La productividad incremento un 33%, la eficiencia 16% y la eficacia 14%.

En la tesis “Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa LATERCER S.A.C.” presentada por Jorge Luis Gonzales Guzmán (2016), el problema encontrado fue un mantenimiento correctivo que generaba paradas en las líneas de producción e incumplimiento de pedidos. Por ello, el objetivo proponer un mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron recolección de datos, guías documentales y hojas de cálculo.

En todas las líneas de producción, en promedio se redujo en 80% en número de paradas e incrementó la productividad en 12% (49,266 millones por semana) dependiendo del tipo de ladrillo.

2.2 Regional

En la tesis descriptiva “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L” presentada por Camilo Ernesto Buelvas Díaz y Kevin Jair Martínez Figueroa (2014), el problema encontrado fue que el 80% del mantenimiento es de tipo correctivo ocasionando un sobre costo del 65% del presupuesto. Por ello, el objetivo fue elaborar para mejorar su desempeño operacional. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron registros, guías documentales y hojas de cálculo. Primero, se revisó el proceso de mantenimiento instaurado. Después, se inspeccionaron los repuestos e insumos utilizados, se muestrearon algunos vehículos y se realizaron nuevos formatos. Luego, se aplicó el nuevo plan de mantenimiento preventivo y se analizaron los resultados. Finalmente, se logró aumentar 9% la disponibilidad (14 días más), ahorrando 2 400 000 pesos colombianos.

En la tesis “Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo, cumpliendo normativas de buenas prácticas de manufactura bajo los requerimientos del software mp9 en los equipos de la empresa ILA S.A.” presentada por Christian Giovanni Cobo Criollo (2019), el problema encontrado la deficiente planificación y mala gestión de mantenimiento generando paros en la línea de producción. Por ello, el diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo. Las técnicas e instrumentos utilizados fueron recolección de datos, guías documentales y hojas de cálculo. Se obtiene en la gestión del mantenimiento una mejora global del 69,8%.

3. Marco Teórico

3.1 Mantenimiento

Luis Alberto Mora Gutiérrez (2009) afirma que “la principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo”.

Santiago García Garrido (2003) afirma que “definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.

Jay Heizer y Barry Render (2007) indican que es “conseguir una alta utilización de las instalaciones y equipos, mediante un mantenimiento preventivo eficaz y una rápida reparación de aquéllos [...]; deben tomarse decisiones sobre los niveles deseados de fiabilidad y estabilidad, y deben establecerse sistemas que mantengan esa fiabilidad y estabilidad”.

3.1.1 Términos del mantenimiento

Jorge Saavedra Gamón (2004) indica algunos términos usados frecuentemente en la gestión del mantenimiento.

- Pieza

Elemento físico no divisible de un mecanismo, parte del equipo donde se realizan cambios y reparaciones.

- Componente

Elemento indispensable para el funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física y en apoyo con otros son capaces de realizar un trabajo.

- Equipo

Integración de componentes que es capaz de realizar una actividad.

- Familia de equipos

Equipos que son elaborados por el mismo fabricante. Además, son del mismo tipo y modelo.

- ítem (de mantenimiento)

Para evitar repeticiones extensas de palabras como sistema, sub sistema, instalación, planta, maquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, complemento o pieza.

- Defecto

Ocurrencias en los ítems que no permiten su funcionamiento y no están disponibles a corto o largo plazo

- Avería

Falla de la capacidad de un ítem para realizar un trabajo requerido.

También. Luis Alberto Mora Gutiérrez (2009) menciona los siguientes términos:

- Reparaciones

Tareas no planeadas de mantenimiento que se ejecutan luego de que sucede la avería.

- Desvare

Reparación inmediata al equipo restaurar la condición de trabajo u operación, pero no necesariamente a sus condiciones estándar.

E indica que el mantenimiento correctivo consta de las siguientes actividades:

- Detección de la falla
- Localización de la falla
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución

- Montaje
- Pruebas
- Verificación

3.1.2 Tipos de mantenimiento

3.1.2.1 Mantenimiento correctivo

Luis Alberto Mora Gutiérrez (2009) señala que “el mantenimiento correctivo consiste en la pronta reparación de la falla y se le considera de corto plazo. Las personas encargadas de reportar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las máquinas o equipos, y las reparaciones corresponden al personal de mantenimiento”.

Jorge Saavedra Gamón (2004) lo define como un “conjunto de acciones tendientes a solucionar o corregir un ítem con falla o avería, con el fin de restituir su disponibilidad”.

3.1.2.2 Mantenimiento Predictivo

Jorge Saavedra Gamón (2004) menciona que son “todas las actividades sistemáticamente predefinidas y repetitivas de mantenimiento responsables por la continuidad del servicio de un ítem, englobando, inspecciones, ajustes, conservación y eliminación de defectos, cuyo destino final es evitar o reducir fallas en los equipos, mejorar la confiabilidad de los equipos y la calidad de producción”.

Luis Alberto Mora Gutiérrez (2009) “el mantenimiento predictivo basa sus principios en el conocimiento permanente del estado y la operatividad de los equipos, mediante la medición de diferentes variables. El control que se tiene de estas variables determina la utilización del predictivo”.

3.1.2.3 Mantenimiento preventivo

Luis Alberto Mora Gutiérrez (2009) indica que “la función principal del mantenimiento preventivo es conocer el estado actual de los equipos mediante los registros de control llevados en cada uno de ellos, y en coordinación con el departamento de programación, para realizar la tarea preventiva en el momento más oportuno”. Santiago García Garrido (2003) afirma que “es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno”. Richard B. Chase, F. Robert Jacobs & Nicholas J. Alquilano (2009) indican que el mantenimiento preventivo se enfoca en “[...] garantizar que no se interrumpan los flujos debido al tiempo de inactividad o al mal funcionamiento del equipo. El mantenimiento preventivo comprende la inspección periódica y el diseño de reparaciones para que una máquina sea confiable”.

Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman y Manoj K. Malhotra (2008) indican que “con mantenimiento preventivo es posible reducir la frecuencia y duración del tiempo ocioso de las máquinas [...] se realiza de acuerdo con un programa que establece un punto de equilibrio entre el costo del programa de mantenimiento preventivo y los riesgos y costos que implicaría la descompostura de una máquina”.

3.1.3 Medición del mantenimiento

Santiago García Garrido (2003) da una serie de indicadores de la evolución del mantenimiento:

Tabla 2

Indicadores de Mantenimiento

Indicadores	Fórmula	Unidad de medida
Confiabilidad MTBF: Tiempo medio entre fallas MTTR: Tiempo medio de reparación	$C = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$	%
Tiempo medio de reparación MTTR: Mean Time To Repair	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$	Horas
IMP: Índice de mantenimiento preventivo	$IMP = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento programado}}{\text{Tiempo total de de mantenimiento}} \times 100$	%
Disponibilidad	$D = \frac{\text{Horas totales} - \text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \times 100$	%
Tiempo medio entre fallas MTBF: Mean Time Between Failures	$MTBF = \frac{\text{Horas totales}}{\text{número de fallas}}$	Horas

Fuente: Elaboración propia

3.2 Productividad

Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman y Manoj K. Malhotra (2008) “la productividad es una medición básica del desempeño de las economías, industrias, empresas y procesos. La productividad es el valor de los productos (bienes y servicios), dividido entre los valores

de los recursos (salarios, costo de equipo y similares) que se han usado como insumos”. Richard B. Chase, F. Robert Jacobs y Nicholas J. Alquilano (2009) indican que “la productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios”.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

Jay Heizer y Barry Render (2009) afirman que “la productividad es la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital)”.

Además, Jay Heizer y Barry Render (2007) afirmaron que “mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia”. Y la dividen en dos tipos:

- Productividad de un solo factor

Indica la relación entre los bienes y servicios producidos (outputs/producción) y un recurso (input/factor productivo) utilizado en su producción.

- Productividad total o multifactorial

Indica la relación entre los bienes y servicios producidos (outputs/producción) y muchos o todos los recursos (inputs/factores productivos) utilizados en su producción.

3.3 Cal

La Real Academia Española (2021) indica que es una “sustancia alcalina constituida por óxido de calcio, de color blanco o blanco grisáceo, que al contacto del agua se hidrata o se apaga, con desprendimiento de calor, y mezclada con arena forma la argamasa o mortero”.

Fórmula química:



4. Justificación

4.1 Justificación teórica

El presente trabajo de investigación se justifica porque mediante el estudio se podrá conocer sobre la industria de la producción de la cal, basándose en la medición de los indicadores del mantenimiento preventivo para aumentar la productividad, de esta manera mostrar el verdadero impacto que el primero genera en el segundo. Según Gonzales, J (2016) la razón por la cual se hace el mantenimiento preventivo es porque momentáneamente se recurre a un mantenimiento correctivo, al encontrar paradas en líneas de producción, ocasionando caos, tiempo e incumplimiento de la demanda. El mismo autor refiere en su investigación que con la propuesta del mantenimiento preventivo de las maquinas genera un verdadero impacto en la productividad, ya que aumentó en un 12% con respecto de los meses anteriores donde no existía esta metodología en la empresa.

Este estudio aportará información sobre instrumentos para recolección de datos, esto a fin de que a largo plazo se cuente con una data histórica un poco más precisa, con el fin de medir el porcentaje de los indicadores mensuales, según Roncal, J. (2017) concluye que el mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de la empresa Transvial Lima S.A.C, mediante el uso de los indicadores del mantenimiento preventivo y la ejecución adecuada de las diversas inspecciones, se logró mejorar su disponibilidad en un 62%.

Actualmente las empresas de producción de cal como todas las empresas tienen como finalidad generar mayores utilidades, para esto se basan en cumplir íntegramente las cantidades demandadas por sus clientes, conociendo estos factores se debe prevenir con las amenazas que pueden atentar, desarrollando un mantenimiento preventivo de las máquinas, de esta manera generando mayor confianza en los clientes y fidelizarlos al cumplir con la calidad y el tiempo de entrega de los productos solicitados.

4.2 Justificación práctica

La presente investigación beneficiará directamente a todas las industrias de cal involucrados en su producción, para así determinar el impacto que genera el mantenimiento preventivo de las maquinas en su elaboración.

Beneficiará a dichas empresas, además, a todo el público de habla hispana que se encuentre interesada en aplicar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar su productividad.

El mantenimiento como tal genera una gran cantidad de trabajos para todas las empresas de servicios especializadas en la misma área mencionada, debido a que existen máquinas como, por ejemplo: Las calderas, molinos de martillo, estas necesitan mano de obra capacitada en ese rubro. La incorporación de la mano de obra preparada, por parte de empresas tercerizadoras ayudan en el mejor control y mantenibilidad de las máquinas, haciendo que los clientes potenciales miren como una mejor opción a la empresa. Además, gracias a la tercerización se cuenta con una mejor disponibilidad de las máquinas, de tal forma que seamos capaces de satisfacer los requerimientos de la demanda sin descuidar los estándares de calidad requeridos, para mantener la fiabilidad de los clientes

Por último, mediante la mejora de la productividad se busca reducir el número paradas de máquinas, las cuales generan pérdida de tiempo y dinero para cualquier entidad que no tenga un programa de mantenimiento de acuerdo con el tipo de máquina que usen para su línea de producción, dejando así de cumplir así con la demanda pronosticada y requerida por los clientes.

5. Formulación del problema

5.1.1 Problema general

¿En qué medida el mantenimiento preventivo influye en la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C., en la ciudad de Lima-Perú, en el año 2020?

5.1.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia entre la confiabilidad y la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C., en el año 2020?
- ¿Cuál es la influencia entre el índice de mantenimiento programado y la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C., en el año 2020?
- ¿Cuál es la influencia entre la disponibilidad y la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, en el año 2020?
- ¿Cuál es la influencia del incremento del tiempo entre fallas y la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, en el año 2020?

6. Objetivos

6.1.1 Objetivo General

Determinar de qué manera el mantenimiento preventivo influye en la productividad en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C., en la ciudad de Lima-Perú en el año 2020.

6.1.2 Objetivos específicos

- Demostrar si la confiabilidad influye en la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.
- Demostrar si el índice de mantenimiento programado influye en la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.
- Demostrar si la disponibilidad influye la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.
- Demostrar si el incremento del tiempo entre fallas influye en la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.

7. Hipótesis

7.1.1 Hipótesis general

El mantenimiento preventivo influye directamente en la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.

7.1.2 Hipótesis específicas

- La confiabilidad influye en la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.
- El índice de mantenimiento programado influye en la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.

- La disponibilidad influye la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.
- El incremento del tiempo entre fallas fluye en la productividad de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de lima-Perú, en el año 2020.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1 Tipo de investigación

- Por su enfoque

Carlos Muñoz Razo (2011) menciona que son “investigaciones donde la recolección de datos es numérica, estandarizada y cuantificable, y el análisis de información y la interpretación de resultados permiten fundamentar la comprobación de una hipótesis mediante procedimientos estadísticos, los cuales ofrecen la posibilidad de generalizar los resultados”. Entonces es cuantitativa debido a que analiza estadísticamente los datos recolectados a fin de comprobar las hipótesis presentadas.

- Por su finalidad

Santiago Valderrama Mendoza (2002) indica que “busca conocer para hacer, actuar, construir y modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad concreta”. Entonces es aplicada porque con los conocimientos de mantenimiento preventivo se busca aumentar la productividad beneficiando a la empresa

2.2 Diseño de investigación

Arístides Alfredo Vara Horna (2012) indica que “son investigaciones en los que se manipulan deliberadamente una o más variables independientes para estudiar sus efectos. El experimento es un procedimiento riguroso usado para comprobar hipótesis causales, mediante la manipulación de variables independientes”. Entonces es experimental ya que se manipulará el mantenimiento a fin de que influya en la productividad buscando comprobar la hipótesis.

Ciro Espinoza Montes (2014) menciona que “consiste en recolectar dos o más conjuntos de datos de un objeto de investigación con la intención de determinar la relación

entre éstos datos”. También, es correlacional ya que se busca determinar la relación entre el mantenimiento preventivo y la productividad.

Ciro Espinoza Montes (2014) indica que “se toma una muestra del objeto de investigación, la misma que es evaluada en distintos momentos en el tiempo y por períodos bastante largos”. Además, es longitudinal debido a que la variable independiente se mide antes para conocer sus valores iniciales y después de manipularla para conocer los cambios ocurridos.

2.2 Población y muestra

- Universo

Santiago Valderrama Mendoza (2002) define al universo como “un conjunto finito o infinito de elementos, seres o cosas, que tienen atributos o características comunes, susceptibles de ser observados”. Entonces, nuestro universo son 4 máquinas de la empresa CAL Y DERIVADOS AMERICA S.A.C.

$U = 4$ máquinas molino de martillo

- Población

Arístides Alfredo Vara Horna (2012) define a la población como “el conjunto de sujetos o cosas que tienen una o más propiedades en común, se encuentran en un espacio o territorio y varían en el transcurso del tiempo”. Entonces, nuestra población son 4 máquinas de la empresa CAL Y DERIVADOS AMERICA S.A.C.

$N = 4$ máquinas molino de martillo

- Muestra

Santiago Valderrama Mendoza (2002) define a la muestra como “un subconjunto representativo de un universo o población”. Entonces, debemos hallar una muestra representativa de la población conocida (4 máquinas) que es cuantitativa mediante la siguiente función:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times (1 - p)}{(N - 1) \times e^2 + Z^2 \times p \times (1 - p)}$$

donde:

- N: Población, 4 máquinas
- Z: Nivel de confianza, 1.96 para un nivel de confianza del 95%
- P: Proporción, 0.05
- e: error, 5% faltante al nivel de confianza

$$n = \frac{4 \times 1.96^2 \times 0.5 \times (1 - 0.5)}{(4 - 1) \times 0.05^2 + 1.96^2 \times 0.5 \times (1 - 0.5)} = 3.979 \approx 4 \text{ máquinas molino de martillo}$$

Entonces, la población y muestra son similares, 4 máquinas molino de martillo.

2.3 Operacionalización de variables

Carlos Muñoz Razo (2011) define a la variable independiente como “aquella que produce ciertas modificaciones en otra variable con la cual está relacionada. Es aquella propiedad, característica o circunstancia que se supone será la causa directa de la modificación en el comportamiento del fenómeno en estudio”. Además, define a la variable dependiente como aquella “que sufre las modificaciones (esperadas o no esperadas). Siempre que la variable independiente cambia, provocará una repercusión en la variable dependiente”.

Matriz de operacionalización de variables (anexo 2):

- Variable independiente: Mantenimiento preventivo, en donde se realizarán acciones orientadas a mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de las máquinas.
- Variable dependiente: Productividad, quién será influenciada por los cambios realizados para aumentar la producción y reducir horas programadas.

2.4 Técnicas e instrumentos de investigación

Arístides Alfredo Vara Horna (2012) menciona que “las técnicas de análisis de datos son herramientas útiles para obtener información científica. Después de organizar los datos, es necesario analizarlos cualitativa o cuantitativamente, dependiendo de su naturaleza. Para obtener los resultados de la investigación, es necesario primero analizar la data”.

Santiago Valderrama Mendoza (2002) hace una descripción de las técnicas que se van a utilizar en la presente investigación:

- Mediante la consustanciación: depuración de datos erróneos, falsos, no necesarios obtenidos.
- Clasificación de la información: agrupar de las variables dependientes e independientes según su distribución de frecuencias.
- Tabulación de datos: Agrupar manualmente datos en categorías o dimensiones y se utilizara programas estadísticos.

A fin de realizar el:

- Análisis descriptivo: medidas de tendencia central, medidas de variabilidad, medidas de asimetría y gráficos
- Prueba de hipótesis: Prueba de comparación de medidas, coeficiente de correlación de Pearson y regresión lineal simple.

Carlos Muñoz Razo (2011) indica que los instrumentos “son las herramientas utilizadas por el investigador en la recopilación de los datos, las cuales se seleccionan conforme a las necesidades de la investigación en función de la muestra elegida, y se aplican tanto para hacer la recolección, la observación y/o la experimentación”.

2.4.2 Confiabilidad

Carlos Muñoz Razo (2011) indica que “la confiabilidad se entiende como el grado de confianza que merece la información que se reporta, como resultado del correcto y eficiente desarrollo de la investigación”.

Arístides Alfredo Vara Horna (2012) indica que “la confiabilidad es la capacidad del instrumento de producir resultados congruentes (iguales) cuando se aplica por segunda o tercera vez, en condiciones tan parecidas como sea posible”.

Ciro Espinoza Montes (2012) menciona que “para calcular la confiabilidad de un instrumento existen varios procedimientos. Cada uno de ellos da como resultado el coeficiente de confiabilidad cuyo valor varía entre 0 y 1”.

Se aplicó la confiabilidad de replicación de pruebas (test-retest). Santiago Valderrama Mendoza (2002) indica que “consiste en administrar dos veces una misma prueba a un mismo grupo de sujetos en un intervalo relativamente corto de tiempo (no más de tres meses entre una y otra medición)”. Además, nos indica menciona que se determina mediante la correlación de Pearson:

$$r = \frac{N\sum XY - \sum X\sum Y}{\sqrt{(N\sum X^2 - (\sum X)^2)(N\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

En donde

r = Coeficiente de correlación entre las dos administraciones con la prueba

N = Número de sujetos

$\sum XY$ = Resultado de sumar el producto de cada valor “X” por su correspondiente valor “Y”.

$\sum X$ = Suma total de valores de “X” (primera aplicación).

$\sum Y$ = Suma total de valores de “Y” (primera aplicación).

$\sum X^2$ = Resultado de sumar los valores de “X” elevados al cuadrado.

$\sum Y^2$ = Resultado de sumar los valores de “Y” elevados al cuadrado.

$(\sum X)^2$ = Suma total de los valores de “X”, elevada al cuadrado.

$(\sum Y)^2$ = Suma total de los valores de “Y”, elevada al cuadrado.

Sustituyendo los valores obtenidos de cada indicador de un periodo de 12 días a través de la prueba piloto en donde 2 supervisores se encargaron de la recolección de los datos se presentan los resultados a continuación:

Tabla 2

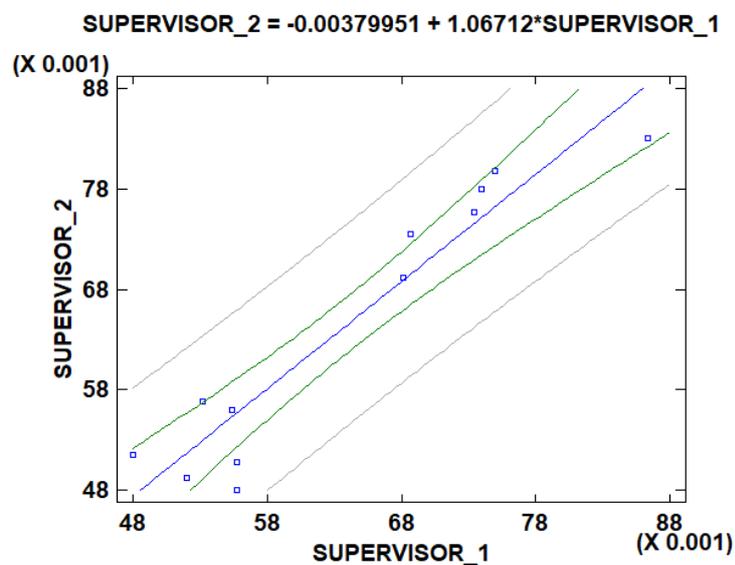
Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Mantenimiento Preventivo”

Indicador	Coefficiente de correlación r de Pearson	N de elementos	Tipo de correlación
Índice de Mantenimiento Preventivo	.951279	12	Correlación muy alta

Fuente: Elaboración Propia

Figura 2

Modelo ajustado del indicador de Índice de Mantenimiento Preventivo



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3

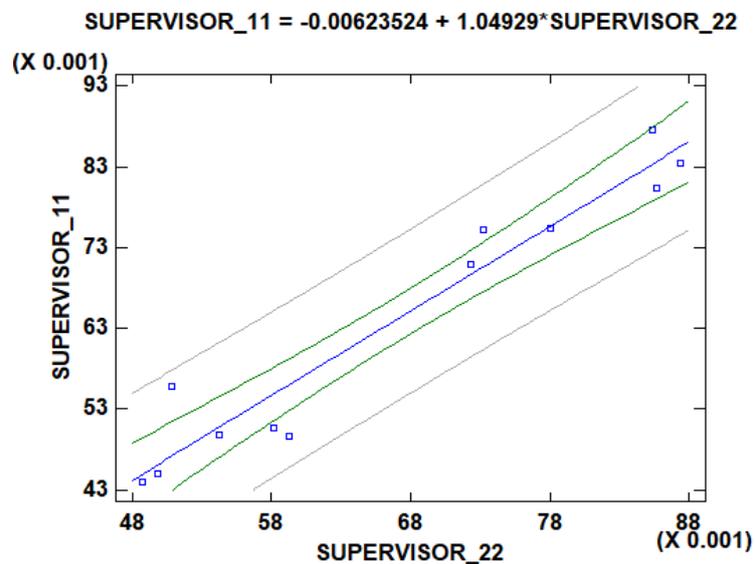
Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Mantenimiento Preventivo”

Indicador	Coefficiente de correlación r de Pearson	N de elementos	Tipo de correlación
Confiabilidad	.966584	12	Correlación muy alta

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3

Modelo ajustado del indicador de confiabilidad



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4

Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Mantenimiento Preventivo”

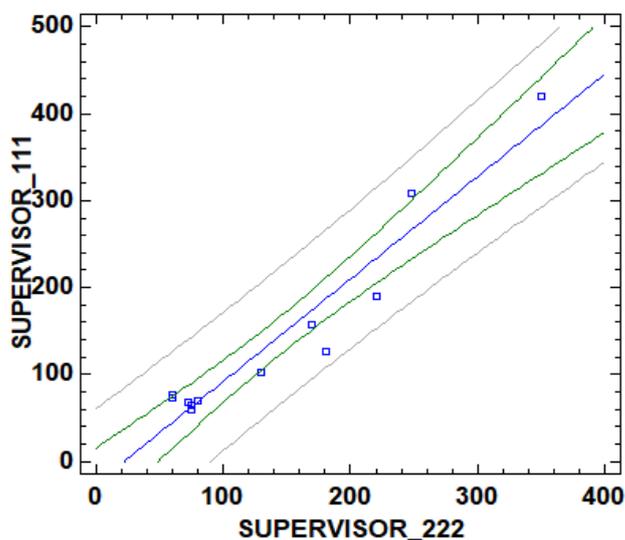
Indicador	Coefficiente de correlación r de Pearson	N de elementos	Tipo de correlación
Tiempo medio entre fallas (MTBF)	.958423	12	Correlación muy alta

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4

Modelo ajustado del indicador de MTBF

$$\text{SUPERVISOR_111} = -26.1903 + 1.1804 * \text{SUPERVISOR_222}$$



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5

Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Mantenimiento Preventivo”

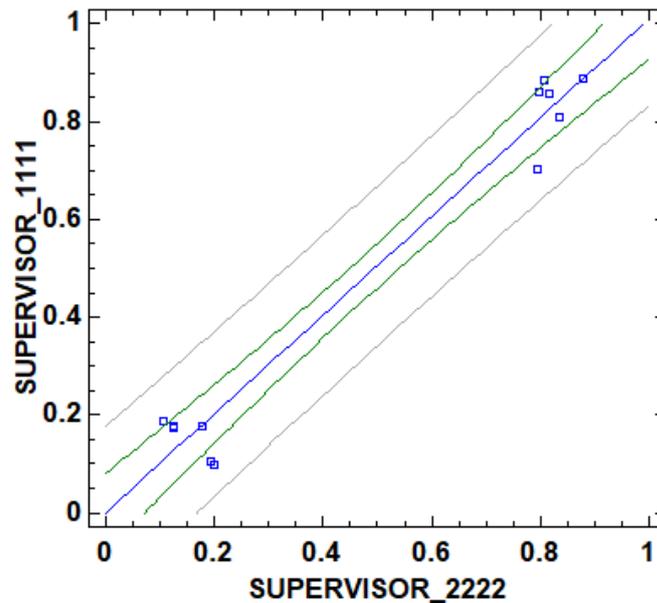
Indicador	Coefficiente de correlación r de Pearson	N de elementos	Tipo de correlación
Confiabilidad	.982365	12	Correlación muy alta

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5

Modelo ajustado del indicador de Confiabilidad

$$\text{SUPERVISOR_1111} = -0.000425052 + 1.01202 * \text{SUPERVISOR_2222}$$



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6

Estadísticas de confiabilidad evaluada en SPSS para el instrumento de la variable “Productividad”

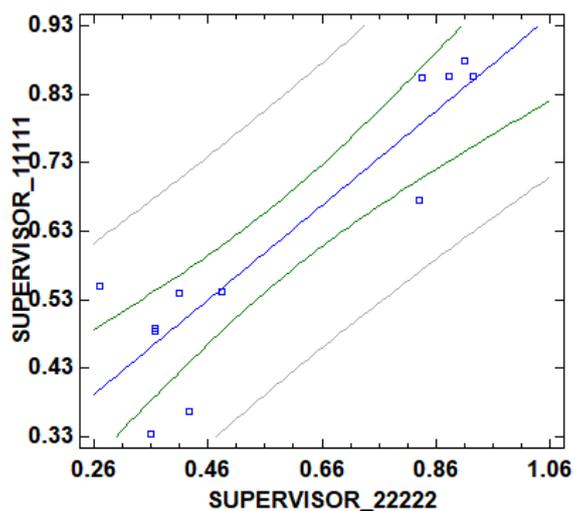
Indicador	Coefficiente de correlación r de Pearson	N de elementos	Tipo de correlación
Productividad	.903238	12	Correlación muy alta

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6

Modelo ajustado del indicador de Productividad

$$\text{SUPERVISOR_11111} = 0.210702 + 0.692453 * \text{SUPERVISOR_22222}$$



Fuente: Elaboración Propia

2.4.3 Normalidad

Se utilizó la prueba Shapiro – Wilk a fin de corroborar si los indicadores de la variable independiente y dependiente poseen distribución normal, usando el programa STATGRAPHICS se procedió a evaluar la normalidad de cada indicador. Los resultados de esta prueba permiten definir si en un análisis posterior se deben utilizar pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas. A continuación, se muestran los resultados de la prueba:

2.4.3.1. Índice de Mantenimiento Preventivo

Hipótesis nula (H0): Los datos siguen una distribución normal

Hipótesis Alternativa (H1): Los datos NO tienen una distribución normal

Nivel de significancia:

0.05 = Relacionado con consumidores

0.010 = Relacionado con control de calidad

0.1 = Relacionado con encuestas políticas

Fuente: Estadística Aplicada para Negocios y Economía (2012)

La regla de decisión para la prueba es la siguiente:

- Si $p\text{-valor} \geq 0.05 \Rightarrow$ Aceptar H_0
- Si $p\text{-valor} < 0.05 \Rightarrow$ Rechazar H_0

Tabla 7

Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador de Índice de Mantenimiento Preventivo de la variable Mantenimiento Preventivo.

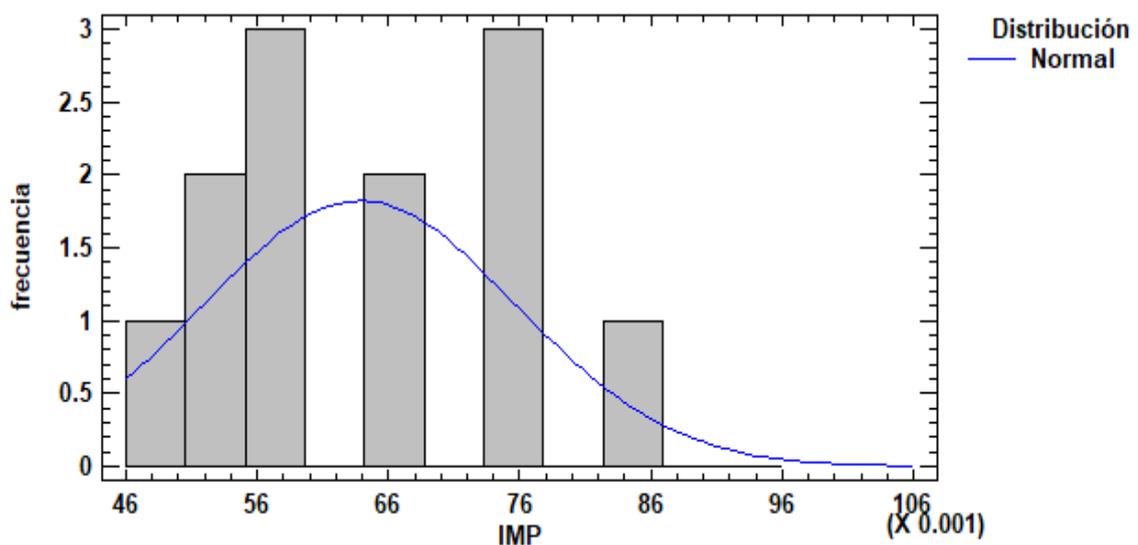
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro- Wilk	0.91799	0.255504

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que IMP proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Figura 7

Histograma de Índice de Mantenimiento Preventivo



Fuente: Elaboración Propia

2.4.3.2. Disponibilidad

Hipótesis nula (H0): Los datos siguen una distribución normal

Hipótesis Alternativa (H1): Los datos NO tienen una distribución normal

Nivel de significancia:

0.05 = Relacionado con consumidores

0.010 = Relacionado con control de calidad

0.1 = Relacionado con encuestas políticas

Fuente: Estadística Aplicada para Negocios y Economía (2012)

La regla de decisión para la prueba es la siguiente:

- Si $p\text{-valor} \geq 0.05 \Rightarrow$ Aceptar H0
- Si $p\text{-valor} < 0.05 \Rightarrow$ Rechazar H0

Tabla 8

Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador de Disponibilidad de la variable Mantenimiento Preventivo.

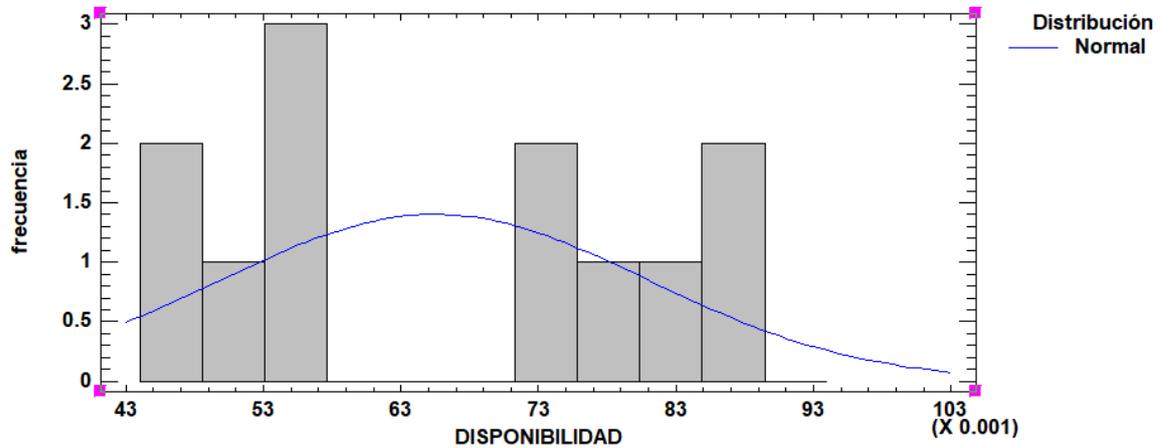
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro- Wilk	0.87178	0.0654053

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que DISPONIBILIDAD proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Figura 8

Histograma de Disponibilidad



Fuente: Elaboración Propia

2.4.3.3. MTBF

Hipótesis nula (H0): Los datos siguen una distribución normal

Hipótesis Alternativa (H1): Los datos NO tienen una distribución normal

Nivel de significancia:

0.05 = Relacionado con consumidores

0.010 = Relacionado con control de calidad

0.1 = Relacionado con encuestas políticas

Fuente: Estadística Aplicada para Negocios y Economía (2012)

La regla de decisión para la prueba es la siguiente:

- Si $p\text{-valor} \geq 0.05 \Rightarrow$ Aceptar H0
- Si $p\text{-valor} < 0.05 \Rightarrow$ Rechazar H0

Tabla 9

Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador MTBF de la variable Mantenimiento Preventivo

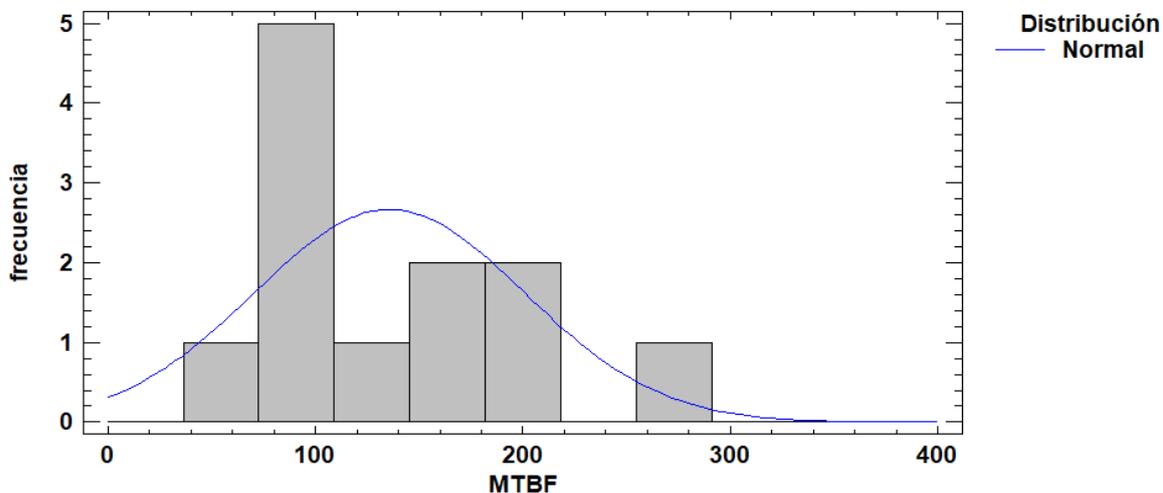
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro- Wilk	0.875949	0.0740945

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que MTBF proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Figura 91

Histograma de MTBF



Fuente: Elaboración Propia

2.4.3.4. CONFIABILIDAD

Hipótesis nula (H0): Los datos siguen una distribución normal

Hipótesis Alternativa (H1): Los datos NO tienen una distribución normal

Nivel de significancia:

0.05 = Relacionado con consumidores

0.010 = Relacionado con control de calidad

0.1 = Relacionado con encuestas políticas

Fuente: Estadística Aplicada para Negocios y Economía (2012)

La regla de decisión para la prueba es la siguiente:

- Si $p\text{-valor} \geq 0.05 \Rightarrow$ Aceptar H_0
- Si $p\text{-valor} < 0.05 \Rightarrow$ Rechazar H_0

Tabla 10

Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador Confiabilidad de la variable Mantenimiento Preventivo

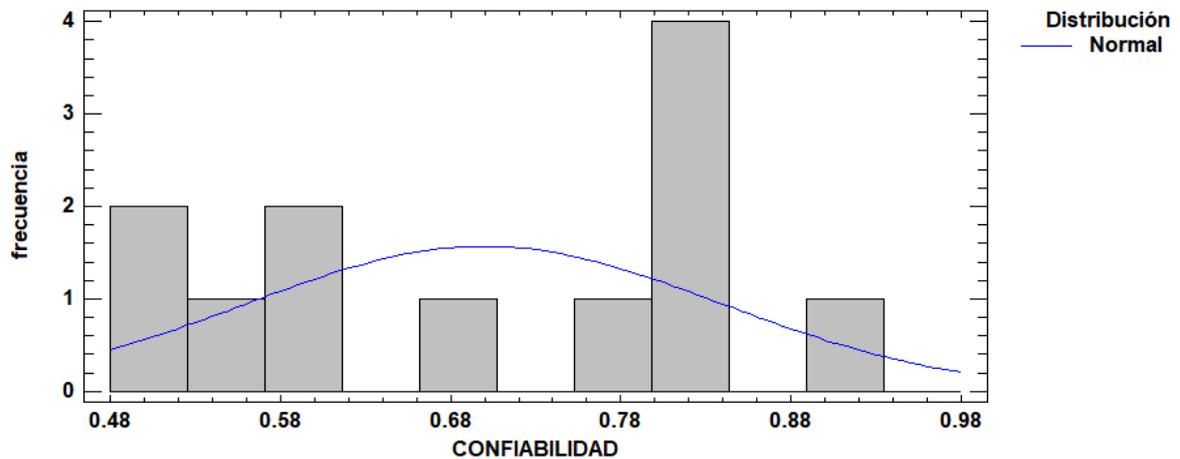
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro- Wilk	0.89751	0.140845

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que CONFIABILIDAD proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Figura 10

Histograma de Confiabilidad



Fuente: Elaboración Propia

2.4.3.5. PRODUCTIVIDAD

Hipótesis nula (H0): Los datos siguen una distribución normal

Hipótesis Alternativa (H1): Los datos NO tienen una distribución normal

Nivel de significancia:

0.05 = Relacionado con consumidores

0.010 = Relacionado con control de calidad

0.1 = Relacionado con encuestas políticas

Fuente: Estadística Aplicada para Negocios y Economía (2012)

La regla de decisión para la prueba es la siguiente:

- Si $p\text{-valor} \geq 0.05 \Rightarrow$ Aceptar H0
- Si $p\text{-valor} < 0.05 \Rightarrow$ Rechazar H0

Tabla 11

Estadísticas de normalidad evaluadas en STATGRAPHICS para el indicador de Productividad de la variable Mantenimiento Preventivo

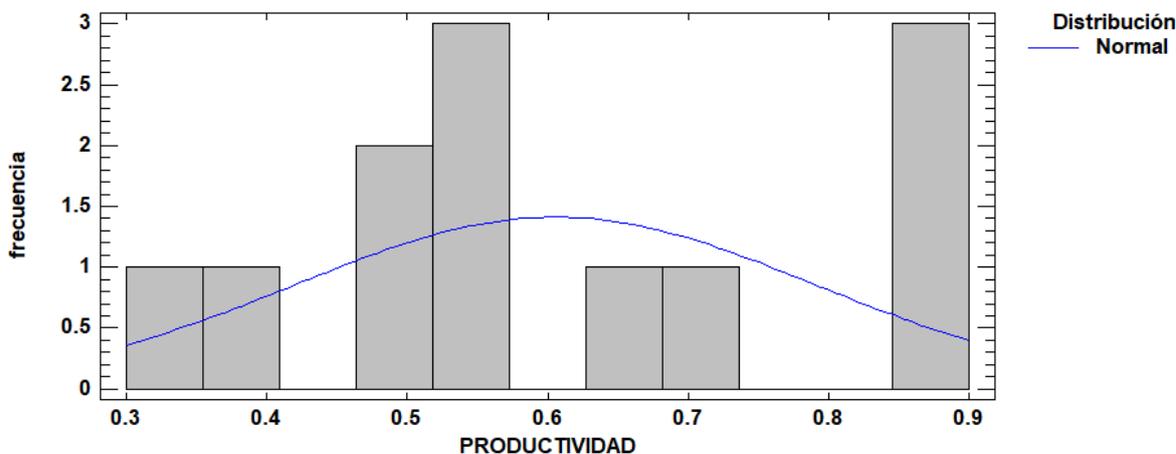
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro- Wilk	0.913974	0.227801

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que PRODUCTIVIDAD proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Figura 11

Histograma de Productividad



Fuente: Elaboración Propia

2.5 Procedimiento de recolección de datos

Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado & María del Pilar Baptista Lucio (2014) definen que “recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico”.

1. Se definieron los indicadores para la variable dependiente (productividad) e independiente (mantenimiento).

2. Se revisaron los registros y seleccionaron los datos relevantes para la investigación.
3. Se elaboran los instrumentos de medición para los indicadores.
4. Se capacita a 1 encargado de producción y a 1 contador, para realizar los registros de producción y paradas de máquina.
5. Se registran las paradas de máquinas cada vez que suceden y se registra la producción al cierre de cada día.
6. Se revisan los registros obtenido y se mejoran los instrumentos.
7. Se elabora una matriz de tabulación de variables organizando los registros.
8. Se analizan los datos con SPSS para conocer los resultados.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Verificación de hipótesis específicas:

Hipótesis Especifica N.º 1:

➤ Hipótesis Nula

- H0: El Índice de Mantenimiento Preventivo no influye en la productividad de empresa Cal y Derivados América SAC, en el año 2020. ($r=0$)

➤ Hipótesis Alternativa

- H1: El Índice de Mantenimiento Preventivo influye en la productividad de empresa Cal y Derivados América SAC, en el año 2020. ($r \geq 0$)

Reglas de Decisión:

➤ Decisión 1:

- ❖ Sí: $t >$ El Valor Crítico, Rechace H0
- ❖ Sí: $t \leq$ El Valor Crítico, No Rechace H0

➤ Decisión 2:

- ❖ Sí: $\alpha >$ p valor, Rechace H0
- ❖ Sí: $\alpha \leq$ p valor, No Rechace H0

Tabla 13

Estadística descriptiva - Índice de mantenimiento preventivo y su influencia en la productividad

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	
1	(Constant)	-18000.992	10346.447		-1.740	0.113
	IMP	863876.07	159604.45	0.863	5.413	0.000
		2	6			

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

Tabla 14

Correlación 1 - Índice de mantenimiento preventivo y su influencia en la productividad

Variable	Estadístico	Índice de mantenimiento preventivo	Productividad
IMP	Pearson Correlation	1	,863**
	Sig. (2-tailed)		0.000
	Sum of Squares and Cross-products	0.002	1356.449
	Covariance	0.000	123.314
	N	12	12
Productividad	Pearson Correlation	,863**	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	
	Sum of Squares and Cross-products	1356.449	1571787137.000
	Covariance	123.314	142889739.727
	N	12	12

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N.º 13 se observa que el valor del Coeficiente de Correlación de Pearson corresponde a ,863, esto nos indica que existe una correlación positiva muy fuerte entre las variables. Así mismo, se procede a rechazar la hipótesis nula debido a las dos reglas de decisión así lo indican ($t > \text{El Valor Crítico}$ y $\alpha > p \text{ valor}$, Rechace H_0). Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que a un 95% de confianza existe una correlación entre los indicadores a Índice de Mantenimiento Preventivo y la productividad.

Hipótesis Específica N.º 2:

➤ Hipótesis Nula

- H0: La disponibilidad no influye en la productividad de empresa Cal y Derivados América SAC, en el año 2020. ($r=0$)

➤ Hipótesis Alternativa

- H1: La disponibilidad influye en la productividad de empresa Cal y Derivados América SAC, en el año 2020. ($r \geq 0$)

Reglas de Decisión:

➤ Decisión 1:

- ❖ Sí: $t > \text{El Valor Crítico}$, Rechace H0
- ❖ Sí: $t \leq \text{El Valor Crítico}$, No Rechace H0

➤ Decisión 2:

- ❖ Sí: $\alpha > p \text{ valor}$, Rechace H0
- ❖ Sí: $\alpha \leq p \text{ valor}$, No Rechace H0

Tabla 15

Resumen del modelo - Disponibilidad y su influencia en la productividad

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	-2800,061	8026,618		-0,349	0,734
	Disponibilidad	623936,875	121875,852	0,851	5,119	0,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16

Correlación 2 - Disponibilidad y su influencia en la productividad

Variable	Estadístico	Disponibilidad	Productividad
Disponibilidad	Pearson Correlation	1	,851**
	Sig. (2-tailed)		0,000
	Sum of Squares and Cross-products	0,003	1823,416
	Covariance	0,000	165,765
	N	12	12
Productividad	Pearson Correlation	,851**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	
	Sum of Squares and Cross-products	1823,416	1571787137,000
	Covariance	165,765	142889739,727
	N	12	12

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N.º 15 se observa que el valor del Coeficiente de Correlación de Pearson corresponde a ,851, esto nos indica que existe una correlación positiva muy fuerte entre las variables. Así mismo, se procede a rechazar la hipótesis nula debido a las dos reglas de decisión así lo indican ($t > \text{El Valor Crítico}$ y $\alpha > p \text{ valor}$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que a un 95% de confianza existe una correlación entre los indicadores la disponibilidad y la productividad.

Hipótesis Específica N.º 3:

➤ Hipótesis Nula

- H0: El MTBF no influye en la productividad de empresa Cal y Derivados América SAC, en el año 2020. ($r=0$)

➤ Hipótesis Alternativa

- H1: El MTBF influye en la productividad de empresa Cal y Derivados América SAC, en el año 2020. ($r \geq 0$)

Reglas de Decisión:

➤ Decisión 1:

- ❖ Sí: $t >$ El Valor Crítico, Rechace H0
- ❖ Sí: $t \leq$ El Valor Crítico, No Rechace H0

➤ Decisión 2:

- ❖ Sí: $\alpha >$ p valor, Rechace H0
- ❖ Sí: $\alpha \leq$ p valor, No Rechace H0

Tabla 17

Coefficientes – Tiempo medio entre fallas y su influencia en la productividad

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	21064,073	3470,702		6,069	0,000
	MTBF	111,923	20,597	0,864	5,434	0,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Correlación 1 – Tiempo medio entre fallas y su influencia en la productividad

Variable	Estadístico	MTBF	Productividad
MTBF	Pearson Correlation	1	,864**
	Sig. (2-tailed)		0,000
	Sum of Squares and Cross-products	93731,838	10490709,956
	Covariance	8521,076	953700,905
	N	12	12
Productividad	Pearson Correlation	,864**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	
	Sum of Squares and Cross-products	10490709,956	1571787137,000
	Covariance	953700,905	142889739,727
	N	12	12

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N.º 17 se observa que el valor del Coeficiente de Correlación de Pearson corresponde a ,864, esto nos indica que existe una correlación positiva muy fuerte entre las variables. Así mismo, se procede a rechazar la hipótesis nula debido a las dos reglas de decisión así lo indican ($t > \text{El Valor Crítico}$ y $\alpha > p \text{ valor}$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que a un 95% de confianza existe una correlación entre los indicadores de MTBF y la productividad.

Hipótesis Específica N.º 4:

➤ Hipótesis Nula

- H0: La confiabilidad no influye en la productividad de empresa Cal y Derivados América SAC, en el año 2020. ($r=0$)

➤ Hipótesis Alternativa

- H1: La Confiabilidad influye en la productividad de empresa Cal y Derivados América SAC, en el año 2020. ($r \geq 0$)

Reglas de Decisión:

➤ Decisión 1:

- ❖ Sí: $t > \text{El Valor Crítico}$, Rechace H0
- ❖ Sí: $t \leq \text{El Valor Crítico}$, No Rechace H0

➤ Decisión 2:

- ❖ Sí: $\alpha > p \text{ valor}$, Rechace H0
- ❖ Sí: $\alpha \leq p \text{ valor}$, No Rechace H0

Tabla 19

Coefficientes - Confiabilidad y su influencia en la productividad

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	
1	(Constant)	22721,048	3028,129		7,503	0,000
	Confiabilidad	29235,045	5041,613	0,878	5,799	0,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Correlación 1 - Confiabilidad y su influencia en la productividad

Variable	Estadístico	Confiabilidad	Productividad
Confiabilidad	Pearson Correlation	1	,878**
	Sig. (2-tailed)		0,000
	Sum of Squares and Cross-products	1,417	41439,858
	Covariance	0,129	3767,260
	N	12	12
Productividad	Pearson Correlation	,878**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	
	Sum of Squares and Cross-products	41439,858	1571787137,000
	Covariance	3767,260	142889739,727
	N	12	12

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N.º 19 se observa que el valor del Coeficiente de Correlación de Pearson corresponde a ,878, esto nos indica que existe una correlación positiva muy fuerte entre las variables. Así mismo, se procede a rechazar la hipótesis nula debido a las dos reglas de decisión así lo indican ($t > \text{El Valor Crítico}$ y $\alpha > p \text{ valor}$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que a un 95% de confianza existe una correlación entre los indicadores de Confiabilidad y la productividad.

Después de verificar que existe relación entre los indicadores de la variable dependiente e independiente se procedió a verificar si existe diferencia de medias entre las variables antes y después de haber aplicado el plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cal y Derivados América SAC.

Por consiguiente, se presentan las hipótesis

➤ **Hipótesis Nula**

- H0: No existe diferencia de medias de los indicadores de Mantenimiento Preventivo y Productividad. Media 1 = Media 2

➤ **Hipótesis Alternativa**

- H1: Existe diferencia de medias de los indicadores de Mantenimiento Preventivo y Productividad. Media 1 \neq Media 2

Reglas de Decisión:

➤ Decisión 1:

- ❖ Sí: $t > \text{El Valor Crítico}$, Rechace H0
- ❖ Sí: $t \leq \text{El Valor Crítico}$, No Rechace H0

➤ Decisión 2:

- ❖ Sí: $p\text{-valor} < \alpha$, Rechace H0
- ❖ Sí: $p\text{-valor} > \alpha$, No Rechace H0

Diferencia de Medias del Índice de Mantenimiento Preventivo

Tabla 21

Prueba T student para diferencia de medias

	<i>IMP_A</i>	<i>IMP_D</i>
Media	0.053352855	0.74247179
Varianza	9.25861E-06	4.31249E-05
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	2.61918E-05	
Diferencia hipotética de las medias		0
Grados de libertad		10
Estadístico t	-7.071420463	
P(T<=t) una cola	1.70498E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.812461123	
P(T<=t) dos colas	3.40996E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.228138852	

Fuente: Complementos de Excel

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $media1 = media2$

Hipótesis Alt.: $media1 < \text{media}2$

suponiendo varianzas iguales: $t = -7.06863$ valor-P = 0.0000342136

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación: En la tabla N.º 20 se observa que el valor del estadístico T (-7.0714) es menor que el valor crítico (2.2281), además, el P-valor (3.40996E-05) es menor al valor de significancia (0.05), por ende, se rechaza la hipótesis Nula, dando como resultado la diferencia de medias luego de haber aplicado el plan de mantenimiento preventivo. Así mismo, a continuación, se verifica en cuanto se diferencia esta mejora del segundo semestre del 2020 en la empresa Cal y Derivados América SAC:

Tabla 22

Índice de mantenimiento preventivo por semestre del año 2020

Semestre 2020	Mes	IMP (%)	Promedio	Mejora
I	Enero	4,80%	5,34%	53.75%
	Febrero	5,58%		
	Marzo	5,58%		
	Abril	5,54%		
	Mayo	5,32%		
	Junio	5,20%		
II	Julio	46,81%	59,42%	
	Agosto	46,87%		
	Setiembre	57,34%		
	Octubre	57,40%		
	Noviembre	67,50%		
	Diciembre	78,63%		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla N.º 21 se observa que en el primer semestre hubo un promedio de Índice de Mantenimiento Preventivo de 5,34% ya que la mayoría de veces esperaban a que una maquina falle para poder hacer el mantenimiento correspondiente. Luego de haber aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo se observo un cambio en este indicador, el cual tiene un promedio de 53,75% respecto al primer semestre.

Tabla 23

Diferencia de Medias de la Disponibilidad

	<i>Disponibilidad_A</i>	<i>Disponibilidad_D</i>
Media	0.149131148	0.632162037
Varianza	1.80767E-05	0.012146572
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	0.006082324	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-10.72755491	
P(T<=t) una cola	4.16024E-07	
Valor crítico de t (una cola)	1.812461123	
P(T<=t) dos colas	8.32049E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	2.228138852	

Fuente: Elaboración propia

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $media1 = media2$

Hipótesis Alt.: $media1 \neq media2$

suponiendo varianzas iguales: $t = -10.7957$ valor-P = $7.84628E-7$

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación: En la tabla N.º 22 se observa que el valor del estadístico T (-10.7275) es menor que el valor crítico (2.2281), además, el P-valor (8.32049E-07) es menor al valor de significancia (0.05), por ende, se rechaza la hipótesis Nula, dando como resultado la diferencia de medias del indicador CONFIABILIDAD luego de haber aplicado el plan de mantenimiento preventivo. Así mismo, a continuación, se verifica en cuanto se diferencia esta mejora del segundo semestre del 2020 en la empresa Cal y Derivados América SAC:

Tabla 24

Disponibilidad por semestre del año 2020

Semestre 2020	Mes	Disponibilidad (%)	Promedio	Mejora
I	Enero	14,40%	14,91%	48,30%
	Febrero	15,06%		
	Marzo	14,50%		
	Abril	14,97%		
	Mayo	14,97%		
	Junio	15,58%		
II	Julio	47,10%	63,22%	
	Agosto	57,53%		
	Setiembre	57,54%		
	Octubre	68,03%		
	Noviembre	73,34%		
	Diciembre	76,76%		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla N.º 23 se observa que en el primer semestre la confiabilidad se encontraba en un promedio de 14,91%, ya que la mayoría de veces esperaban a que una maquina falle para poder hacer el mantenimiento correspondiente. Luego de haber aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo se observó un cambio en este indicador, el cual mejoro en un 48,30% hasta el último mes del segundo semestre.

Tabla 25

Diferencia de Medias de MTBF

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	68.87360964	217.4465
Varianza	35.10796678	15155.89747
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	7595.502719	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-2.952717771	
P(T<=t) una cola	0.007233616	
Valor crítico de t (una cola)	1.812461123	
P(T<=t) dos colas	0.014467232	
Valor crítico de t (dos colas)	2.228138852	

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alt.: $\mu_1 < \mu_2$

suponiendo varianzas iguales: $t = -2.95272$ valor-P = **0.0144672**

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación: En la tabla N.º 24 se observa que el valor del estadístico T (-2.9527) es menor que el valor crítico (2.2281), además, el P-valor (0.0145) es menor al valor de significancia (0.05), por ende, se rechaza la hipótesis Nula, dando como resultado la diferencia de medias del indicador MTBF luego de haber aplicado el plan de mantenimiento preventivo. Así mismo, a continuación, se verifica en cuanto se diferencia esta mejora del segundo semestre del 2020 en la empresa Cal y Derivados América SAC:

Tabla 26

Tiempo medio entre fallas por semestre del año 2020

Semestre 2020	Mes	MTBF (horas)	Promedio	Mejora
I	Enero	65,28	60,87	152,84
	Febrero	68,50		
	Marzo	69,00		
	Abril	76,83		
	Mayo	60,08		
	Junio	73,53		
II	Julio	128,08	221,77	152,84
	Agosto	125,84		
	Setiembre	156,62		
	Octubre	190,56		
	Noviembre	308,93		
	Diciembre	420,64		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla N.º 25 se observa que en el primer semestre el MTBF se duraba un promedio de 60,87 horas, esto indica que las maquinas fallaban cada 7.5 días, sin embargo, luego de haber aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo se observó un cambio en este indicador, el cual mejoró considerablemente llegando a 420.64 horas durante el último mes del segundo semestre. Cabe recalcar que a medida que aumente la ideología del Mantenimiento Preventivo las horas entre fallas van a ir en aumento.

Tabla 27

Diferencia de Medias de Disponibilidad

	<i>Disponibilidad_A</i>	<i>Disponibilidad_A</i>
Media	0.15291967	0.832233333
Varianza	0.001626678	0.004985219
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	0.003305948	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-20.46364336	
P(T<=t) una cola	8.575502015	
Valor crítico de t (una cola)	1.812461123	
P(T<=t) dos colas	1.7151E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2.228138852	

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -19.6136 valor-P = 2.59679E-9

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Interpretación: En la tabla N.º 26 se observa que el valor del estadístico T (8.5755) es menor que el valor crítico (2.2281), además, el P-valor (1.7151E-09) es menor al valor de significancia (0.05), por ende, se rechaza la hipótesis Nula, dando como resultado la diferencia de medias del indicador CONFIABILIDAD luego de haber aplicado el plan de mantenimiento preventivo. Así mismo, a continuación, se verifica en cuanto se diferencia esta mejora del segundo semestre del 2020 en la empresa Cal y Derivados América SAC:

Tabla 28

Confiabilidad por semestre del año 2020

Semestre 2020	Mes	Confiabilidad (%)	Promedio	Mejora
I	Enero	18,60%	15,29%	67,93%
	Febrero	19,82%		
	Marzo	10,41%		
	Abril	17,54%		
	Mayo	17,53%		
	Junio	17,85%		
II	Julio	70,34%	83,22%	
	Agosto	79,98%		
	Setiembre	88,62%		
	Octubre	85,95%		
	Noviembre	85,78%		
	Diciembre	88,67%		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla N.º 27 se observa que en el primer semestre la CONFIABILIDAD tiene un porcentaje promedio de 15,29%, sin embargo, luego de haber aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo se observó un cambio en este indicador, el cual mejoró considerablemente llegando a un promedio de 83,22%. Cabe recalcar que a medida que aumente la ideología del Mantenimiento Preventivo la confiabilidad va en aumento.

Tabla 29

Diferencia de Medias de Productividad

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	27527	46716
Varianza	27883927.6	65542867.2
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	46713397.4	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-4.862865337	
P(T<=t) una cola	0.000329294	
Valor crítico de t (una cola)	1.812461123	
P(T<=t) dos colas	0.000658589	
Valor crítico de t (dos colas)	2.228138852	

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -4.86287 valor-P = 0.000658589

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Interpretación: En la tabla N.º 28 se observa que el valor del estadístico T (-4.8628) es menor que el valor crítico (2.2281), además, el P-valor (0.0006) es menor al valor de significancia (0.05), por ende, se rechaza la hipótesis Nula, dando como resultado la diferencia de medias del indicador PRODUCTIVIDAD luego de haber aplicado el plan de mantenimiento preventivo. Así mismo, a continuación, se verifica en cuanto se diferencia esta mejora del segundo semestre del 2020 en la empresa Cal y Derivados América SAC:

Tabla 30

Productividad por semestre del año 2020

Semestre 2020	Mes	Productividad (unidades)	Promedio	Mejora
I	Enero	32320	27527	19189
	Febrero	32509		
	Marzo	29051		
	Abril	20035		
	Mayo	29224		
	Junio	22023		
II	Julio	33000	46716	19189
	Agosto	40500		
	Setiembre	52800		
	Octubre	51252		
	Noviembre	51372		
	Diciembre	51372		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla N.º 29 se observa que en el primer semestre la PRODUCTIVIDAD contaba con un promedio de 27527 unidades, sin embargo, luego de haber aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo se observó un cambio en este indicador, el cual mejoró considerablemente llegando a un promedio de 467116 unidades producidas mensualmente durante el transcurso del segundo semestre. Cabe recalcar que a medida que aumente la ideología del Mantenimiento Preventivo la productividad también va en aumento.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de la investigación las limitaciones más significantes secuencialmente fueron; en primer lugar, en la búsqueda de información respectiva a los antecedentes se pudo verificar que existen pocos estudios que hayan usado las dos variables, tanto la independiente y dependiente, las cuales son el mantenimiento preventivo y la productividad tanto a nivel nacional e internacional. Es por ello que, se cree que esta investigación será fundamental para próximos tesis que estén ligados al tema de mantenimiento preventivo y productividad de alguna determinada entidad. Por otro lado, otro limitante fue la pandemia, la cual generó que muchas veces las coordinaciones sean solo vía telefónica o la plataforma de Zoom y por ende que no tener mayor contacto con el personal.

Dentro de los resultados obtenidos, es importante resaltar que las investigaciones desarrolladas sobre mantenimiento preventivo y su influencia en otras variables (Amable, 2017; Salas, 2012; Solís, 2018), el primero sostiene que el mantenimiento preventivo influye de una manera directa, con una relación alta y significativa a la disponibilidad; teniendo un coeficiente de correlación de $r=0.92$ y un coeficiente de determinación de 0.84, estos respaldan los hallazgos de nuestra investigación en cuanto se refiere a la influencia del mantenimiento preventivo a cierta variable de estudio.

También lleva una similitud en el tipo de estudio que es aplicada con diseño correlacional y en la obtención de información donde se usó la técnica documental y los instrumentos de recolección de datos. El segundo autor concluye que la falta de mantenimiento disminuye el nivel de producción (relación directa), donde sostiene que al ser usadas constantemente las piezas y componentes de las máquinas se desgastan causando disminución de la eficiencia. El resultado logrado en el referido estudio es menos favorable

que el alcanzado en nuestra investigación, porque solo concluyen que el mantenimiento preventivo influye en la capacidad de producción mas no demuestra la relación e influencia entre ambas variables. El ultimo autor sostiene que los indicadores del mantenimiento preventivo influyen de una manera perfecta, con una relación alta y muy significativa a la confiabilidad, teniendo un coeficiente de correlación de $r=1$ y un coeficiente de determinación de 1. Este resultado también es relativamente menos favorable que el nuestro, debido a que el investigador utilizó solo una de nuestras variables (mantenimiento preventivo); sin embargo, estos respaldan en cierto modo la influencia de uno a otra variable.

También lleva una similitud con nuestra investigación en el tipo de estudio que es básica con diseño correlacional, en la recolección de datos, los instrumentos y él estudia de los mismos indicadores del mantenimiento preventivo.

MEJORA

Según los resultados se pudo observar que existe influencia entre el mantenimiento preventivo y la productividad de la empresa “CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C.”, así mismo, se propuso incluir el plan de mantenimiento preventivo de los molinos de martillo, este se implementó a los 6 meses desde iniciado el estudio, es así que, empieza desde el mes de julio del 2020 hasta diciembre del 2020. Se mapeo el flujo del mantenimiento correctivo del primer semestre (anexo 16) y se estableció el nuevo flujo para el mantenimiento preventivo (anexo 17) del segundo semestre. A parte de ello, también se dieron capacitaciones (anexo 17) a los supervisores y operadores a fin de que tengan información específica de las maquinas con las que trabajan y explicarles sobre la finalidad del Plan de Mantenimiento Preventivo. Además, se determinó a responsables del mantenimiento preventivo (anexo 18) para garantizar el alcance de los objetivos estratégicos de la empresa. Según el Manual de Instrucciones de Molinos Serie CB, nos indica que al implementar el Mantenimiento Preventivo se deben establecer metas u objetivos, y el principal objetivo es disminuir la tasa de fallas y así aumentar la producción mensual de la empresa donde se realice esta acción. Es por ello, que hace referencia que al implementar esta propuesta se disminuirá el 60% de fallas y aumentará el 25% de la productividad. Esto va a ir aumentando a medida que pasen los años. A continuación, se detalla el plan de mantenimiento preventivo que se implementó:

CONCLUSIONES

El mantenimiento preventivo aumentó de la productividad promedio semestral de 27,527 a 46,716 en el año 2020, comprobándose tienen una relación directamente proporcional.

El índice de mantenimiento preventivo promedio semestral aumentó de 5.34% a 7.42% en el año 2020.

La disponibilidad promedio semestral aumentó de 4.91% a 7.88% en el año 2020.

El tiempo promedio entre fallas semestral aumentó de 70.55 horas a 216.39 horas en el año 2020.

La confiabilidad promedio semestral aumentó de 15.29% a 83.22% en el año 2020.

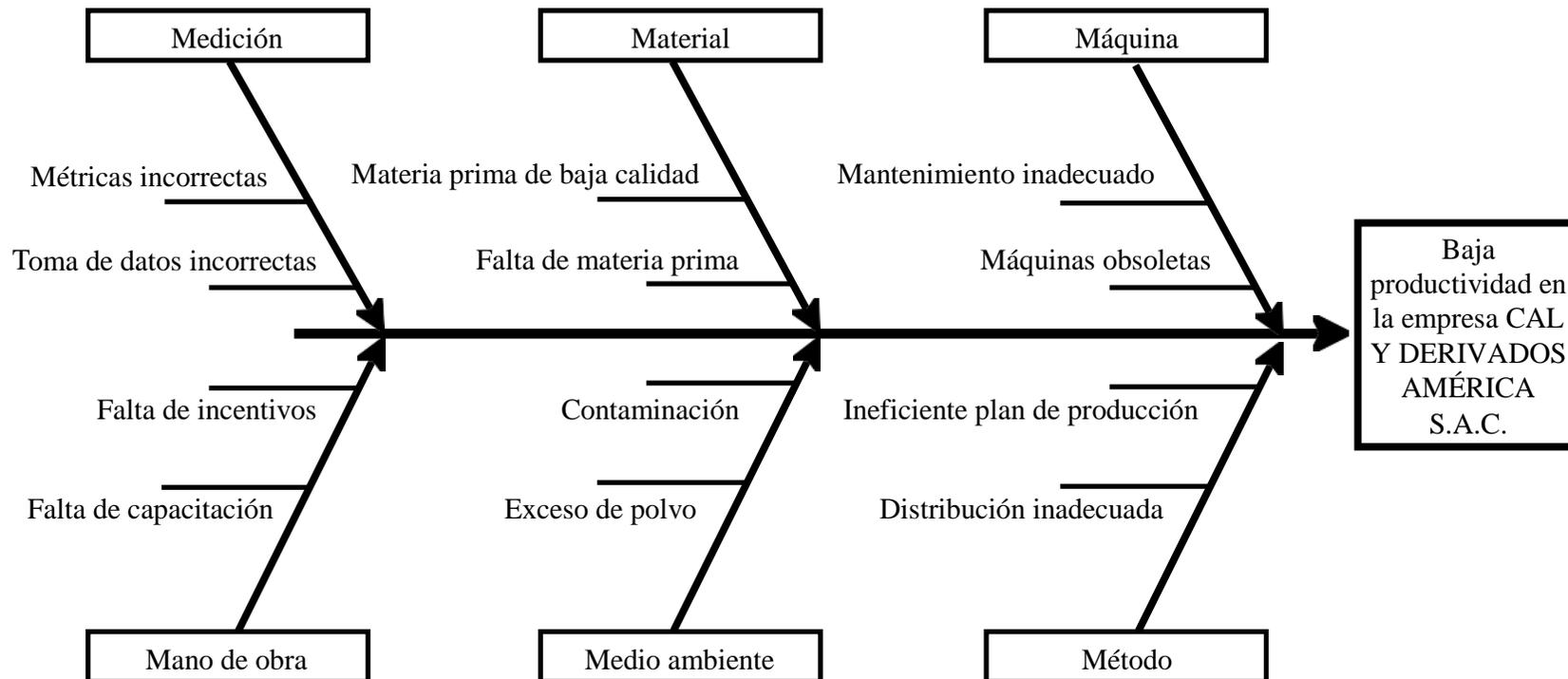
REFERENCIAS

- Mora G., L. A. (2009). Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México D. F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- García G., S. (2003), Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. & Alquilano, N. J. (2009). Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros. México D. F.: Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor. México D. F.: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Heizer J. & Render B. (2009). Principios de Administración de Operaciones. México D. F.: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Coronado P., A. J. (2018). Mantenimiento Preventivo para incrementar la Productividad en el área de mantenimiento de flota vehicular de la Empresa Transportes 77 S.A. Lima: Universidad César Vallejo.
- Altamirano R., Y. & Zavaleta I., M. S. (2016). Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la empresa NAYLAMP – Chiclayo 2016. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Arévalo V., F. (2017). Mantenimiento y su influencia en la productividad del área de fabricación de municiones de una empresa militar. Lima: Universidad Nacional del Callao.
- León D., L. N. (2017). Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa AISLASISTEMAS S.A.C., 2017- Lima. Lima: Universidad César Vallejo.
- Saavedra G., J. (2004). Administración de empresas. Gestión de mantenimiento. Lima: SENATI.
- Heizer J. & Render B. (2007). Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas. Madrid: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

- Buelvas D., C. E. & M.arteiz F., K. J. (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe.
- Gonzales G., J. L. (2016). Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa LATERCER S.A.C. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Cobo C., C. G. (2019). Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo, cumpliendo normativas de buenas prácticas de manufactura bajo los requerimientos del software mp9 en los equipos de la empresa ILA S.A. Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- López C., R. E. (2018). Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la maquinaria pesada portuaria en la empresa APM terminal, Callao 2017. Callao: Universidad César Vallejo.
- Roncal M., J. A. (2017). Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en las unidades de transporte de la empresa TRANSVIAL LIMA S. A. C. 2017. Lima: Universidad César Vallejo.
- Muñoz R., C. (2011). Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis. México D. F.: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Valderrama M., S. (2002). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Cuantitativa, Cualitativa y mixta. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Vara H., A. A. (2012). Desde La Idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales. Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- Espinoza M., C. (2012). Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Hernández S. R., Fernández, C. C. & Baptista L., M. (2014). Metodología de la Investigación. México D. F.: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Chapman, S. N. (2006). Planificación y control de la producción. México D. F.: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

ANEXOS

Ishikawa para conocer las causas que generan baja productividad en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, enero del año 2020



Fuente: Elaboración propia.

Matriz de Operacionalización de variables de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, año 2020

Variable	Definición Conceptual	Operacionalización o Definición Operacional	Categorías o Dimensiones	Definición de la Categoría o Dimensión	Indicador	Item	Nivel de Medición	Unidad de Medida	Instrumentos
Mantenimiento Preventivo	<p>Todos los servicios de inspecciones sistemáticas, ajustes, conservación y eliminación de defectos, buscando evitar fallas.</p> <p>Tavares, L (1996) Administración Moderna del Mantenimiento. Brasil</p>	<p>El Mantenimiento Preventivo pretende reducir el número de paros innecesarios, detección de averías y/o actuaciones rápidas ante imprevistos, asegurando así tanto la continuidad como la confiabilidad en la producción con el consecuente aumento del rendimiento. Por lo tanto, mediante la supervisión y control se determina la frecuencia del mantenimiento, así como, los planes de mantenimiento, estos nos permiten reducir las situaciones indeseadas manteniendo la uniformidad de la producción. Gimenez, F(2015). Mntenimiento Preventivo de Sistemas de Automatización Industrial.España.</p>	Confiabilidad	<p>La confiabilidad se mide a partir del número y la duración de las fallas (tiempos útiles, reparaciones, tareas proactivas, etc.). Mora, A (2009). Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control. Mexico</p>	Confiabilidad	$C = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$	Razón	%	Formato de Registro de Indicadores
			Frecuencia de mantenimiento	<p>Es la determinación de cada operación de mantenimiento establecida en donde se indica el tiempo exacto en donde se realizaran las operaciones de trabajo establecidas. Knezevic, J.(1996) Mantenimiento .España. Publicaciones de Ingeniería de Sistemas.</p>	Índice de Mantenimiento Programado	$IMP = \frac{Hrs \text{ totales de manto programado}}{Hrs \text{ totales de mantenimiento}} \times 100$	Razón	%	Registro de orden de trabajo de Mantenimiento programado.
			Plan de mantenimiento	<p>PLAN DE MANTENIMIENTO: Consiste en elaborar un programa donde se detalle cada operación o procedimiento de mantenimiento y se asocie a un periodo de tiempo para realizar cada actividad previamente descritos para finalmente medir los resultados con los indicadores de disponibilidad y medicion media entre fallas de los equipos que esten bajo mantenimiento.Knezevic, J.(1996) Mantenimiento .España. Publicaciones de Ingeniería de Sistemas.</p>	Disponibilidad	$D = \frac{horas \text{ totales} - horas \text{ de parada por mantenimiento}}{horas \text{ totales}} \times 100$	Razón	%	Formato de Registro de Indicadores y Formato de Registro de fallas o averías
					Medición entre Fallas	$MTBF = \frac{horas \text{ totales}}{\text{número de fallas}}$	Razón	Horas	
Productividad	<p>“La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios”, Richard B. Chase, F. Robert Jacobs y Nicholas J. Aquilano (2009).</p>	<p>“La productividad es la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital)”, Jay Heizer y Barry Render (2009).</p>	Recursos	<p>“Conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad o llevar acabo una empresa”, Real Academia Española (2021).</p>	Productividad	$Productividad = \frac{Total \text{ unidades producidas}}{Mes}$	Razón	Unidades	Registro de producción mensual
			Bienes	<p>“Cosa producida destinada a satisfacer necesidades del público o de alguna entidad oficial o provada”, Real Academia Española (2021).</p>					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Instrumento de Programación de Mantenimiento

	PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO		Nº	1																																								
			FECHA																																									
RESONSABLE ÁREA PERIODICIDAD	SUPERVISION PRODUCCIÓN MENSUAL	MAQUINA Nº MARCA/MODELO Nº DE MARTILLOS																																										
INFORMACIÓN TÉCNICA																																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">Nº</th> <th style="width: 65%;">Actividades</th> <th style="width: 15%;">Duración (HRS)</th> <th style="width: 15%;">FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Nº	Actividades	Duración (HRS)	FIRMA																																					
Nº	Actividades	Duración (HRS)	FIRMA																																									
OBSERVACIONES			APROBADO POR																																									
$IMP = \frac{\text{Hrs totales de mantto programado}}{\text{Hrs totales de mantenimiento}}$																																												

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4

Instrumento de Registro de indicadores

	N°	1																																																																																																														
	MES																																																																																																															
FORMATO DE REGISTRO DE INDICADORES																																																																																																																
ÁREA PERIODICIDAD SERIE	SUPERVISION MENSUAL	MAQUINA N° MARCA/MODELO N° DE MARTILLOS																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">INFORMACIÓN</th> <th colspan="4">INDICADORES</th> </tr> <tr> <th>FECHA</th> <th>H-M Diarias</th> <th>N° de fallas</th> <th>Tiempo de Rep.</th> <th>Encargado de reparación</th> <th>Firma</th> <th>MTTR</th> <th>MTTR</th> <th>Confiabilidad</th> <th>Disponibilidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			INFORMACIÓN						INDICADORES				FECHA	H-M Diarias	N° de fallas	Tiempo de Rep.	Encargado de reparación	Firma	MTTR	MTTR	Confiabilidad	Disponibilidad																																																																																										
INFORMACIÓN						INDICADORES																																																																																																										
FECHA	H-M Diarias	N° de fallas	Tiempo de Rep.	Encargado de reparación	Firma	MTTR	MTTR	Confiabilidad	Disponibilidad																																																																																																							
$C = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$ $MTBF = \frac{\text{horas totales}}{\text{número de fallas}}$ $MTTR = \frac{\text{tiempo de reparación}}{\text{número de fallas}}$ $Disp = \frac{\text{horas totales} - \text{horas de parada por mantenimiento}}{\text{horas totales}}$																																																																																																																
OBSERVACIONES		APROBADO POR:																																																																																																														

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5

Instrumento de Reporte de Falla o avería

	FORMATO		N°	
			Mes	
REPORTE DE FALLA O AVERÍA		Peridicidad del reporte		
			Turno	
			Fecha:	
Máquina/Equipo	Código	Ubicación		
Descripción de la falla o avería				
Nombre del Operador	Estado de la Máquina	Criticidad de la Máquina	Fecha y Hora de la Ocurrencia	Firma
Observaciones:				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6

Instrumento de Producción diaria

	PRODUCCIÓN DIARIA		N°	1																																																						
			MES																																																							
RESPONSABLE PERIODICIDAD PROD. (KG/HR)	SUPERVISOR DIARIA	PRODUCTO CANT OPERARIOS PERIODICIDAD	SEMANAL																																																							
INFORMACIÓN TÉCNICA																																																										
SEM 1																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">FECHA</th> <th style="width: 33%;">N° DE UNID.</th> <th style="width: 33%;">FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	FECHA	N° DE UNID.	FIRMA																						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">FECHA</th> <th style="width: 33%;">N° DE UNID.</th> <th style="width: 33%;">FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				FECHA	N° DE UNID.	FIRMA																											
FECHA	N° DE UNID.	FIRMA																																																								
FECHA	N° DE UNID.	FIRMA																																																								
SEM 2																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">FECHA</th> <th style="width: 33%;">N° DE UNID.</th> <th style="width: 33%;">FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	FECHA	N° DE UNID.	FIRMA																									<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">FECHA</th> <th style="width: 33%;">N° DE UNID.</th> <th style="width: 33%;">FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				FECHA	N° DE UNID.	FIRMA																								
FECHA	N° DE UNID.	FIRMA																																																								
FECHA	N° DE UNID.	FIRMA																																																								
OBSERVACIONES			APROBADO POR																																																							

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7

*Megado del Motor en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de
Lima-Perú, año 2020*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 8

*Motor en la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú,
año 2020*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 9

Coordinación en el área de producción de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA

S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, año 2020



Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 10

*Coordinación en el área de producción de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA
S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, año 2020*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11

Molino de martillo en el área de producción de la empresa CAL Y DERIVADOS

AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, año 2020



Fuente: Elaboración propia

Anexo 12

*Capacitación en el área de producción de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA
S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, año 2020*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 13

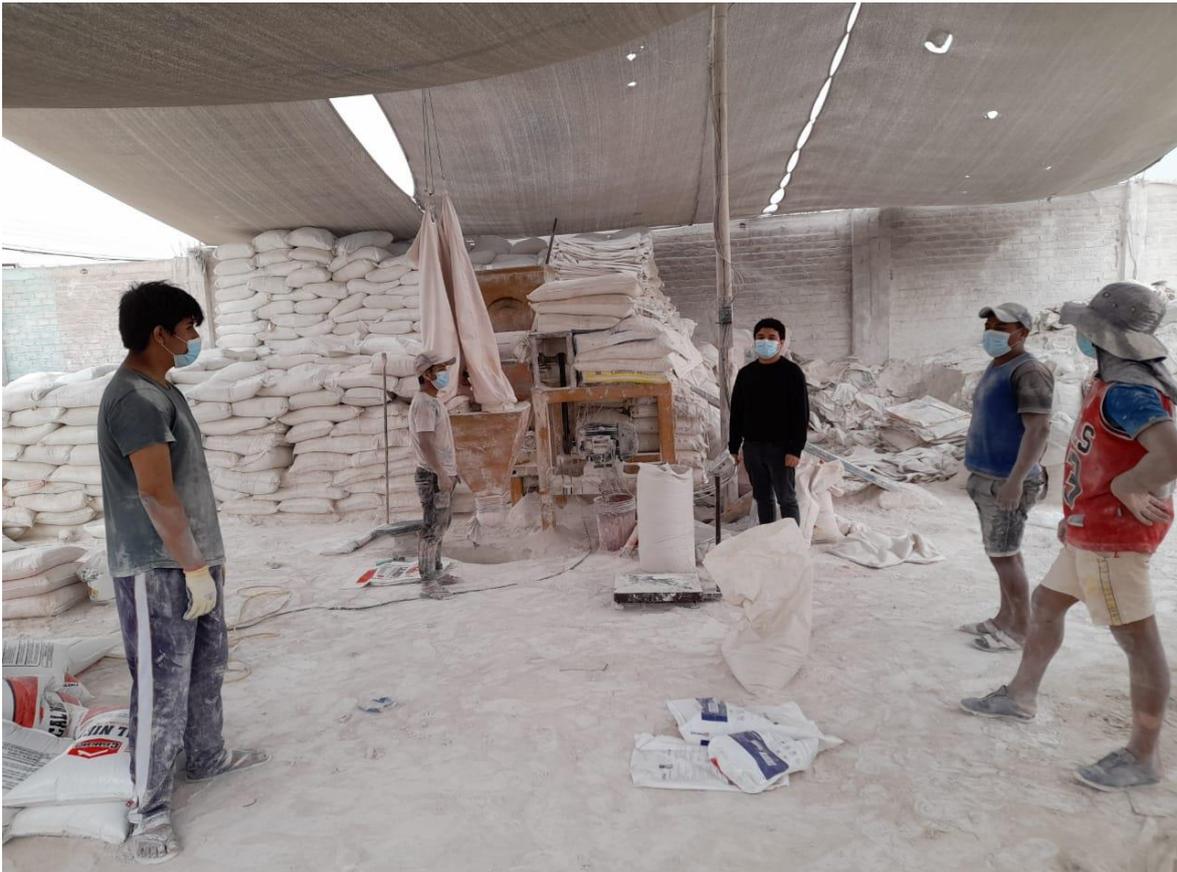
*Capacitación en el área de producción de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA
S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, año 2020*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 14

*Capacitación en el área de producción de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA
S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, año 2020*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 15

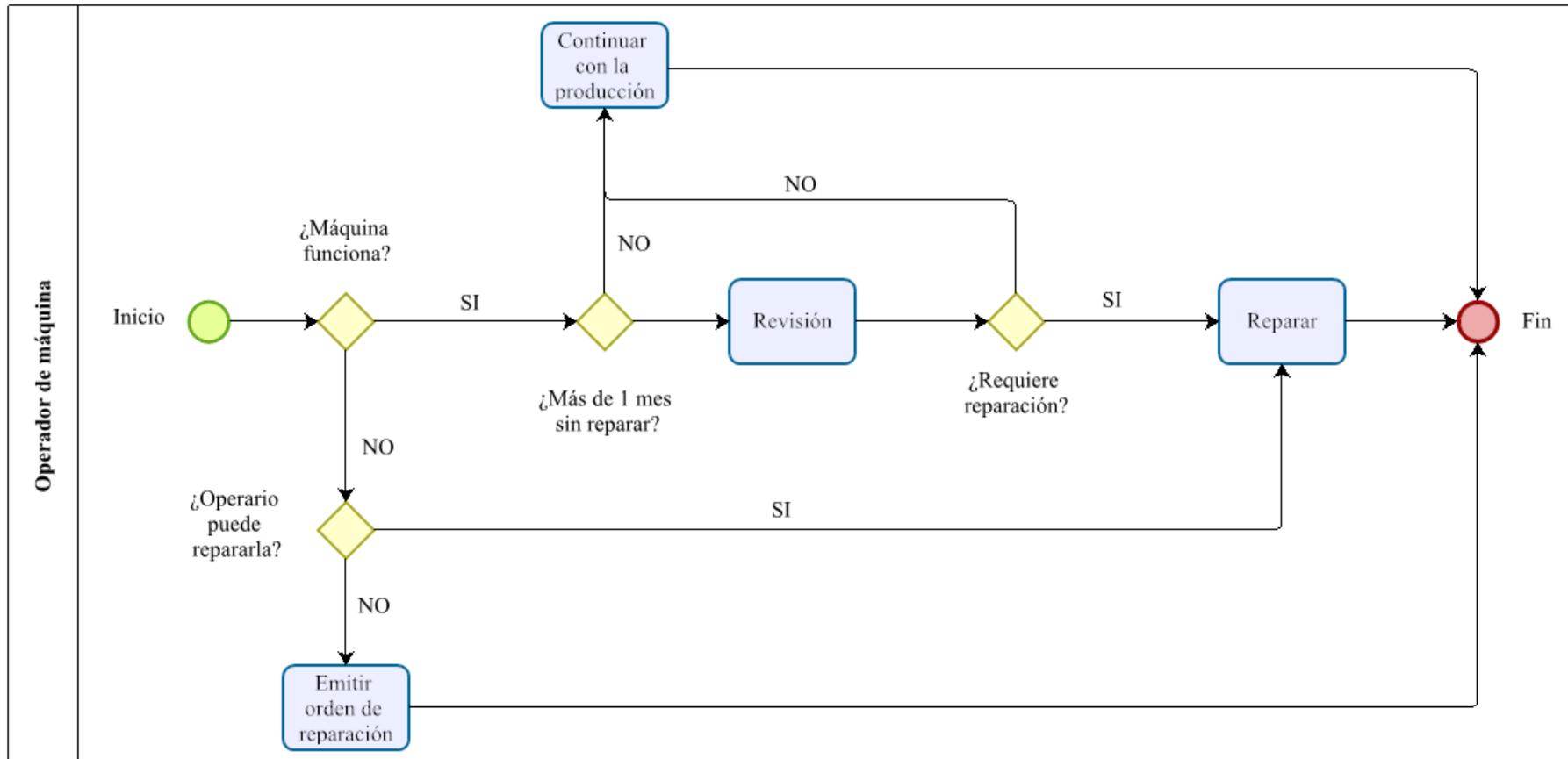
Equipo del área de producción de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, año 2020



Fuente: Elaboración propia

Anexo 16

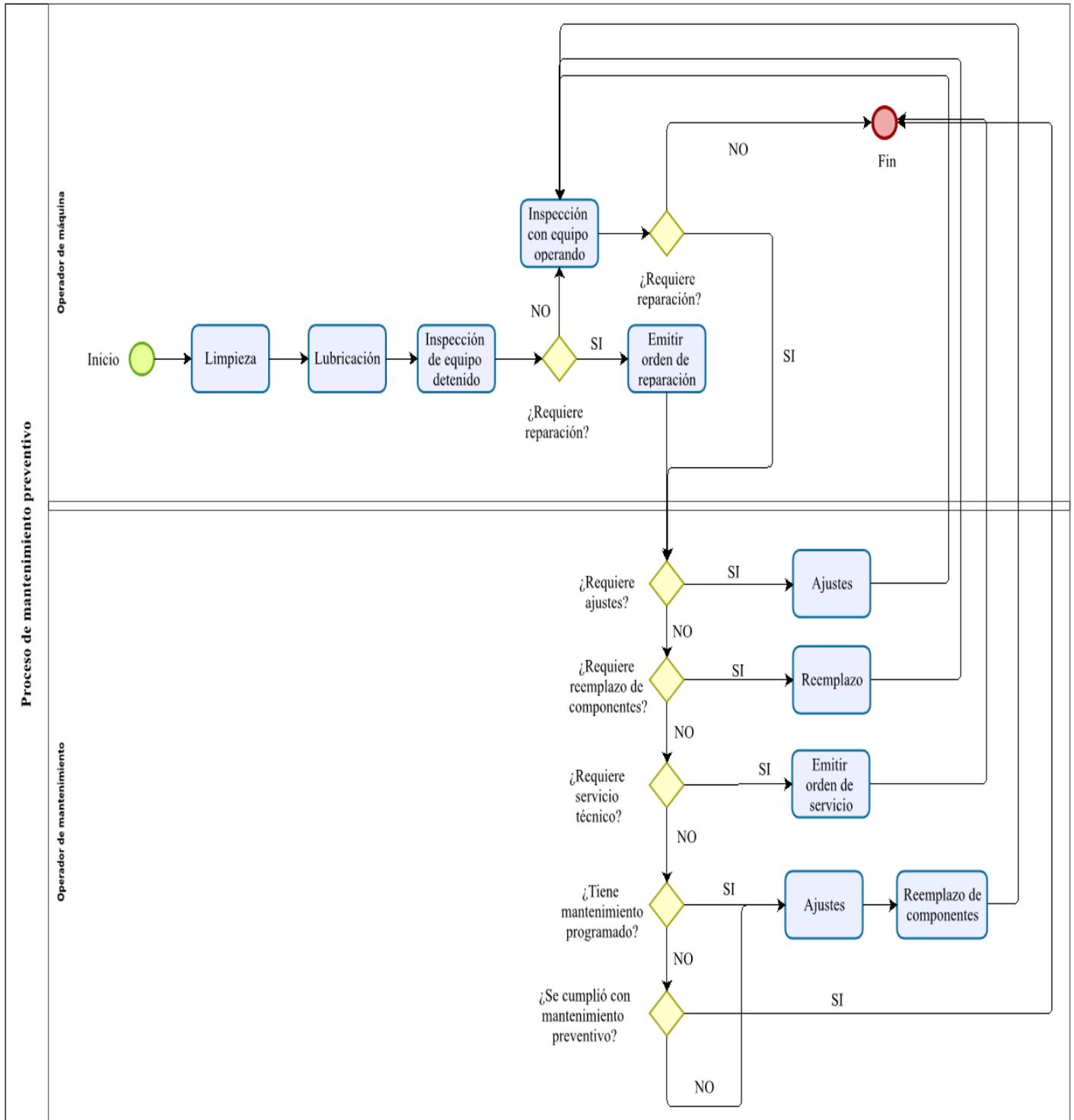
Diagrama de flujo de mantenimiento correctivo de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, enero del 2020



Fuente: Elaboración propia

Anexo 17

Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, enero del 2020



Fuente: Elaboración propia

*Cronograma para la implementación del mantenimiento preventivo de la empresa CAL Y
DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, agosto del 2020*

Alineamiento

Objetivo Estratégico (O):	Lider de Objetivo Estratégico:	Meta Mensual	
Incrementar la productividad mensual de sacos de Cal	Supervisor (S)	Reporte de productividad que muestre incremento	
Rangos de Control - Iniciativas		Fecha de Control: 31-ago-20	
Meta	Alerta		
>27,527	<=2500		

Definiciones Específicas

Entregables (Metas intermedias)			Gestión de Entregables																	
ID	Titulo	Descripción (opcional)	Complejidad	Sprint	Resp.	¿Terminado?	Gantt (Semanas)										A futuro			
							1 29-jun.	2 6-jul.	3 13-jul.	4 20-jul.	5 27-jul.	6 3-ago.	7 10-ago.	8 17-ago.	9 24-ago.	10 31-ago.				
A	Diseño del Plan de mantenimiento preventivo		2	1	S	▶	■	■												
1	Propuestas para el plan de mantenimiento preventivo		1	1	S	✓	■													
2	Informe del plan de mantenimiento preventivo	Cronograma, fujos, responsables	1	1	S	✓	■													
B	Capacitación		4	2	S	▶			■	■	■	■								
1	Capacitación de supervisores		2	2	S	✓			■	■										
2	Capacitación equipo 1 y 2		2	2	S	✓			■	■										
3	Capacitación equipo 3 y 4		2	2	S	✓				■	■									
C	Seguimiento en campo		5	3	S	▶			■	■	■	■	■							
D	Reportes de productividad que supera los 37,527 sacos de cal por mes		2	4	S	▶							■							■

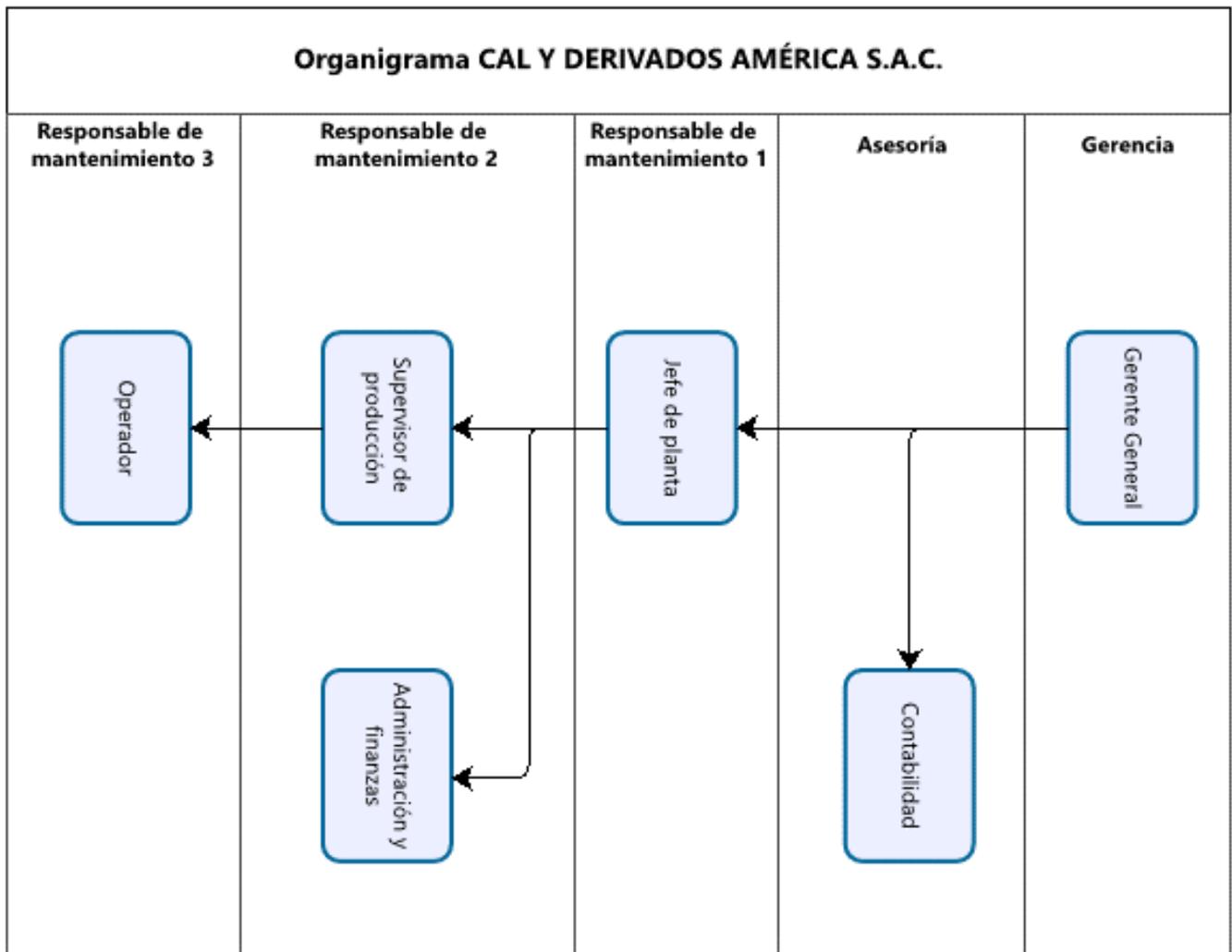
Declaración de Riesgos y Problemas

Comentarios			
Fecha de Control	R/P	Situación de Riesgo / Problema	Acciones Mitigadoras
13-jul-20	P	Ausencia del personal en las capacitaciones generando el retraso en la fecha de termino del programa.	Reprogramar las capacitaciones en la tercera semana
			Responsable: S

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18

Responsables del mantenimiento preventivo de la empresa CAL Y DERIVADOS AMÉRICA S.A.C. en la ciudad de Lima-Perú, julio del 2020



Fuente: Elaboración propia.