



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Implementación de la Metodología Six Sigma para Incrementar la  
Productividad del Área de Recarga en la Empresa Coins, Arequipa  
2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Ruiz Velasquez, Wen Roberto (orcid.org/0000-0002-6214-2480)

**ASESORA:**

Mtra. Quispe Rivera, Teotista Adelina (orcid.org/0000-0002-3371-1488)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Gestión de la Seguridad y Calidad

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A Dios y a mi madre por su apoyo incondicional; a mi hermano, novia y a mis seres queridos por su gran apoyo y comprensión en los buenos y malos momentos de mi vida.

## **Agradecimiento**

Agradezco a DIOS por ser mi guía, luz y esperanza para hacerle frente a todos los obstáculos que se me presentan.

A mi Madre por brindarme su apoyo incondicional y ese amor que me brinda siendo ella mi fortaleza y un ejemplo de vida y permitirme hacer posible esta tesis.

A una persona muy especial, mi novia que siempre me apoyó incondicionalmente.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	21
3.2. Variables y operacionalización.....	21
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	24
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Procedimientos.....	26
3.6. Método de análisis de datos.....	53
3.7. Aspectos éticos.....	54
IV. RESULTADOS .....	55
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES .....	66
VII. RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS .....	68
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Niveles sigma según el DPMO. ....	18
Tabla 2. Resultados de encuesta de aplicación actual de la metodología Six Sigma. .....	29
Tabla 3. Resultados porcentuales de encuesta de aplicación actual de la metodología Six Sigma. ....	30
Tabla 4. Productividad actual de la empresa COINS AREQUIPA SRL.....	37
Tabla 5. Baja productividad en la empresa COINS AREQUIPA S.R.L. ....	41
Tabla 6. Matriz de Correlación. ....	42
Tabla 7. Tabla de Frecuencias. ....	43
Tabla 8. Matriz de Priorización. ....	45
Tabla 9. Alternativas de Solución. ....	46
Tabla 10. Análisis de eventos suscitados en un día de producción (Pre-test). ....	47
Tabla 11. Análisis de eventos suscitados en un día de producción (Post-test).....	52
Tabla 12. Estadísticos de muestras relacionadas (Eficiencia). ....	55
Tabla 13. Prueba de muestra relacionadas (Eficiencia).....	55
Tabla 14. Estadísticos de muestras relacionadas (Eficacia). ....	56
Tabla 15. Prueba de muestra relacionadas (Eficacia). ....	56
Tabla 16. Costos de implementación de la metodología Six Sigma.....	61

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa COINS Arequipa S.R.L.....	27
Figura 2. Falta de un manual de procedimientos.....	31
Figura 3. Desempeño incrementaría la productividad.....	31
Figura 4. Trabajo en equipo incrementaría la productividad. ....	32
Figura 5. Six Sigma mejoraría la rentabilidad. ....	32
Figura 6. Capacitación incrementaría la rentabilidad. ....	33
Figura 7. Minimizar deficiencias incrementaría la productividad. ....	34
Figura 8. Responsabilidad al implementar Six Sigma.....	34
Figura 9. Tiempos disminuirían al implementar Six Sigma. ....	35
Figura 10. Objetivos contribuye a mejorar las operaciones. ....	35
Figura 11. Disposición para seguir aplicando el Six Sigma ....	36
Figura 12. Productividad de la empresa COINS Arequipa SRL. ....	37
Figura 13. Diagrama de Ishikawa del área de recarga de extintores de la empresa COINS AREQUIPA SRL. ....	38
Figura 14. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) (Pre-test). ....	39
Figura 15. Diagrama de Análisis de Proceso (DAP) (Pre-test). ....	40
Figura 16. Diagrama de Pareto. ....	44
Figura 17. Diagrama de estratificación.....	46
Figura 18. Diagrama de GANTT para la aplicación de la metodología SIX SIGMA. .....	49
Figura 19. Diagrama de Análisis de Proceso (DAP) (Post-test).....	50
Figura 20. Layout del área de recarga de extintores (Post-test). ....	51
Figura 21. Promedio Semanal Pre – Test para la eficiencia. ....	57
Figura 22. Promedio Semanal Post – Test para la eficiencia.....	58
Figura 23. Comparativo para la eficiencia (Pre y post test).....	58
Figura 24. Promedio semanal Pre -Test para la eficacia. ....	59
Figura 25. Promedio semanal Post -Test para la eficacia.....	59
Figura 26. Comparativo para la eficacia (Pre y post test). ....	60
Figura 27. Comparativo para la productividad (Pre y post test). ....	60

## Resumen

La presente tesis abordó el tema de la Implementación de la Metodología Six Sigma para Incrementar la Productividad del Área de Recarga en la Empresa Coins, Arequipa, 2022. El objetivo principal del trabajo fue determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma incrementa la productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.

En cuanto a la metodología, el presente trabajo de investigación tiene un diseño experimental con enfoque cuantitativo y de tipo aplicada.

El desarrollo se basó primero en identificar las causas de los principales problemas del área, usando las herramientas del DOP/DAP, diagrama de Ishikawa, diagnóstico por estratificación y diagrama de Pareto, a partir de lo cual se identificó que las principales causas de la baja productividad son el poco espacio para los trabajos, demora de procesos y falta de entrenamiento. Segundo, determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma, mejora tanto la eficiencia, la eficacia y finalmente cuánto mejora la productividad del área, tal es así que los resultados pre y post test señalan una mejora en la eficiencia del 59.81% al 94.37%, para la eficacia del 56.67% al 94.10%, la productividad de 58.80% a 95.51%, el DPO pasó de 0.45940 a 0.08224 y finalmente el DPMO, pasó de 459396 a 82237, es decir mejoró el rendimiento del 54% al 91.76%, además el nivel sigma pasó de 1.60 a 2.94.

Finalmente, se concluye que la metodología Six Sigma ha permitido realizar reducciones radicales en el tiempo de producción en el área de recarga de extintores, logrando así una reducción de porcentaje de fallas en los lotes, y un incremento del porcentaje de eficiencia y eficacia, además se logró obtener diferencias significativas en tiempo de ciclo, ahorro de recursos, reducción de costos, durante el proceso de producción.

**Palabras claves:** metodología Six Sigma, productividad, área de recarga.

## Abstract

This thesis addressed the topic of the Implementation of the Six Sigma Methodology to Increase the Productivity of the Recharge Area in the Coins Company, Arequipa, 2022. The main objective of the work was to determine how the implementation of the Six Sigma methodology increases the productivity of the fire extinguisher recharging area of the company COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.

Regarding the methodology, this research work has a quasi-experimental design with a quantitative and applied approach.

The development was based first on identifying the causes of the main problems in the area, using the DOP/DAP tools, Ishikawa diagram, diagnosis by stratification and Pareto diagram, from which it was identified that the main causes of the low productivity are little space for jobs, poor routing, process delays, and lack of training. Second, to determine how the implementation of the Six Sigma methodology improves both efficiency, effectiveness and finally how much it improves the productivity of the area, so much so that the pre and post test results indicate an improvement in efficiency from 59.81% to 94.37%., for efficiency from 56.67% to 94.10%, productivity from 58.80% to 95.51%, the DPO went from 0.45940 to 0.08224 and finally the DPMO, went from 459396 to 82237, that is, the performance improved from 54% to 91.76%, in addition, the sigma level went from 1.60 to 2.94.

Finally, it is concluded that the Six Sigma methodology has allowed radical reductions in production time in the area of recharging fire extinguishers, thus achieving a reduction in the percentage of failures in batches, and an increase in the percentage of efficiency and effectiveness, in addition It was possible to obtain significant differences in cycle time, resource savings, cost reduction, during the production process.

**Keywords:** Six Sigma methodology, productivity, recharge area.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la productividad del sector servicios ha tenido un crecimiento considerable durante los últimos decenios como lo referenció el Banco Mundial, donde en su mejor momento el sector servicios llegó a aportar los dos tercios del PBI mundial e incrementó, hasta en un 50%, la empleabilidad mundial de la población económicamente activa GBM (Grupo Banco Mundial 2022). Pero, con la llegada de la pandemia a raíz de la expansión del virus Sars-Cov-2, a inicios del año 2020, y que hasta ahora sigue dejando estragos en la economía mundial, el sector servicios se ha visto seriamente afectado como lo indica El Fondo Monetario Internacional, donde en un año tuvo una caída del 22% en comparación con el año anterior 2019 CEPAL (CEPAL 2018).

A nivel Latinoamérica es tendencia en las empresas lograr la satisfacción del cliente, pero no se enfocan en medir los niveles de productividad que manejan, tanto para los tiempos fuera del plazo establecido, como para la calidad del producto o la estandarización de los procesos, que motiva a aplicar algún método de la ingeniería industrial que promueva la mejora continua de la productividad (Pereda Quispe 2018). Cabe resaltar que, en la última década, la productividad del sector servicios ha brindado empleabilidad al 25% de la PEA (CEPAL 2018).

A nivel nacional, en el Perú, de acuerdo con el INEI, desde la pandemia a causa del COVID-19, son cinco los sectores productivos que han tenido fuertes pérdidas, entre ellos se encuentra en sector servicios prestados a empresas, registrando una caída del 61.75% y, en el último año, alcanzó una ponderación de 4.24 de crecimiento (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2021). Por la necesidad de incrementar la producción del sector, es necesario medir los niveles de productividad para saber si se cumple con los clientes con entregas a tiempo y servicios de calidad.

A nivel regional, COINS AREQUIPA S.R.L. es una empresa que brinda el servicio de instalaciones y mantenimiento de sistemas contra incendio en todas sus derivaciones y generalidades de alta calidad. A partir de ello, el presente estudio se enfoca en optimizar la productividad del área de recarga de extintores fijos y portátiles, por ser esta área donde se están presentando problemas en el

manejo de los tiempos, no conformidades y cumplimiento de entregas, incrementando los costos y pérdidas de horas hombre trabajadas por los tiempos improductivos.

Con esta observación surge el problema general: ¿Cómo la implementación de la metodología Six Sigma incrementa la productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022? Con los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es el nivel de productividad actual en el área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?, ¿Cómo la implementación de la metodología Six Sigma, en el área de recarga de extintores, mejora la eficiencia en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?, ¿Cómo la implementación de la metodología Six Sigma, en el área de recarga de extintores, mejora la eficacia en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?, ¿Cuánto mejora la productividad después de la implementación de la metodología Six Sigma del área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?

La justificación metodológica se da porque, mediante esta investigación, se busca optimizar la productividad en el área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, realizando una redistribución de ambientes, elaborando procedimientos de trabajo, estandarizando insumos, entre otros, según lo establecido en la metodología Six Sigma.

Tiene justificación económica, ya que aporta a la empresa COINS Arequipa SRL en la reducción de costos operativos por tiempos muertos, por desorganización y falta de estandarización, principalmente. La justificación práctica se da porque la investigación pretende proponer el uso de la herramienta Six Sigma para dar solución a las principales causas que afectan el nivel de productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL., siendo este aporte beneficioso tanto para los miembros internos de la empresa como para sus clientes.

Entonces como objetivo general del estudio es determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma incrementa la productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa

2022. Considerando los siguientes objetivos específicos: Determinar el nivel de productividad actual en el área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022. Determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022. Determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022. Determinar en cuanto mejora la productividad después de la implementación de la metodología Six Sigma del área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.

Por lo tanto, se formula la hipótesis general que la implementación de la metodología Six Sigma mejora la productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022. Con las siguientes hipótesis específicas: El nivel de productividad actual es menor al 80% en el área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022. La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022. La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022. La mejora en la productividad después de la implementación de la metodología Six Sigma es del 90% en el área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

A fin de resolver la problemática de investigación, se revisaron estudios previos. En este marco, como antecedentes internacionales, se consideró a Hernández y Oliveres (2018), quienes realizaron un artículo titulado “Evaluación de la productividad de la mano de obra en construcción usando herramientas Six Sigma: Un caso de estudio”, que tuvo como objetivo analizar la productividad de los trabajadores del sector de construcción, mediante la metodología Six Sigma. La metodología fue de tipo aplicada y enfoque cuantitativo, considerando como muestra 44 vertidos de hormigón. Se evidenció que el ritmo de trabajo de forjados de hormigón es de 662,6 m<sup>2</sup> por semana, mientras que, la productividad promedio fue de 1,47 m<sup>3</sup>/HH. A partir de la metodología Six Sigma, se determinó que la productividad del equipo no cumple con las especificaciones señaladas, concluyendo que los cambios experimentados en la medición de los niveles de productividad sientan sus bases en la variabilidad natural del proceso de construcción.

Arellano (2019) sustentó una tesis titulada “Estrategia Six Sigma: propuesta para reducir variabilidad del proceso de patrocinio judicial en una organización de servicios”, que se orientó a presentar una propuesta de modelo enfocado en identificar las fallas que existen en el proceso de patrocinio judicial y poder brindar una experiencia mejor al usuario, para lo cual se utilizó la metodología Six Sigma. Esta investigación fue de tipo explicativo y enfoque mixto. Mediante el análisis cualitativo, se observó que existen oportunidades de mejora a partir de la implementación del método Six Sigma; en cuanto al análisis cuantitativo, se obtuvo un nivel sigma de 1.81. Como conclusión, la propuesta metodológica Six Sigma permitió identificar los puntos críticos y necesidades para optimizar el desempeño de los procesos productivos del poder judicial, ya que se enfoca en la estandarización del proceso de formación de los colaboradores.

Blanquicett et al. (2020), en su artículo “La aplicación de la metodología Six Sigma a las quejas del sector salud en Colombia”, se orientaron a fundamentar un modelo que permita evaluar la calidad de los servicios de salud prestados en

Colombia, fundamentalmente la gestión de quejas, considerando la metodología Six Sigma. Respecto a la metodología, el estudio fue descriptivo-explicativo, como muestra, se seleccionaron 2500 pacientes que fueron atendidos en los dos primeros meses del año; mientras que, la calidad fue evaluada a partir del rendimiento, nivel sigma y defectos por millón. Se evidenció que el criterio de acceso a la salud tuvo un rendimiento del 88%, obteniendo un nivel sigma de 2,67, por lo que se debe mejorar este criterio. No obstante, en general, se encontraron resultados satisfactorios en cuanto a la atención en el sector salud en Colombia. Se concluyó que la metodología Six Sigma es útil para la evaluación de productividad y calidad de servicios, ya que permite evaluar los niveles y rendimiento de cada criterio y, así, brindar recomendaciones que conlleven a la mejora del sistema de salud.

Hernández (2020) realizó un artículo científico titulado “Mejoramiento continuo en la industria del calzado utilizando la metodología Six Sigma. Caso “Exclusivos Botero”, que tuvo como objetivo realizar una revisión de carácter cualitativo respecto a la aplicación del método Six Sigma en la industria del calzado. El estudio fue de tipo descriptivo, enfoque cualitativo y diseño no experimental. Al comparar con otros estudios la planificación estratégica implementada por la empresa de calzado ‘Exclusivos Botero’, se evidenció que la aplicación del método Six Sigma reduce la variación de los procesos de producción, incrementando la satisfacción de los clientes, además de eliminar los desperdicios. Como conclusión, el método Six Sigma resulta eficiente para generar mayor beneficio a la empresa e incrementar la productividad organizacional.

Guevara (2020) realizó un artículo titulado “Metodología Six Sigma para la mejora de la calidad en la empresa Reproimav, Ecuador”. El estudio fue de tipo descriptivo-aplicativo y enfoque cuantitativo. Primeramente, se realizó un diagnóstico situacional, encontrando un nivel de productividad del 77,64%, lo que permite resaltar la eficiencia del proceso productivo actual, pero con potencial de mejora. Seguidamente, se implementó la metodología Six Sigma, pero la falta de personal asignado al mantenimiento de equipos y baterías, conlleva a que se obtenga únicamente un porcentaje de productividad del 83%. En conclusión, la

herramienta Six Sigma resulta efectiva para incrementar los niveles de productividad.

Además, se revisó la tesis de Guerrero (2020), titulada “Disminución del tiempo de producción y mantenimiento de la productividad de la empresa Luisa Postres utilizando la metodología Six Sigma y el ciclo DMAIC”, la cual tuvo como propósito reducir el tiempo de mantenimiento y producción en una empresa mediante la implementación de la metodología Six Sigma, con el objetivo de incrementar los niveles de productividad. Esta investigación fue de tipo descriptivo-explicativo y enfoque cualitativo. Respecto a los resultados, se evidenció que al implementar la metodología Six Sigma contribuye en la mejora de tiempos de producción, pasando de una media de 9.005 horas a 7.63 horas de media, por lo que la línea de producción redujo su tiempo en 1.37 horas. En este marco, se concluyó que el método Six Sigma reduce el tiempo de mantenimiento, así como la línea de producción de la organización de análisis, lo que contribuye al incremento del nivel de productividad.

Ortiz (2020) sustentó una tesis titulada “Implementación del modelo Six Sigma como estrategia de mejora en Pymes de Latinoamérica”, que se orientó a evaluar el estado actual de la literatura respecto al uso del modelo Six Sigma como estrategia para optimizar la productividad y competitividad en las Pymes latinoamericanas. Metodológicamente, la investigación fue descriptiva-documental y de enfoque cualitativo. Se evidenció que la metodología Six Sigma permite incrementar la fiabilidad de procesos empresariales, satisfacción del cliente, incremento de la productividad, tiempos de ciclos de producción, incremento de calidad y reducción de costos, además de detectar las causas de ineficiencia e ineficacia. Por lo tanto, se tuvo como conclusión que, al aplicar el modelo Six Sigma, es posible mejorar la productividad, ya que esta influye positivamente en la adaptación de las empresas ante el mercado competitivo y globalizado, siendo la alta dirección quien debe comprometerse con la implementación efectiva de esta metodología para obtener resultados positivos.

Vázquez y Rodríguez (2021) realizaron un artículo titulado “Implementación de metodología Six Sigma para la solución de bolas de soldadura en tablillas electrónicas”, que tuvo como objetivo “establecer condiciones óptimas de los

parámetros considerados en la fabricación de tablillas electrónicas” (p. 1). El tipo de estudio fue descriptivo-explicativo, mientras que, el diseño fue no experimental, y se utilizó el modelo Six Sigma para determinar los defectos e identificar las causas de la aparición de bolas de soldadura. Se encontró que los factores influyen en el proceso de fabricación de bolas de soldadura en tablillas electrónicas no son significativos en el defecto generado, por lo que se evaluaron las condiciones de tablillas electrónicas de distintos proveedores. Finalmente, se concluyó que el proveedor chino es el que genera mayores problemas de calidad en las tablillas, siendo este la causa principal de la generación del defecto. Entonces, a partir de la implementación del modelo Six Sigma, se pudo identificar la raíz causal del problema y resolver la problemática de calidad de las tablillas electrónicas.

En cuanto a antecedentes nacionales, se revisó la investigación de Cotrina (2016) titulada “Aplicación de la metodología Six Sigma para incrementar la productividad en el área de habilitado de la empresa SERPROVISA, SAC, Huachipa-2016”. Este estudio fue de tipo aplicada-explicativa, diseño experimental. A partir de la aplicación del método Six Sigma, se pudo optimizar la calidad del área de habilitado de 2 a 5 sigma, lo que se considera un nivel de calidad aceptable. Por lo tanto, se concluyó que el modelo Six Sigma incide de forma significativa en los niveles de productividad del área de habilitado de la empresa de análisis, logrando que el nivel de productividad se incremente mediante la implementación de la metodología.

Roncal et al. (2017), en su artículo “Metodología DMAIC-Six Sigma para aumentar la productividad del área de producto terminado de la empresa Pesquera Artesanal de Chimbote, 2016”, se enfocaron en proponer el modelo DMAIC-SIX SIGMA para optimizar la productividad del área de producto culminado. La investigación, metodológicamente, fue de diseño pre experimental y tipo aplicativo, siendo la muestra de análisis los niveles de productividad en el área de producto terminado. A partir de la aplicación de la metodología DMAIC-SIX SIGMA, se logró pasar de un 61.8% de efectividad, a un 98.5%, lo que conllevó a la productividad mejorará en un 36.7%, siendo esta una mejora aceptable en el proceso productivo. Se concluyó que la metodología DMAIC-SIX

SIGMA influye positivamente en la mejora de productividad de la empresa Pesquera Artesanal, siendo una metodología que contribuye al ahorro de insumos mediante la mejora de los procesos productivos y los niveles de productividad.

Del Castillo y Noriega (2018) sustentaron una tesis titulada “Propuesta de un modelo de gestión, para incrementar la productividad, aplicando la metodología Six Sigma en una empresa pesquera”, donde plantearon como objetivo aumentar la productividad de elaboración de harina de pescado, a partir de la aplicación del modelo Six Sigma, en la empresa Austral Group S.A.A. Este estudio fue de tipo explicativo y diseño pre-experimental, siendo las técnicas de acopio de datos la investigación documental y observación directa. En primer lugar, se identificaron los defectos del proceso de producción, que repercuten en la harina de pescado. Seguidamente, se utilizó la técnica DMAIC y metodología Six Sigma, logrando una productividad de 19.13, que resulta un nivel sigma de 4.45. Al evaluar los resultados iniciales y los obtenidos luego de la aplicación de la metodología Six Sigma, se alcanzó un incremento de 91.66% en la productividad, demostrando la efectividad de la metodología.

Matzunaga y Chung (2018), realizaron un artículo titulado “Implementación de un sistema de mejora de calidad y productividad en la línea de fileteado y envasado de pescados en conservas basado en las herramientas de la metodología Six Sigma”, que tuvo como objetivo incrementar la productividad y calidad de las acciones de fileteado y envasado de pescados en conservados, a partir de la implementación de un sistema que se basa en el modelo Six Sigma. El estudio fue de tipo descriptivo y diseño cuasi experimental, la muestra se constituyó por la planta Industrial San Martín S.A.C. Mediante la metodología aplicada, se logró reducir en un 63% el nivel de DPMO, lo que permitió optimizar el sub proceso de fileteado; consecuentemente, se mejoró el nivel de productividad de las obreras en un 8.3%. Por lo tanto, se concluyó que, mediante la aplicación del modelo Six Sigma, se logra incrementar la calidad y productividad en los sub procesos de la empresa de estudio.

Núñez (2018) realizó una tesis titulada “Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el almacén de la empresa Moriwoki Racing

Perú-Callao 2017". El estudio fue de tipo aplicativo-explicativo, diseño pre-experimental, enfoque cuantitativo y corte longitudinal. La muestra de análisis se constituyó por 60 días de evaluación del almacén de la empresa Moriwoki Racing Perú (30 días de pre test y post test, respectivamente). Como resultados, la implementación de la metodología optimiza de un 32% a 57% la productividad de la empresa, logrando una eficacia del 81% (antes del 41%) y una mejora de eficiencia del 67% a 77%, esto debido a la erradicación de prácticas desperdicio, tales como rotación nula y eliminación de inventario obsoleto. Se concluyó que la metodología Six Sigma incide positivamente en la mejora de productividad del almacén de la empresa de estudio, ya que se orienta a la mejora de procesos y erradicación de aquellos que no brinden valor al proceso.

Vásquez (2020) sustentó una tesis titulada "Metodología Six Sigma y productividad en la empresa Dominion Perú-Chorrillos, 2020". Respecto a la metodología, esta fue de tipo correlacional y descriptiva. La muestra de estudio se conformó por 40 colaboradores de la empresa Dominion Perú (Chorrillos). Respecto a la correlación entre la productividad y la metodología Six Sigma, se obtuvo un valor de Rho Spearman de 0.483; mientras que, respecto a la metodología DMAIC, en relación a la variable productividad, se obtuvo un Rho de Spearman de 0.463, 0.215, 0.506, 0.487 y 0.343, respectivamente, con valores de significancia menores a 0.05. En conclusión, existe un nivel de correlación moderada entre la productividad y modelo Six Sigma de la empresa de estudio.

Vargas (2021) sustentó una tesis titulada "La metodología Six Sigma y el nivel de productividad en una empresa de comida rápida, Cajamarca 2020", orientada a optimizar la productividad de una empresa que se dedica a la comida rápida. La investigación fue de tipo descriptivo, método inductivo y diseño experimental, siendo la muestra de análisis la merma de marinado de pollo. Inicialmente, se determinó una merma equivalente al 34.44%, siendo este un nivel de sigma del 1.9; mientras que, luego de determinar las raíces de los problemas e implementar el modelo Six Sigma, se logró una mejora del 95%, es decir, un nivel sigma del 2.4. Por lo tanto, se concluyó que la metodología Six Sigma

resulta efectiva para aumentar los niveles de productividad de la empresa de comida rápida.

Malpartida et al. (2021), en su artículo “Estrategia de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil”, se orientó a analizar cuán importante es el modelo Six Sigma en el rubro textil. La investigación fue de tipo descriptivo, análisis documental y enfoque cualitativo. Se determinó que el modelo Six Sigma es una herramienta que permite mejorar la capacidad de los procesos textiles, siendo eficaz para incrementar el rendimiento y disminuir la variación, por lo tanto, reduce la aparición de defectos y aumenta la calidad textil. Por lo tanto, aplicar este método no solo permite alcanzar mayores beneficios económicos (debido a la reducción de defectos), sino también implica la reducción de costos, debido a la reducción de desperdicio de material, lo que conlleva a optimizar la productividad de las empresas textiles.

Alejandro (2021) realizó una investigación titulada “Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en la embotelladora San Miguel del Sur S.A.C.-Huaura, 2019”, que tuvo como objetivo establecer cómo el modelo Six Sigma incrementa la productividad en la embotelladora San Miguel del Sur S.A.C. (Huaura). La tesis fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño pre-experimental, y la muestra de estudio se constituyó por 384 unidades producidas en la embotelladora de análisis, siendo la mitad de esta utilizadas para el pre test, y el resto para el post test. Se evidenció que la implementación de la metodología Six Sigma contribuyó en el porcentaje de productividad de un 60.27% a 66.60%, ya que luego de incrementar esta metodología el nivel sigma obtenido fue de 3,51. Cabe señalar que uno de los instrumentos que impulsó la mejora de productividad fueron las cartas de control, enfocadas en el uso eficiente del tiempo. Por lo tanto, se concluyó que el modelo Six Sigma optimiza la productividad de la embotelladora de estudio.

Guerra (2021) sustentó una tesis titulada “Propuesta de la metodología del Six Sigma para mejorar la productividad de las unidades vehiculares en la empresa Tower and Tower S.A.”, que tuvo como objetivo determinar cómo el modelo Six Sigma influye en la productividad de las unidades vehiculares pertenecientes a la empresa Tower S.A. La investigación fue de tipo descriptivo-explicativa, y la

muestra se conformó por 12 semanas laborales. A partir de la implementación del modelo Six Sigma se logró optimizar los indicadores de disponibilidad de vehículos y de gestión, logrando una productividad del 80%; no obstante, aún se observa un sesgo en la rotación de inventarios, por lo que se deben aplicar estrategias que mejoren este proceso. En este sentido, se concluyó que la implementación de la metodología Six Sigma es significativa en la mejora de rentabilidad e identificación de oportunidades, conllevando al incremento de los niveles de productividad.

Asimismo, como antecedentes, se consideraron artículos científicos en lengua inglesa, tales como los siguientes:

Desai et al. (2015) escribieron el artículo "Curbing changes in packaging process through Six Sigma way in a large-scale food-processing industry", cuyo propósito fue presentar ejemplos de implementación del modelo Six Sigma y su impacto en la productividad y calidad en grandes empresas de procesamiento de alimentos a gran escala. El estudio fue descriptivo, método documental, basado en estudios de casos. En primer lugar, se identificaron las raíces del problema, como la variación de peso en los envases. Luego, se implementó la metodología Six Sigma, reduciendo la tasa de rechazo al 50%, lo que generó mayores beneficios económicos. En conclusión, la metodología Six Sigma optimiza el proceso de empaque y tiene una influencia significativa en el proceso de producción.

Manohar y Balakrishna (2015), en su artículo "Defect analysis on cast wheel by Six Sigma methodology to reduce defects and improve the productivity in wheel production plant", propusieron como objetivo analizar la mejora de la productividad y la calidad de una empresa manufacturera, mediante el análisis de defectos y la aplicación del modelo Six Sigma. Como metodología de estudio se utilizó el método DMAIC, perteneciente a la metodología Six Sigma, con el fin de determinar los valores críticos y solucionar los problemas del proceso. Mediante la implementación de esta metodología se logró reducir los niveles de defectos, obteniendo valores de 1.45% a 1.64% y 0.69% a 0.77%, respectivamente. En conclusión, el modelo Six Sigma es efectivo para la reducción de defectos para procesos productivos específicos.

Jamil et al. (2018) realizó un estudio titulado "Improving thermoform productivity: case of design-of-experiment", el cual tuvo como objetivo mejorar los niveles de productividad del proceso de termoformado, a partir de la implementación de la metodología Six Sigma. El estudio fue de tipo descriptivo-aplicativo y de diseño no experimental, utilizando el diseño de experimentos para determinar los factores críticos que inciden en la productividad del proceso. Como resultados, se evidenció que los factores críticos son el espesor y la temperatura de la lámina, así como el tiempo de vacío. Luego de implementar la metodología Six Sigma, la productividad aumentó en un 13%, además de mantener la calidad del producto. Cabe señalar que el aumento de los niveles de productividad se tradujo en una reducción de defectos, reservas y costes asociados.

Gargate et al. (2019), en su artículo "Six Sigma model optimized for reducing downtime in an open-pit mine", propusieron la utilización del modelo Six Sigma para reducir el tiempo de inactividad de la flota de camiones y mejorar la productividad. La investigación tuvo un enfoque descriptivo y cuantitativo. Se evidenció que, a partir de la selección de una flota óptima considerando las condiciones del proyecto minero, es posible mejorar los niveles de eficiencia y, por ende, la productividad, además del aprovechamiento óptimo de la maquinaria y la reducción de procesos improductivos. Por lo que se concluyó que el modelo Six Sigma representa una valiosa herramienta para lograr la visión y estrategias empresariales, además de lograr la mejora continua de los procesos productivos mineros, mejorando la competitividad del sector.

Hoque et al. (2019) desarrollaron una investigación titulada "Implementation of Six Sigma to minimize defects in sewing section of apparel industry in Bangladesh", cuyo objetivo era reducir los defectos utilizando la metodología Six Sigma. El estudio fue descriptivo, cuantitativo y no experimental, siendo la muestra de estudio Ananta Apparels Ltd. Primero se realizó un diagnóstico inicial, donde se identificaron defectos críticos como mancha de puntada rota, deslizamiento, puntada saltada. Luego, se implementó la metodología Six Sigma, logrando una reducción del 80% de defectos en la fábrica de análisis, demostrando su efectividad en la minimización de defectos en la sección de

costura y, en consecuencia, su influencia en el aumento de los niveles de productividad.

Solanki y Desai (2020) realizaron un artículo titulado "Competitive advantage through Six Sigma in sand casting industry to improve overall first-pass yield: a case study of SSE", cuyo objetivo fue ilustrar la implementación de la metodología Six Sigma en una pequeña escala, empresa de fundición. La investigación fue descriptiva y tomó como muestra el proceso de fabricación de un taller de fundición. Se realizó un diagnóstico general para identificar las causas raíz e implementar medidas de mejora. Como resultado se logró una mejora en el rendimiento global, pasando de un 67% de rendimiento a un 78,88%. El nivel sigma aumentó de 2,21 a 3,08. En conclusión, la implementación de la metodología Six Sigma es efectiva para aumentar la productividad en las fundiciones.

Munyaka y Sarma (2020) realizaron un artículo titulado "The use of DMAIC Six Sigma for productivity 'GAP' reduction in manufacturing production line", que se propuso reducir la brecha entre los niveles de productividad, entre el trabajo por turnos planificado y el trabajo por turnos en línea en tiempo real en la industria manufacturera. El estudio fue de enfoque mixto descriptivo-aplicativo, y se utilizaron diagramas de Pareto y causa-efecto para analizar la brecha. Se identificaron procesos ineficientes como reuniones, seguimientos, entre otros. La implementación del modelo Six Sigma aumenta su efectividad en la reducción de desperdicios y el aumento de la eficiencia de los trabajadores.

Purba et al. (2021) realizaron un artículo científico titulado "Increasing Sigma levels in improving productivity and industrial sustainability with Six Sigma methods in the manufacturing industry: A systematic literature review", donde se planteó el propósito de incrementar la productividad a partir de la aplicación del modelo Six Sigma en una pequeña empresa tradicional. La investigación fue descriptiva, de análisis documental, se utilizó el software estadístico MINITAB. Se determinó que en general, la metodología Six Sigma permite la reducción de defectos, variación, tiempo de ciclo de producción y costos; además, repercute en el aumento de la satisfacción de los clientes, aumentando los beneficios por ahorros en costes improductivos. Se concluyó que el modelo Six Sigma actúa

positivamente en el aumento de la productividad y la sustentabilidad industrial, demostrando su efectividad en la mejora de la competitividad.

Singh et al. (2021), en su artículo de investigación "Application of Six Sigma methodology in an Indian chemical company", propusieron implementar el modelo Six Sigma para mejorar el manejo de las quejas de los clientes para Chemical-X en una empresa química ubicada en India. El estudio fue de enfoque mixto, y utilizó el plan DMAIC. Como resultados se encontró que las quejas de los clientes eran, en promedio, un 5% previo a la investigación. A partir de la implementación del modelo Six Sigma, se logró priorizar y optimizar los parámetros del proceso de fabricación, principalmente mediante el monitoreo de la humedad y el proceso de empaque. A partir de la aplicación de este método se logró controlar la variación en el tiempo de producción logrando un mayor beneficio comercial. Finalmente, las quejas se redujeron del 5% al 1%, demostrando la efectividad de la metodología Six Sigma para atender y resolver las quejas.

Kumar et al. (2021), en su artículo "Relevance of Six Sigma in Indian manufacturing industries: Case studies", se centraron en determinar la efectividad de la implementación de Six Sigma en las empresas manufactureras y desarrollar un plan de adopción para este método. El estudio fue de tipo aplicativo. Se encontró un vínculo significativo entre la gestión de la productividad y la metodología Six Sigma, ya que, luego de su implementación, se incrementaron los niveles de producción, además de generar mayores beneficios a la empresa, potenciando su competitividad.

Okwu et al. (2021) realizaron una investigación titulada "Six Sigma as a strategy for process improvement in industry 4.0", que tuvo como objetivo identificar de manera sistemática oportunidades para la aplicación de la metodología Six Sigma en el sector de servicios y manufactura. La investigación fue de tipo aplicativo, enfoque mixto. Se observó que la filosofía Six Sigma fue utilizada de manera intensiva en el sector de manufactura y salud, siendo los países en vías de desarrollo donde aún existen brechas para aceptar la adopción de la metodología en las empresas manufactureras. Como resultado, se encontraron deficiencias en los procesos productivos, siendo fundamental que las empresas

estén orientadas a la calidad y la excelencia, lo cual se logrará a través de la aplicación del modelo Six Sigma, además de contribuir al incremento de la calidad y excelencia en el proceso de producción.

Narula et al. (2021) desarrollaron un artículo titulado “Improving the productivity of the machining process of a manufacturing company: a six sigma case study”, el cual tuvo como objetivo mejorar los niveles de productividad del proceso de maquinado de una empresa manufacturera utilizando la metodología Six Sigma. El estudio fue descriptivo-aplicativo, y se consideró el enfoque DMAIC. A partir de la implementación de la metodología Six Sigma, se logró incrementar la capacidad del proceso, permitiendo el cumplimiento eficiente de las especificaciones del tratamiento superficial. En comparación con el proceso de producción inicial, se obtuvo una mejora de 10 segundos en el proceso de fabricación de cada pieza, aumentando los niveles de productividad en un 15,7%.

En cuanto a las bases teóricas, se consideraron las siguientes variables y dimensiones de estudio:

La primera variable de estudio es la metodología Six Sigma, definida como una filosofía de gestión de calidad orientada a medir los defectos organizacionales, aminorar los índices de variación y optimizar la calidad de los procesos, así como de los servicios y productos a comercializar (Arafeh et al. 2018). Esta metodología fue propuesta por Bill Smith, miembro de la empresa Motorola, para luego ser implementado en diversas empresas como un método de gestión de calidad (Zhou et al. 2020).

Stamatis (2003) señala que Six Sigma es una metodología centrada en el incremento de la calidad de procesos y garantizar el nivel de competencia de la empresa en el mercado actual. Para ello, se consideran los requerimientos de los consumidores, siendo esta la base para medir las variables del proceso productivo y establecer el rendimiento organizacional, analizar las causas que provocan variación en el proceso y, en base al análisis de estos datos, optimizar el proceso al erradicar los procesos repetitivos (desperdicio).

Por su parte, Arafeh et al. (2018) manifiestan que el Six Sigma es una metodología centrada en la calidad, con el objetivo de aminorar la variabilidad

de un proceso a defectos cero. Es una estrategia que sienta sus bases en la retroalimentación de los clientes (encuestas) y los datos medibles (indicadores) y confiables.

Este método se aplica para aminorar y eliminar los defectos que se encuentren en los procesos de fabricación, así como en el producto final. Como resultado, uno de sus principales objetivos es optimizar la calidad total del producto y los servicios. (Zhou et al. 2020)

El término sigma, expresada con la letra “ $\sigma$ ”, hace referencia a la desviación estándar evidenciada de un conjunto de datos, es decir, representa la variabilidad de los procesos, a fin de que los outputs, mediante procesos eficientes, tengan un valor agregado. (Costa, Lopes, Brito 2019)

Efimova et al. (2021) señala que el propósito de la metodología Six Sigma es optimizar los resultados financieros mediante un proceso de control estadístico, para lo cual se aumenta la velocidad de producción y se reducen las inversiones.

Cabe resaltar que, esta metodología se concentra en la satisfacción del cliente, en base a la calidad del producto que recibe. Al respecto, Maciel et al. (2020) manifiesta que la metodología Six Sigma contribuye en la toma de decisiones, considerando la información y el análisis de datos como base, mas no en presentimientos e intuiciones, por lo que esta se concibe como una metodología medible, de alta utilidad y bien definida, con capacidad de enfrentar las problemáticas del mercado globalizado.

En este sentido, la metodología Six Sigma conlleva a que una organización tome acciones razonables y efectivas para satisfacer, de forma óptima, a sus clientes, incluir a sus empleados y, en muchos casos, incrementar su imagen. En este marco, esta metodología representa una estrategia dirigida a mejorar, continuamente, el desempeño de una organización. (Costa et al., 2019)

## **Fases de la metodología Six Sigma**

### **Definir**

El Six sigma, comienza con la localización de sí mismo, mostrando la fundamentación del éxito, en este periodo se requiere conocer de manera precisa las metas. Cómo será valorizado el logro de lo propuesto, los resultados

deseados y todos los que hicieron posible el desarrollo del mismo. (Praveen Gupta 2015)

### **Medir**

Según Praveen (2015), lo que se espera al final de esta fase en medir las dificultades que se están abordando y, de esta manera, saber los efectos que ha ocasionado en las instituciones.

### **Analizar**

Luego de que en la fase medir se tengan los datos requeridos, se procede al estudio o análisis, a fin de brindar la situación en la que se encuentra el proceso, por lo que se requiere hacer un análisis minucioso en el que se logre identificar lo que ha originado, la contrariedad (Praveen Gupta 2015).

### **Mejorar**

Praveen (2015) define a esta etapa como la más significativa, ya que en ella es cuando se comienza a solventar las dificultades, partiendo de lo que la originó.

### **Controlar**

Última fase de un proyecto, Six Sigma se establece cuando ya se ha seleccionado las soluciones que se llevarán a cabo. En esta fase se ponen en práctica métodos en los que las soluciones que se implementen sean perdurables. (Praveen Gupta 2015)

Un término que se debe entender a cabalidad, es el defecto (enfoque metodológico del Six Sigma), el cual se define como un evento en el que determinado producto o servicio no satisface las expectativas del consumidor o cliente, por lo cual, la empresa debe aplicar estrategias para generar resultados positivos, predecibles y estables.

A partir de lo indicado, se considera como primera dimensión el DPO (defecto por oportunidad) y, según Yarub y Shehab (2021), este se calcula según la siguiente ecuación:

$$DPO = \frac{D}{U \times O}$$

Dónde:

D : Defectos

U : Unidades fabricadas (artículos sujetos a auditorias, para determinar su calidad)

O : Oportunidad de defectos

Como se puede observar, los defectos por oportunidades se obtienen al dividir la cantidad de defectos entre el total de oportunidades de defectos por unidades fabricadas. (Kurnia et al. 2021)

Por otro lado, como segunda dimensión se considera el DPMO (defecto por millón de oportunidades). Este, según Kartika et al. (2018), este se calcula según la siguiente ecuación:

$$DPMO = \frac{D}{U \times O} \times 1000000$$

A partir de esta fórmula, se comprende que el DPMO hace referencia a la cantidad de defectos identificados en un lote de inspección, la cual se divide entre la cantidad de oportunidades por defectos, respecto a un millón de oportunidades (unidades). (Islam et al., 2020)

En este marco, se establecen en la Tabla 1 niveles sigma por DPMO:

**Tabla 1.** Niveles sigma según el DPMO.

<b>NIVEL DE SIGMA</b>	<b>DPMO</b>	<b>EFICIENCIA</b>
6	3.4	99.99%
5	233	99.98%
4	6,210	99.30%
3	66,807	93.30%
2	308,537	69.15%
1	690,000	30.85%

Fuente: Sharma et al. (2018).

La segunda variable de estudio es la productividad, conceptualizada como una medida económica enfocada en calcular la cantidad de bienes y servicios generados por cada factor empleado. Para ello, es indispensable que la empresa aplique estrategias adecuadas y que el capital humano se comprometa y enfoque hacia el mismo objetivo, a fin de alcanzar altos niveles de productividad. (Ngozi y Chinelo, 2020; Zambrano y Almeida, 2018)

Por su parte, Chen (2021) señala que la productividad es un parámetro que permite medir aquello que produce una empresa en base a los recursos que emplea para el proceso de producción, siendo su objetivo principal optimizar la cantidad de recursos empleados para generar resultados positivos. En este sentido, la productividad permite conocer si la empresa tiene un óptimo desempeño o si estos se deben adaptar o mejorar para garantizar el crecimiento organizacional. (Nnah Ugoani 2020)

A partir de lo indicado, se puede establecer que la importancia de la productividad radica en su contribución al crecimiento económico de la empresa, por lo que calcular esta medida permite conocer si se logrará un crecimiento a largo plazo. Cabe señalar que, para analizar de manera efectiva la productividad, es fundamental orientarse hacia la optimización (reducción) de tiempo y costos. (Mendoza Guerra 2018)

Como primera dimensión de productividad se consideró la eficiencia, definida como la relación los logros alcanzados a partir de los recursos utilizados para determinado proyecto. Es decir, se puede afirmar que existe eficiencia cuando se utiliza menor cantidad de recursos para alcanzar determinado objetivo, o cuando este se logran mayor cantidad de objetivos con la misma, o menor, cantidad de recursos. (Trojanowska et al. 2018)

Por su parte, Espinoza y Lequernaque (2019) definen la eficiencia como un parámetro de análisis de productividad empresarial, el cual implica reducir las tareas productivas consideradas como “desperdicio”, teniendo en cuenta el tiempo y espacio, con la finalidad de reducir los gastos operacionales (costos).

Al respecto, Grijalva y Hernández (2021) afirman que la eficiencia organizacional se alcanza a partir de la planeación de objetivos, por lo que las tareas productivas

y procesos deben ser continuamente inspeccionadas y evaluadas, a fin de orientarse a la mejora continua.

A partir de lo indicado, para determinar la eficiencia de una empresa se aplica la siguiente ecuación:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ programado} \times 100$$

Mientras que, como segunda dimensión se consideró la eficacia, conceptualizada como la capacidad organizacional para conseguir los objetivos propuestos.

De acuerdo con Fontalvo et al. (2017), la eficacia se define como un parámetro enfocado en la medición del nivel de productividad organizacional, y es conceptualizado como la relación existente entre las metas planteadas y los productos fabricados; es decir, la definición de eficacia se enmarca en el logro de objetivos organizacionales.

Martínez (2020) afirma lo anterior al subrayar que la eficacia relaciona las unidades producidas con las unidades totales del sistema de producción, valor que se representa a nivel porcentual.

En base a lo señalado, la eficacia se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Eficacia = \frac{Producción\ real}{Producción\ programada} \times 100\%$$

Cabe señalar que la eficiencia difiere de la eficacia, debido a que la segunda se concibe como la capacidad de lograr las metas organizacionales sin considerar el óptimo uso de los recursos; sin embargo, este optimizará su desempeño según los recursos usados para la tarea productiva. (Najafabadi et al., 2018)

En este marco, es preciso subrayar que ambas dimensiones se interrelacionan, ya que un trabajador eficiente realiza la actividad productiva haciendo uso de la menor cantidad de recursos posible. A partir de lo indicado, se puede afirmar que la eficiencia y eficacia son dimensiones complementarias que integran la medición del nivel de productividad. (Montoya et al., 2018)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de Investigación

**Tipo de investigación:** Aplicada, ya que se hace uso de conocimientos que se han formulado previamente para dar una solución práctica a un problema observado (Hernández-Sampieri et al., 2014). Para el estudio que se propone, se busca resolver la problemática del bajo nivel de productividad en el área de recarga de extintores empleando la herramienta de la Ingeniería Industrial Six Sigma y darle una solución viable.

**Diseño de Investigación:** Experimental. Para Lozada (2014), los diseños experimentales requieren la intervención con alguna finalidad del investigador en modificar el comportamiento de la variable independiente. Para el estudio, se escogió el tipo de diseño pre-experimental, donde las unidades de estudio ya han sido determinadas con anterioridad y no se escogen aleatoriamente. Es decir, se trabajará con los operadores del área de recarga de extintores, los documentos de proceso de trabajo y con los ambientes de dicha área, siendo en este dónde se implementará la metodología Six Sigma, a fin de modificar el nivel de productividad de la empresa de estudio.

#### 3.2. Variables y operacionalización

##### **Variable Independiente: Six Sigma**

Filosofía de gestión de calidad orientada a medir los defectos organizacionales, aminorar los índices de variación y optimizar la calidad de los procesos, así como de los servicios y productos a comercializar. (Arafeh et al. 2018)

##### **Dimensiones de la variable Independiente:**

##### **Dimensión 1: Defectos por oportunidad (DPO)**

Según Yarub y Shehab (2021), este se calcula según la siguiente ecuación:

$$DPO = \frac{D}{U \times O}$$

Dónde:

D: Defectos

U: Unidades fabricadas (artículos sujetos a auditorias, para determinar su calidad)

O: Oportunidad de defectos

Como se puede observar, los defectos por oportunidades se obtienen al dividir la cantidad de defectos entre el total de oportunidades de defectos por unidades fabricadas. (Kurnia et al. 2021)

### **Dimensión 2: Defectos por millón de oportunidades (DPMO)**

Según Kartika et al. (2018), este se calcula según la siguiente ecuación:

$$DPMO = \frac{D}{U \times O} \times 1000000$$

A partir de esta fórmula, se comprende que el DPMO hace referencia a la cantidad de defectos identificados en un lote de inspección, esta se divide entre la cantidad de oportunidades por defectos, respecto a un millón de oportunidades (unidades). (Islam et al., 2020)

### **Variable Dependiente: Productividad**

Es un parámetro que permite medir aquello que produce una empresa a partir de los recursos que se utilizan en el proceso de producción, siendo su objetivo principal optimizar la cantidad de recursos empleados para generar resultados positivos. (Chen y Lin, 2021)

### **Dimensiones de la variable Dependiente**

#### **Dimensión 1: Eficiencia**

Se relaciona con los logros alcanzados a partir de los recursos utilizados para determinado proyecto. Es decir, se puede afirmar que existe eficiencia cuando se utiliza menor cantidad de recursos para alcanzar determinado objetivo, o

cuando se logran mayor cantidad de objetivos con la misma, o menor, cantidad de recursos. (Trojanowska et al. 2018)

A partir de lo indicado, para calcular la eficiencia de una empresa determinada, se aplica la siguiente ecuación:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ programado} \times 100\%$$

### **Dimensión 2: Eficacia**

De acuerdo con Fontalvo et al. (2017), la eficacia es un parámetro que se enfoca en la medición del nivel de productividad organizacional, y es conceptualizada como la relación existente entre las metas planteadas y los productos fabricados; es decir, la definición de eficacia se enmarca en el cumplimiento de los objetivos de la empresa.

En base a lo señalado, la eficacia se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Eficacia = \frac{Producción\ real}{Producción\ programada} \times 100\%$$

### **Operacionalización de variables**

En el ANEXO 1, se muestra una matriz de consistencia y en el ANEXO 2, la matriz de operacionalización de variables.

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **Población**

Para el presente estudio, se consideró como población la totalidad de trabajadores del área de recarga de extintores, el total de procedimientos de trabajo que se utilizan y el total de registro de datos de los trabajos realizados en la empresa COINS Arequipa SRL. El tiempo de estudio para medir las variables fue de 20 semanas.

#### **Muestra**

Para la investigación, se consideró trabajar con una muestra tipo censal o poblacional, es decir, al ser la población finita y de una cantidad de datos manejable por el investigador, se trabajó con el total de la población. El periodo de estudio para cubrir los objetivos es de 20 semanas.

#### **Muestreo**

Por las características del estudio no fue necesario realizar ninguna técnica de muestreo.

#### **Unidad de análisis**

- Para el presente estudio, la unidad de análisis estuvo constituida por:
- Trabajadores del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL
- Procedimientos de trabajo del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL
- Los ambientes y tiempos de trabajo del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

#### **Abordaje metodológico**

El presente estudio fue de nivel explicativa, ya que se busca exponer las causas de un problema y los efectos sobre este al aplicar la solución propuesta (Bernal, 2010). En este caso, se expusieron los motivos de los bajos niveles de productividad del área de recarga de extintores, y se

realizó la medición del impacto de implementación de la metodología Six Sigma, respecto a los niveles de productividad.

### **Técnica**

La técnica utilizada fue la observación directa, que se empleó el registro estructurado de las observaciones realizadas por el investigador y de los datos recopilados (Bernal, 2010). Esta técnica permite al investigador recoger la información de su propia observación (Hernández-Sampieri et al., 2014). Se escogió esta técnica por las características del estudio.

### **Instrumento**

El instrumento hace referencia al medio por el cual se recolecta la información (Lozada 2014). Para el estudio, se seleccionaron fichas de recolección de datos (Bernal 2010), que le permiten al investigador registrar la información observada, realizar el análisis de los resultados y que es necesaria para el logro de sus objetivos (Hernández-Sampieri et al., 2014). Las fichas de registro que se utilizaron fueron:

Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)

Diagrama de Análisis de Proceso (DAP)

Ficha para calcular la productividad

Ficha para calcular la eficacia

Ficha para calcular la eficiencia

En el ANEXO 3, se muestran los formatos de los instrumentos para recolección de datos.

### **Confiabilidad**

La confiabilidad de instrumento hace referencia a que la medición realizada debe producir resultados iguales en la misma muestra durante las veces que se repita el procedimiento. (Hernández-Sampieri et al., 2014)

### 3.5. Procedimientos

#### DATOS DE LA EMPRESA

##### Reseña:

Con respecto a la empresa COINS AREQUIPA SRL, es una empresa Arequipeña con más de 20 años en el mercado, que se encarga de brindar el servicio de mantenimiento, recarga, capacitaciones y pruebas hidrostáticas de extintores; cumpliendo con la NTP 350.043-1 (2011) y NFPA 10. Para brindar estos servicios cuenta con un área encargada para cada uno como son el área de mantenimiento, área de recarga, área de pruebas y el área encargada de las capacitaciones, además posee una amplia cartera de clientes tales como EGASA, SEAL, ESSALUD, SUNAT, REGION SUR, PAPELERA PANAMERICA, TISUR, ASA, INVERSIONES MERMA.

- **Razón Social:** EXTINGUIDORES CONTRA INCENDIOS AREQUIPA S.R.L.
- **RUC:** 20199591984
- **Nombre Comercial:** Coins Arequipa S.C.R. Ltda.
- **Razón Social Anterior:** Extinguidores Contra Incendios Areq. Scrl
- **Tipo Empresa:** Soc. Com. Respons. Ltda
- **Condición:** Activo
- **Dirección Legal:** Nro. H Int. 24
- **Urbanización:** Tahuaycani
- **Distrito / Ciudad:** Sachaca
- **Departamento:** Arequipa, Perú
- **Fecha inicio de actividades:** 15 de diciembre de 1993

**Misión:**

Ejecutar servicios de instalaciones, recarga y mantenimiento de sistemas contra incendio, asegurando la calidad, seguridad para nuestros trabajadores y cuidado del medio ambiente, en un marco de ética, mejora continua y desarrollo sostenible.

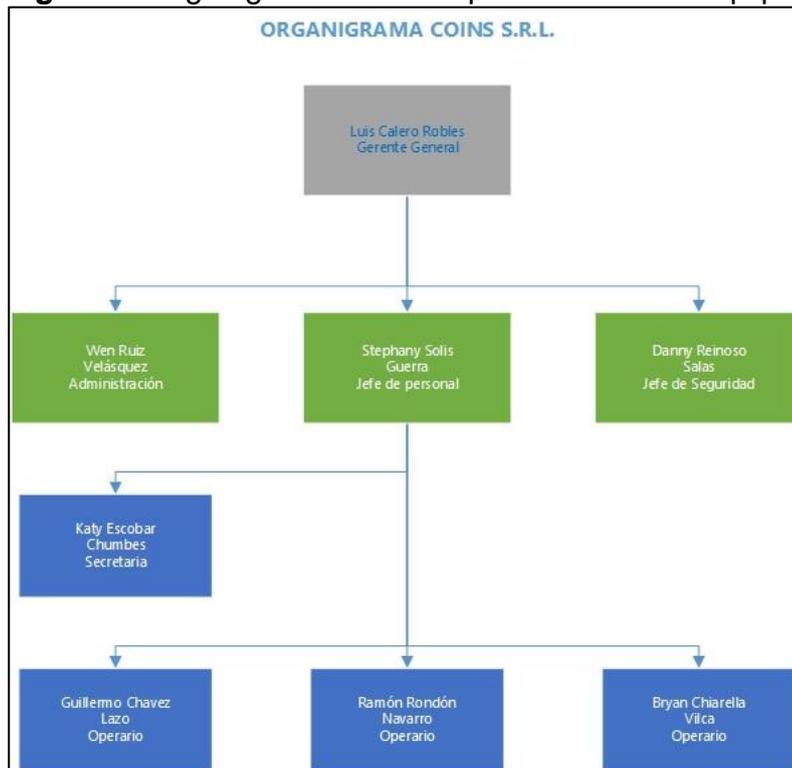
**Visión:**

EXTINGUIDORES CONTRA INCENDIOS AREQUIPA S.R.L. será reconocida como una de las empresas que brinda el servicio de instalaciones, recarga y mantenimiento de sistemas contra incendio líderes y confiables en el mercado nacional.

**Organigrama:**

A continuación, en la Figura 1, se muestra el organigrama de la empresa COINS Arequipa SRL.

**Figura 1.** Organigrama de la empresa COINS Arequipa S.R.L.



Fuente: Elaboración propia.

**Proceso a intervenir:** Área de recarga de extintores

## **PROCEDIMIENTO**

En un primer momento se determinaron las causas de la baja productividad en la empresa COINS AREQUIPA S.R.L., adicional a ello se realizó el cálculo del DPO Y DPMO, asimismo se determinó el nivel sigma actual.

Posteriormente, se realizó el cálculo del nivel de productividad actual del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa S.R.L. Para ello, se utilizó las fichas para calcular eficacia, eficiencia, productividad y DAP.

Luego, se implementaron los procedimientos estandarizados de trabajo, fichas de capacitación, inspección de equipos y conformidad de trabajo.

Después, se midió el nivel de productividad alcanzado con las mejoras implementadas. Para ello se utilizaron las fichas para calcular eficacia, eficiencia, productividad, DOP y DAP.

Finalmente, se compararon los resultados de productividad antes y después de la implementación para medir en cuanto se ha incrementado el nivel sigma.

## **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA**

### **DEFINIR:**

En esta fase inicial se buscó definir el problema, para ello fue importante, como punto de partida, describir qué etapa de la metodología Six Sigma se aplica en la actualidad en la empresa Coins Arequipa SRL. Para ello se aplicó como instrumento la encuesta que aparece dentro del ANEXO 3, al total de colaboradores del área (8), cuyos resultados aparecen a continuación en la Tabla 2 y 3 respectivamente.

**Tabla 2.** Resultados de encuesta de aplicación actual de la metodología Six Sigma.

	¿Considera que hace falta un manual de procedimientos detallado de cada actividad dentro del área?	¿Considera que la productividad se incrementaría si todos desempeñaran sus funciones a cabalidad?	¿Si se trabajara en equipo el nivel de productividad se incrementaría?	¿Considera que al implementar la metodología Six Sigma en la empresa, se mejoraría la rentabilidad?	¿Si la empresa invierte en capacitarle acerca del Six Sigma, considera que la productividad de la empresa incrementaría?	¿Si se minimizan las deficiencias existentes en la empresa, se incrementaría la productividad?	¿Si la empresa decide implementar el Six Sigma, asumiría con responsabilidad la este nuevo reto?	¿Considera que los tiempos de realización de las actividades disminuirían con la implementación del Six Sigma?	¿Considera que el tener bien definidos los objetivos de la empresa se contribuye a mejorar la operación de las actividades?	¿Si se aplicase la metodología Six Sigma con resultados favorables, continuaría con la misma disposición inicial para continuar realizando cada una de sus fases de forma correcta?
<b>SI</b>	7	5	4	6	5	6	5	6	7	4
<b>NO</b>	1	3	4	2	3	2	3	2	1	4
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

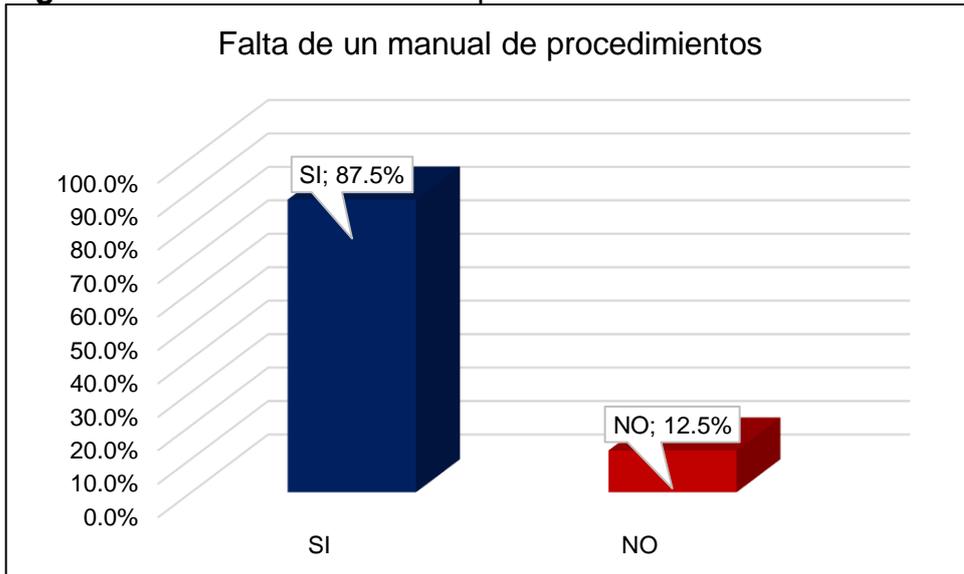
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3. Resultados porcentuales de encuesta de aplicación actual de la metodología Six Sigma.**

	¿Considera que hace falta un manual de procedimientos detallado de cada actividad dentro del área?	¿Considera que la productividad se incrementaría si todos desempeñaran sus funciones a cabalidad?	¿Si se trabajara en equipo el nivel de productividad se incrementaría?	¿Considera que al implementar la metodología Six Sigma en la empresa, se mejoraría la rentabilidad?	¿Si la empresa invierte en capacitarle acerca del Six Sigma, considera que la productividad de la empresa incrementaría?	¿Si se minimizan las deficiencias existentes en la empresa, se incrementaría la productividad?	¿Si la empresa decide implementar el Six Sigma, asumiría con responsabilidad la este nuevo reto?	¿Considera que los tiempos de realización de las actividades disminuirían con la implementación del Six Sigma?	¿Considera que el tener bien definidos los objetivos de la empresa se contribuye a mejorar la operación de las actividades?	¿Si se aplicase la metodología Six Sigma con resultados favorables, continuaría con la misma disposición inicial para continuar realizando cada una de sus fases de forma correcta?
<b>SI</b>	88%	63%	50%	75%	63%	75%	63%	75%	88%	50%
<b>NO</b>	13%	38%	50%	25%	38%	25%	38%	25%	13%	50%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

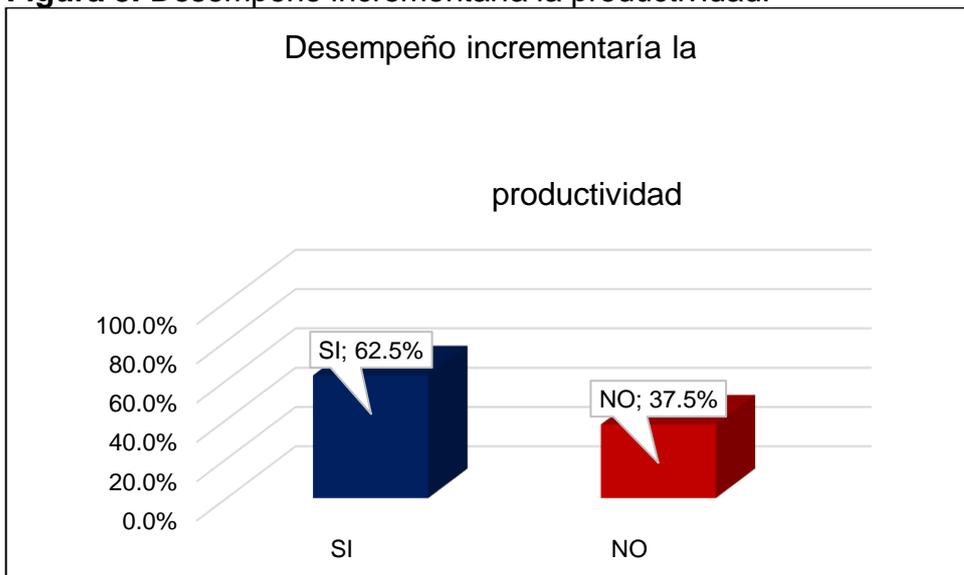
**Figura 2.** Falta de un manual de procedimientos.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos observados en la Figura 2, el 87.5% de los colaboradores señalan la importancia de contar con un manual de procedimientos detallado, mientras que, solo el 12.5% señalan que no, esto se debe a que, actualmente, existe un manual, mas no se aplica de forma correcta.

**Figura 3.** Desempeño incrementaría la productividad.

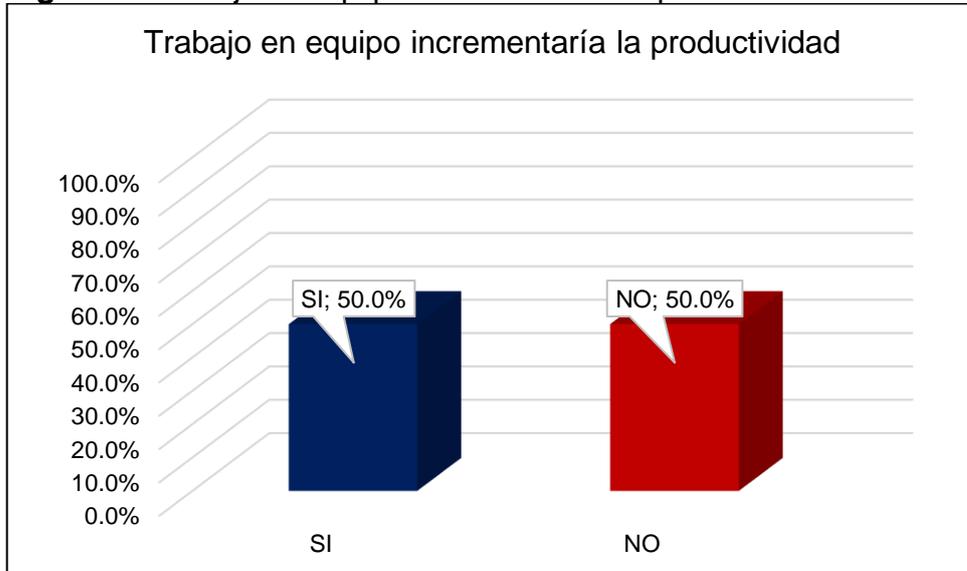


Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos observados en la Figura 3, el 62.5% de los colaboradores indican la productividad se incrementaría si todos desempeñaran

adecuadamente sus funciones, mientras que el 37.5% señalan que no, debido a que algunas tareas las realizan de forma rutinaria.

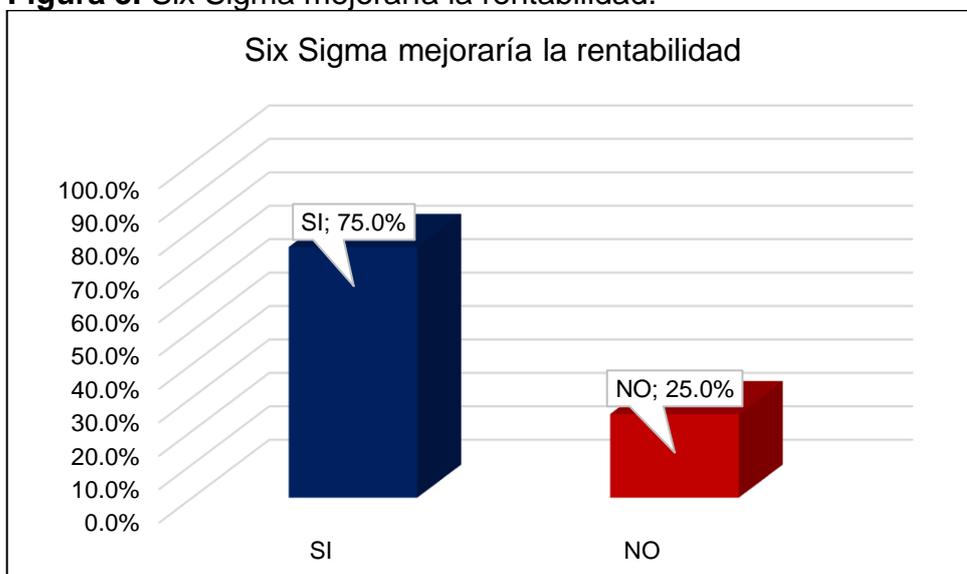
**Figura 4.** Trabajo en equipo incrementaría la productividad.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura 4, el 50% señala la importancia del trabajo en equipo, mientras el otro 50% señala que no, por lo que resulta muy importante realizar actividades integradoras que permitan fomentar la unidad dentro de la organización.

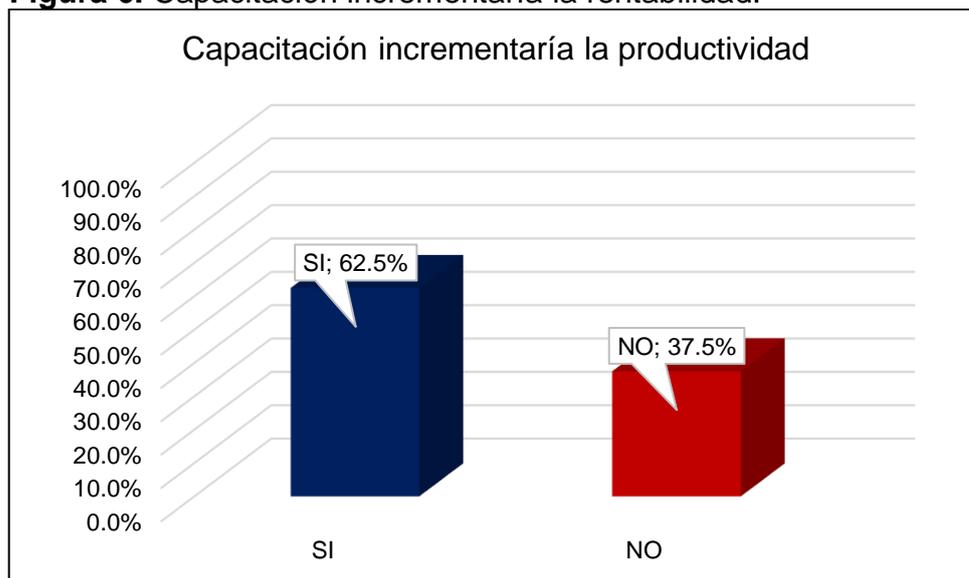
**Figura 5.** Six Sigma mejoraría la rentabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura 5, el 75% de los colaboradores indican que de implementarse la metodología Six Sigma se mejoraría significativamente la rentabilidad de la empresa, mientras que el 25% restante señalan que no. Cabe indicar que, si bien la implementación demanda un costo de inversión inicial, al final de cada periodo se irá evidenciando un crecimiento importante de la productividad.

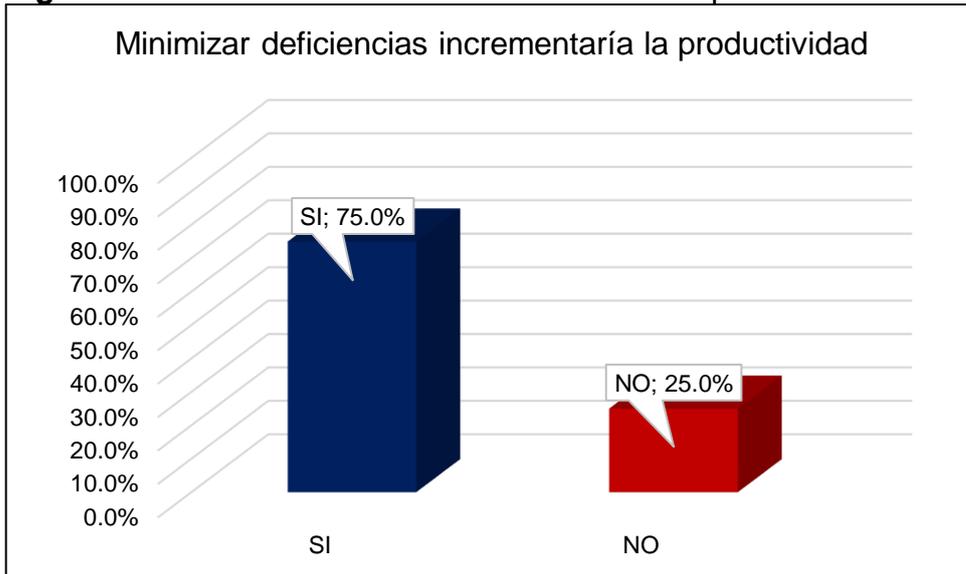
**Figura 6.** Capacitación incrementaría la rentabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Según la Figura 6, el 62.5% de los colaboradores señalan que, si la empresa invierte en capacitación acerca de la metodología Six Sigma, traería consigo mejoras en la productividad, mientras que el 37% señala que no, debido a que también es necesario invertir en infraestructura, equipos, entre otros.

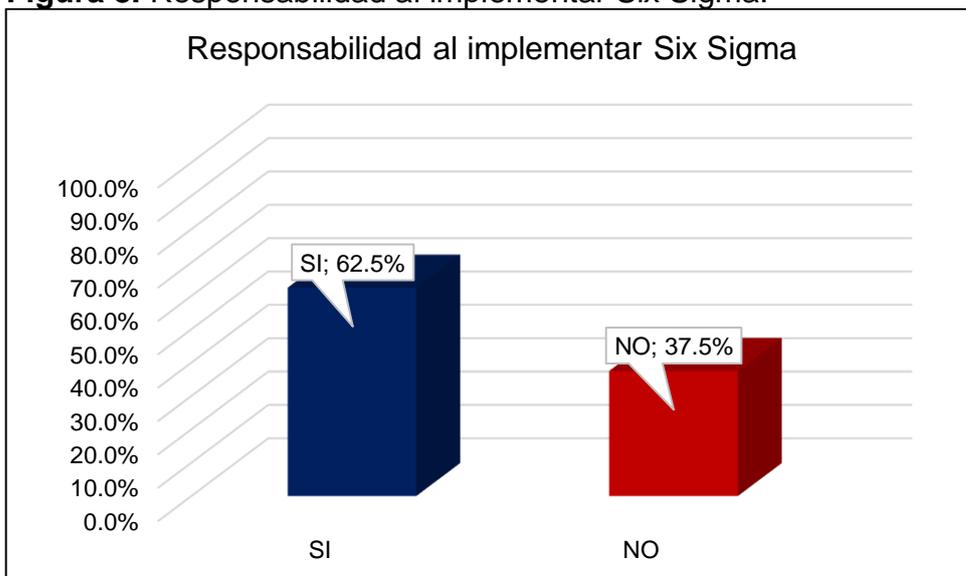
**Figura 7.** Minimizar deficiencias incrementaría la productividad.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la Figura 7, el 75% de los colaboradores consideran que si minimizamos las deficiencias existentes, la empresa incrementaría su productividad, mientras que el 25% restante señalan lo contrario, debido a que existen muchos otros factores que impactan directamente en la productividad.

**Figura 8.** Responsabilidad al implementar Six Sigma.

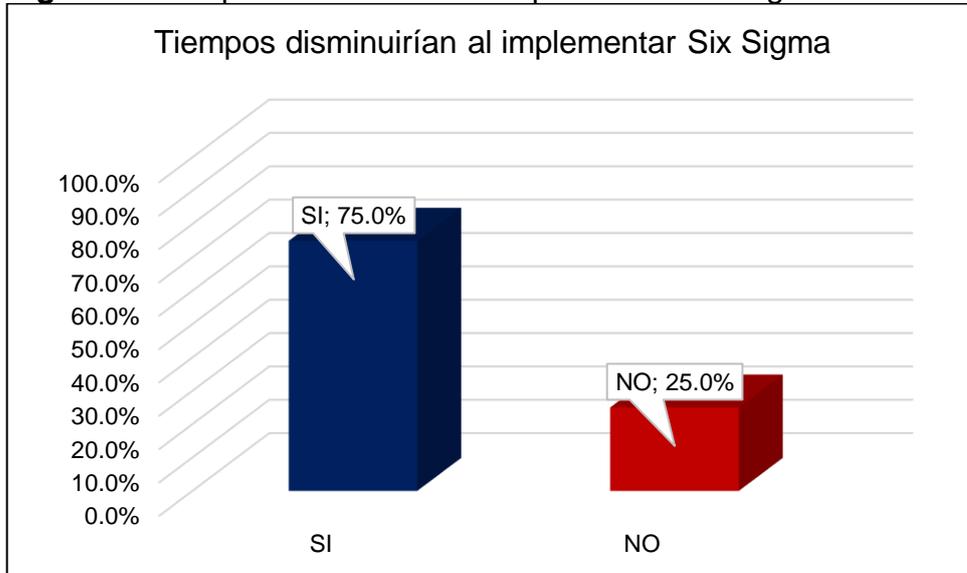


Fuente: Elaboración propia.

Según la Figura 8, el 62.5% de los colaboradores indican que asumirían con responsabilidad el hecho de que la empresa decida implementar la metodología

Six Sigma, mientras que el 37.5% restante, plantean seguir realizando sus labores de forma convencional.

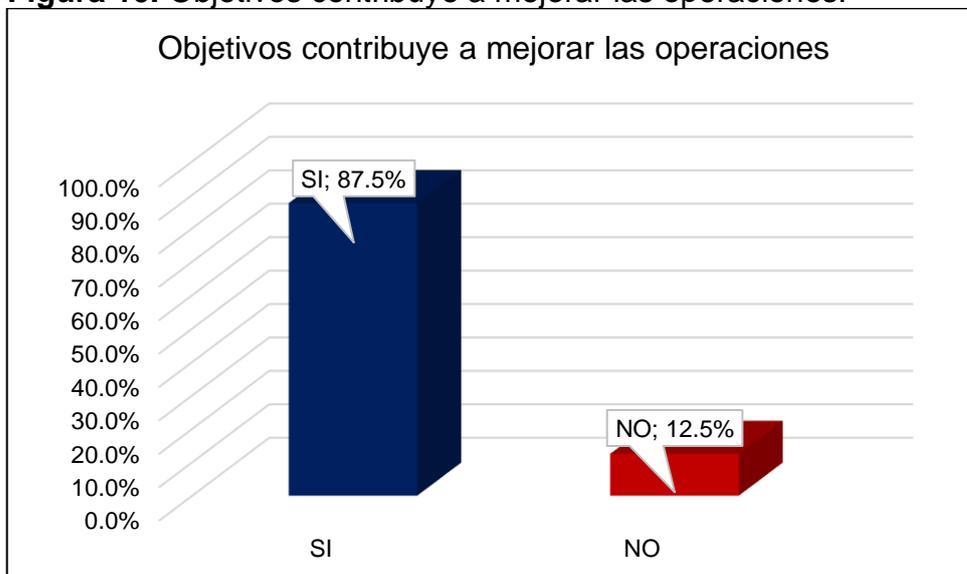
**Figura 9.** Tiempos disminuirían al implementar Six Sigma.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la Figura 9, el 75% de los colaboradores señalan que los tiempos de realización de las actividades disminuirían al implementar el Six Sigma, mientras que el 25% restante consideran que esta metodología haría que los procesos sean mucho más complicados y se ejecuten en un mayor tiempo.

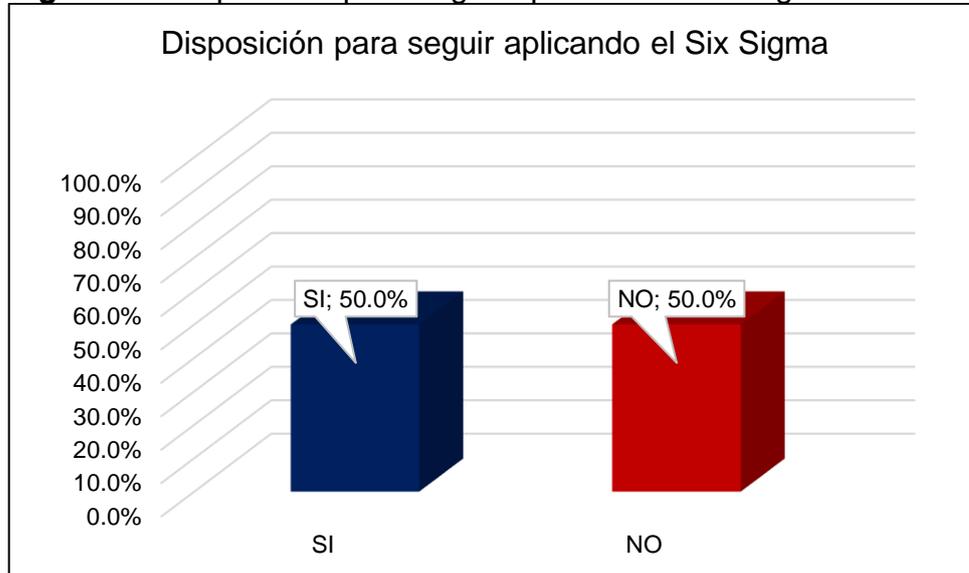
**Figura 10.** Objetivos contribuye a mejorar las operaciones.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura 10, el 87.5% de los colaboradores indican que al tener los objetivos bien definidos por parte de la empresa se mejora la operación de las actividades, por otro lado, el 12.5% indica que no es así, ya que existen otros aspectos más importantes.

**Figura 11.** Disposición para seguir aplicando el Six Sigma



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos observados en la Figura 11, el 50% de los colaboradores señalan que existe una buena disposición para continuar realizando cada una de las fases del Six Sigma, mientras que el 50% restante consideran que se trata de un proceso engorroso.

### **MEDIR:**

Para identificar la situación actual del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa S.R.L., que afecta la productividad, se recopilaron datos de los últimos tres meses para saber el nivel actual de productividad que tiene la empresa de estudio. Como se muestra en la Tabla 4.

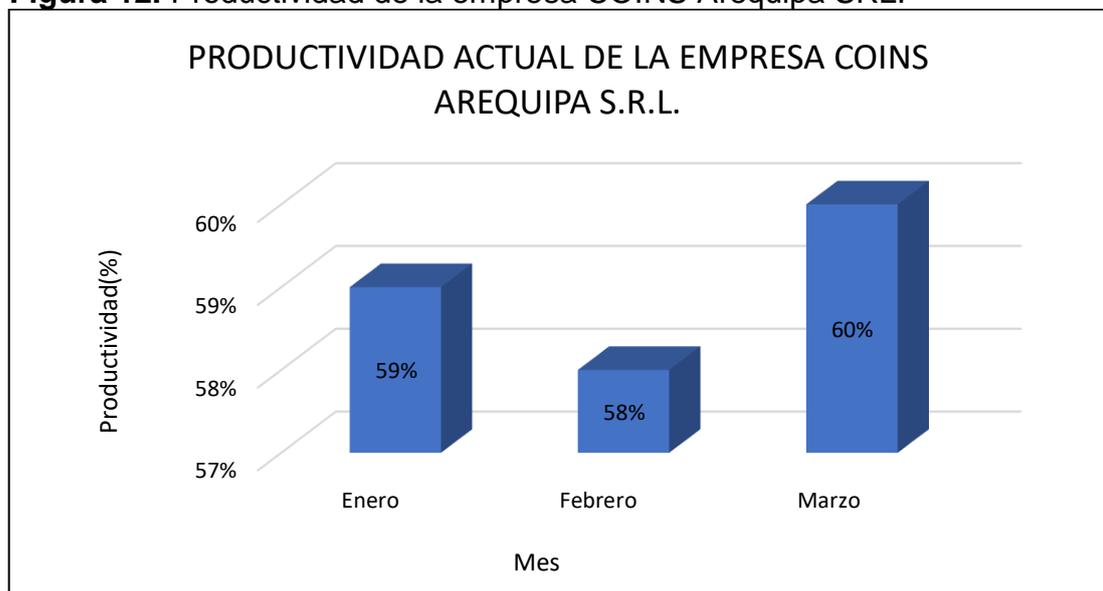
**Tabla 4.** Productividad actual de la empresa COINS AREQUIPA SRL.

	Enero	Febrero	Marzo
Eficiencia	58%	62%	60%
Eficacia	57%	59%	55%
Productividad	59%	58%	60%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la evaluación inicial de la productividad actual del área de recarga de extintores nos dan, en promedio, una eficiencia del 60% y una eficacia de un 57%, obteniendo además una productividad del 59%; cuando los estándares internacionales indican que la productividad no debe ser menor de 80% para que sea rentable a largo plazo. Además, se observa en la Figura 12 que el mayor nivel de productividad se obtuvo en el mes de marzo.

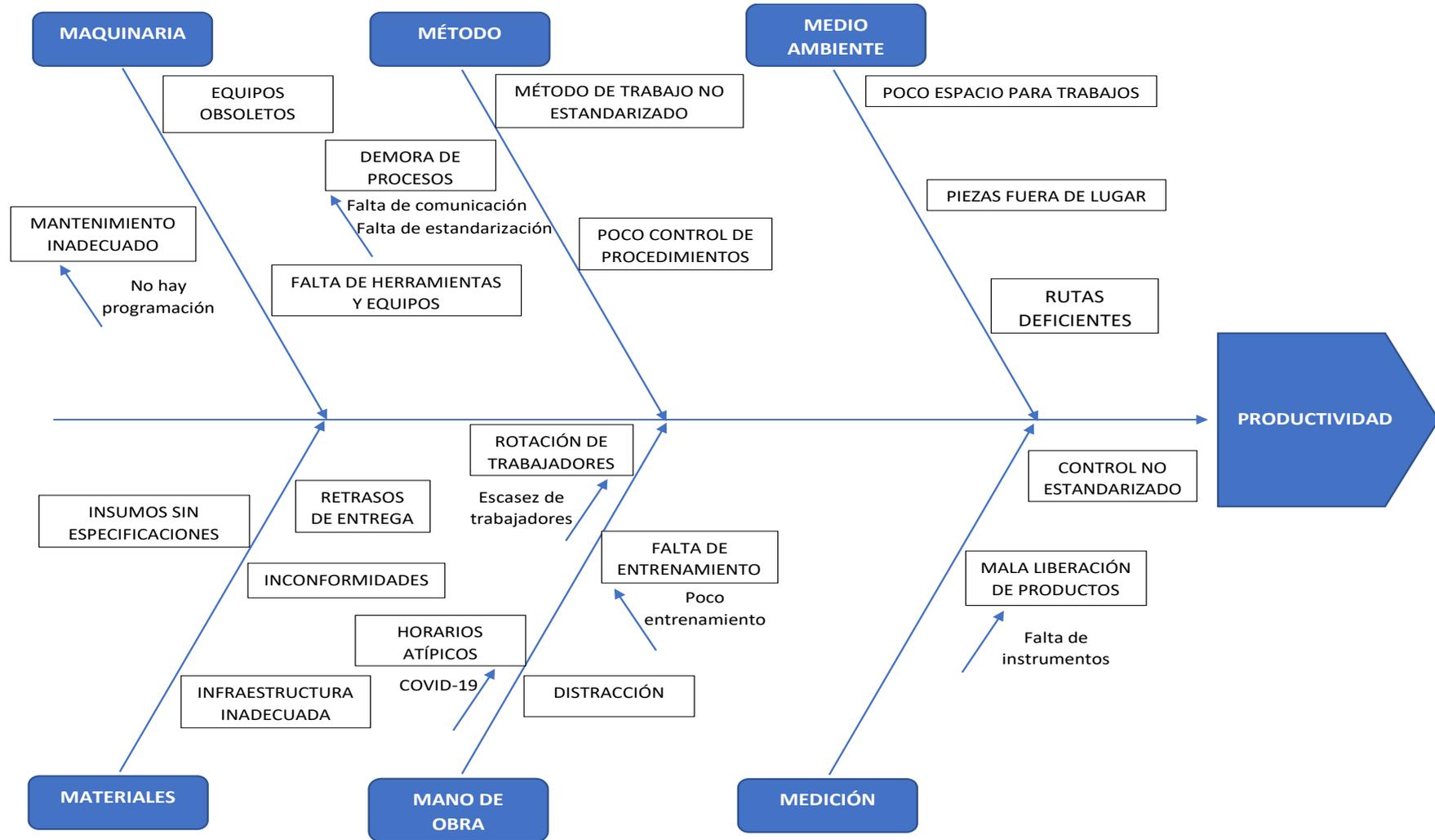
**Figura 12.** Productividad de la empresa COINS Arequipa SRL.



Fuente: Elaboración propia.

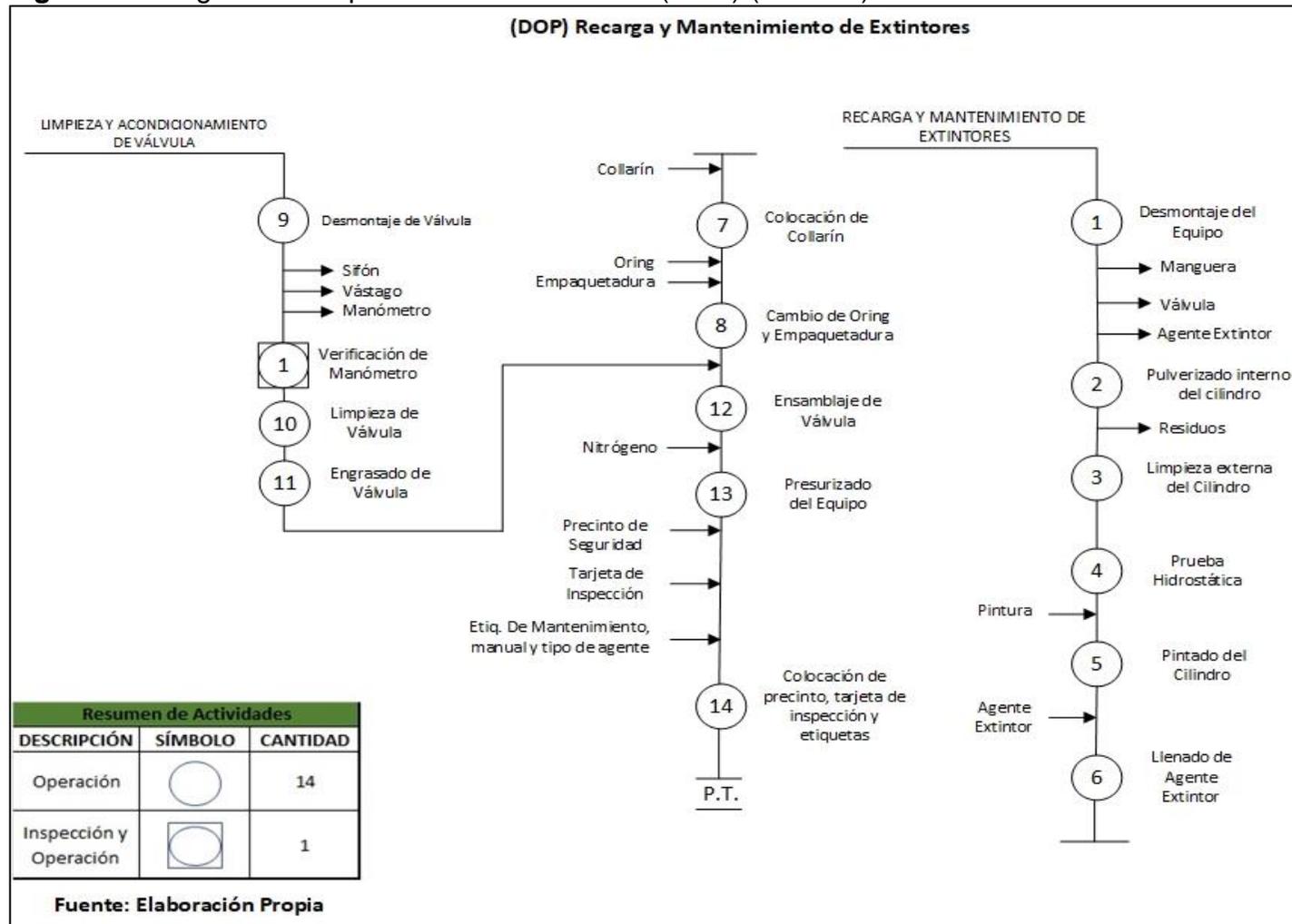
Para contrarrestar esta situación se identificaron las principales causas que originan los niveles actuales de productividad, empleando para ello el Diagrama de Ishikawa de la Figura 13, el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) de la Figura 14 y el Diagrama de Análisis de Proceso (DAP) de la Figura 15.

**Figura 13.** Diagrama de Ishikawa del área de recarga de extintores de la empresa COINS AREQUIPA SRL.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 14.** Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) (Pre-test).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 15. Diagrama de Análisis de Proceso (DAP) (Pre-test).**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS (DAP)									
CURSOGRAMA ANALÍTICO				REGISTRO DE ACTIVIDAD					
ÁREA	TALLER			ACTIVIDAD			CANTIDAD		
PROCESO	RECARGA DE EXTINTORES			OPERACIÓN	○		14		
DIAGRAMA		HOJA	1/1	TRANSPORTE	➡		1		
MÉTODO	ACTUAL	X		COMBINADA	◻		-		
	PROPUESTO			ESPERA	D		-		
COLABORADOR	Colaborador 1			INSPECCIÓN	□		11		
ELABORADO POR:	Ruiz Velásquez, Wen Roberto			ALMACENAMIENTO	▽		1		
FECHA	3/01/2022			TOTAL			27		
N°	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)	SÍMBOLO					OBSERVACIONES	
			○	➡	◻	D	□		▽
1	Verificar el cilindro externamente si tiene alguna deformación, si está apto para realizar la recarga y así mismo se observa la fecha de fabricación del cilindro si requiere prueba hidrostática	1.30	○	➡	◻	D	■	▽	
2	Desmontar la manguera	0.20	●	➡	◻	D	□	▽	
3	Verificar si el manómetro indica que el cilindro contiene presión	0.15	○	➡	◻	D	■	▽	
4	Desmontar la válvula por completo con el tubo sifón	2.00	●	➡	◻	D	□	▽	
5	Retirar el agente extintor del interior del cilindro (si lo requiere)	5.00	●	➡	◻	D	□	▽	
6	Observar que el interior del cilindro no presente alimañas u oxidación	1.00	○	➡	◻	D	■	▽	
7	Desarmar la válvula, retirar el manómetro, tubo sifón, resorte y vástago	2.00	●	➡	◻	D	□	▽	
8	Verificar que no haya daño ni oxidación al interior de la válvula así como en el vástago y resorte	2.00	○	➡	◻	D	■	▽	
9	Verificar que los O-Ring del vástago estén en buenas condiciones (caso contrario, se deben colocar nuevos)	0.10	○	➡	◻	D	■	▽	Cambiarlos siempre, según la NTP 350.043
10	Hidratar a los o-ring con vaselina líquida o grasa	0.20	●	➡	◻	D	□	▽	
11	Verificar que el tubo sifón este en buenas condiciones	1.00	○	➡	◻	D	■	▽	
12	Verificar que el manómetro este en buen funcionamiento	0.50	○	➡	◻	D	■	▽	
13	Limpiar la válvula	5.00	●	➡	◻	D	□	▽	
14	Armar la válvula por completo	3.00	●	➡	◻	D	□	▽	
15	Cargar el agente extintor al cilindro con la cantidad requerida	5.00	●	➡	◻	D	□	▽	
16	Verificar el peso del agente extintor	0.50	○	➡	◻	D	■	▽	
17	Colocar collar de verificación del servicio	0.50	●	➡	◻	D	□	▽	
18	Ensamblar la válvula al cilindro y la ajustamos hasta que el O-ring de la válvula tenga un buen agarre	1.00	●	➡	◻	D	□	▽	
19	Cargar el agente propulsor (Nitrógeno N <sub>2</sub> ) al cilindro con la cantidad requerida	1.50	●	➡	◻	D	□	▽	
20	Verificar que el manómetro indique que la aguja esté en el rango moderado (verde)	0.25	○	➡	◻	D	■	▽	
21	Chequear que la válvula y el manómetro no presente fugas	0.50	○	➡	◻	D	■	▽	
22	Colocar el seguro de la válvula y el sello de garantía (seguro amarillo)	0.50	●	➡	◻	D	□	▽	
23	Observar que la manguera este en buenas condiciones. (caso contrario, cambiar por una nueva)	1.00	○	➡	◻	D	■	▽	Consultar con el cliente antes de cambiarlo
24	Lubricar la manguera, luego la ubicamos en la válvula	2.50	●	➡	◻	D	□	▽	
25	Limpiar el cilindro externamente (Retirar las etiquetas antiguas para ubicar las nuevas de la empresa)	2.00	●	➡	◻	D	□	▽	
26	Llevar extintor a despacho	1.00	○	➡	◻	D	□	▽	
27	Almacenar hasta retiro del extintor	0.00	○	➡	◻	D	□	▽	
TOTAL		39.70	14	1			11	1	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Tabla 5 muestra las causas de la baja productividad en la empresa COINS AREQUIPA S.R.L.

**Tabla 5.** Baja productividad en la empresa COINS AREQUIPA S.R.L.

ITEM	CAUSA
C1	POCO ESPACIO PARA TRABAJOS
C2	RUTAS DEFICIENTES
C3	DEMORA DE PROCESOS
C4	FALTA DE ENTRENAMIENTO
C5	INSUMOS SIN ESPECIFICACIONES
C6	CONTROL NO ESTANDARIZADO
C7	METODO NO ESTANDARIZADO
C8	EQUIPOS OBSOLETOS
C9	DISTRACCIÓN
C10	ROTACIÓN DE TRABAJADORES
C11	INCONFORMIDADES
C12	FALTA DE HERRAMIENTAS
C13	PIEZAS FUERA DE LUGAR
C14	MANTENIMIENTO INADECUADO
C15	POCO CONTROL DE PROCEDIMIENTOS
C16	MALA LIBERACIÓN DE PRODUCTOS
C17	RETRASOS DE ENTREGA
C18	HORARIOS ATÍPICOS
C19	INFRAESTRUCTURA INSUFICIENTE

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la identificación de las principales causas de los niveles actuales de productividad en el área de recarga de extintores en la empresa COINS AREQUIPA S.R.L., se procedió a realizar la “Matriz de correlación”, para obtener una valoración de las causas, como se muestra en la Tabla 6.

Se debe mencionar que los valores de ponderación fueron los siguientes:

Calificación:

- “0”: “No relevante”
- “1”: “Muy relevante”

**Tabla 6. Matriz de Correlación.**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	PUNTAJE	%
C1		1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	12	9%
C2	1		0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12	9%
C3	1	0		1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	11	8%
C4	1	1	1		0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	11	8%
C5	1	1	1	0		1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	11	8%
C6	1	1	1	0	1		1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	10	8%
C7	0	0	0	0	0	1		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	8	6%
C8	0	0	1	1	1	1	1		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	8	6%
C9	1	0	1	0	1	1	0	1		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	5%
C10	0	0	0	0	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5%
C11	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1		0	0	0	1	0	0	0	0	6	5%
C12	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0	0	5	4%
C13	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1		0	0	0	0	1	0	4	3%
C14	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	4	3%
C15	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0		0	0	0	0	3	2%
C16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		0	1	0	3	2%
C17	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	3	2%
C18	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	3	2%
C19	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		3	2%
																				<b>130</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con las causas identificadas en la matriz de correlación, se procedió a elaborar la tabla de frecuencias para las causas de los niveles actuales de productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS AREQUIPA S.R.L. Como se observa en la Tabla 7.

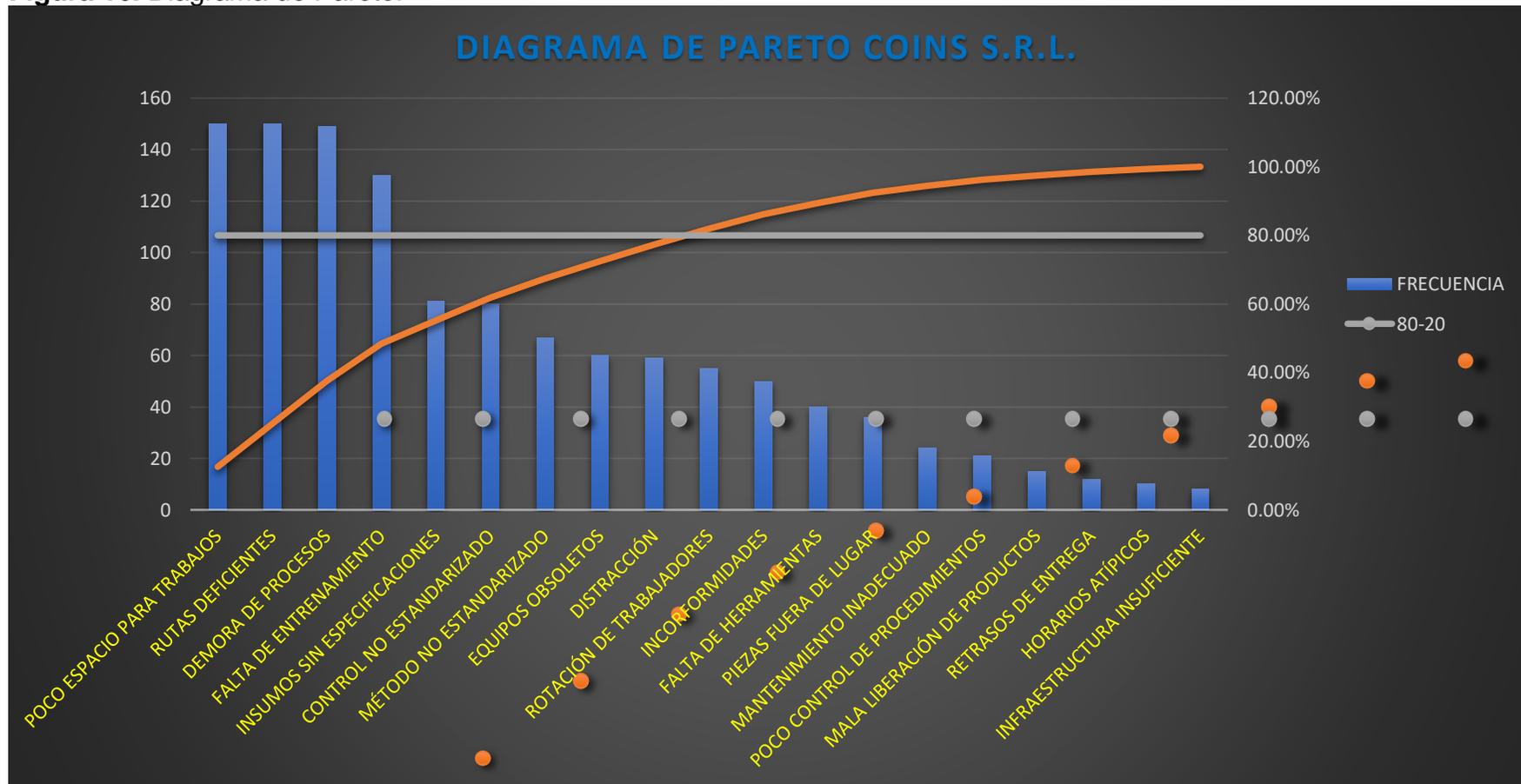
**Tabla 7.** Tabla de Frecuencias.

ITEM	CAUSAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	P.ACUMULADO	80-20
C1	POCO ESPACIO PARA TRABAJOS	150	12.53%	12.53%	80.00%
C2	RUTAS DEFICIENTES	150	12.53%	25.06%	80.00%
C3	DEMORA DE PROCESOS	149	12.45%	37.51%	80.00%
C4	FALTA DE ENTRENAMIENTO	130	10.86%	48.37%	80.00%
C5	INSUMOS SIN ESPECIFICACIONES	81	6.77%	55.14%	80.00%
C6	CONTROL NO ESTANDARIZADO	80	6.68%	61.82%	80.00%
C7	MÉTODO NO ESTANDARIZADO	67	5.60%	67.42%	80.00%
C8	EQUIPOS OBSOLETOS	60	5.01%	72.43%	80.00%
C9	DISTRACCIÓN	59	4.93%	77.36%	80.00%
C10	ROTACIÓN DE TRABAJADORES	55	4.59%	81.95%	80.00%
C11	INCORFORMIDADES	50	4.18%	86.13%	80.00%
C12	FALTA DE HERRAMIENTAS	40	3.34%	89.47%	80.00%
C13	PIEZAS FUERA DE LUGAR	36	3.01%	92.48%	80.00%
C14	MANTENIMIENTO INADECUADO	24	2.01%	94.49%	80.00%
C15	POCO CONTROL DE PROCEDIMIENTOS	21	1.75%	96.24%	80.00%
C16	MALA LIBERACIÓN DE PRODUCTOS	15	1.25%	97.49%	80.00%
C17	RETRASOS DE ENTREGA	12	1.00%	98.50%	80.00%
C18	HORARIOS ATÍPICOS	10	0.84%	99.33%	80.00%
C19	INFRAESTRUCTURA INSUFICIENTE	8	0.67%	100.00%	80.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>1197</b>	<b>100.00%</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Luego, con esta información, se realizó el Diagrama de Pareto para tener una representación gráfica, como se muestra en la Figura 16.

Figura 16. Diagrama de Pareto.



Fuente: Elaboración propia.

Con la ayuda de este diagrama, se puede observar que las principales causas son el poco espacio para los trabajos, rutas deficientes, demora de procesos, y falta de entrenamiento.

## ANALIZAR

En la Tabla 8, se muestra la Matriz de priorización, que se ha realizado en base a las causas identificadas como problema del área de recarga de extintores de la empresa COINS AREQUIPA S.R.L.

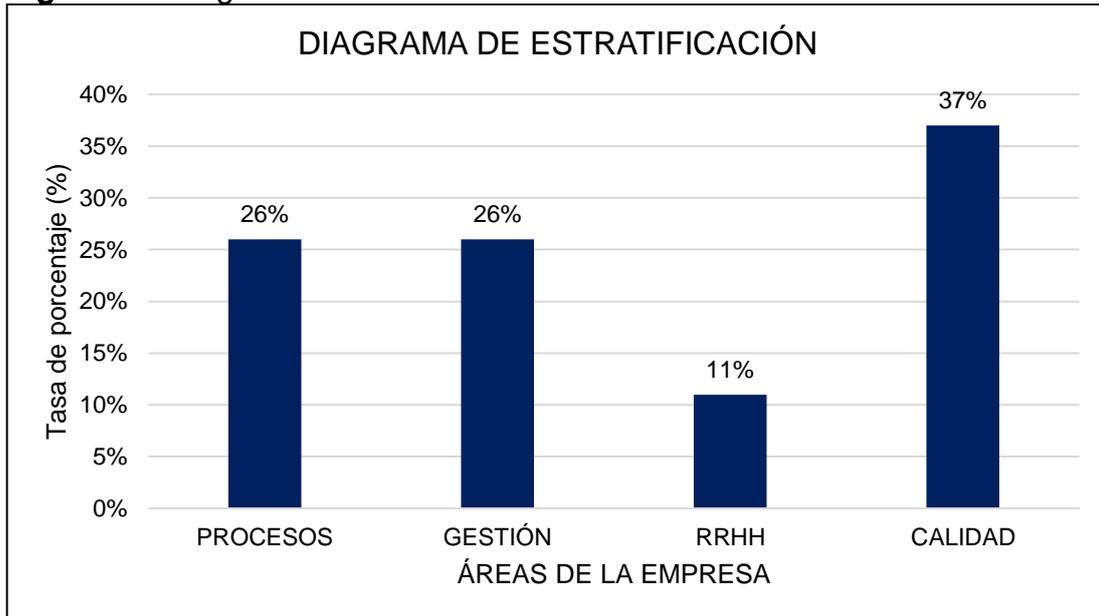
**Tabla 8.** Matriz de Priorización.

PROBLEMAS POR ÁREA EN LA EMPRESA	MÉTODOS	MANO DE OBRA	MEDICIÓN	MAQUINARIA	MATERIALES	MEDIO AMBIENTE	NIVEL DE CONDICIÓN CRÍTICA	TOTAL DE CAUSAS IDENTIFICADAS	TASA DE PORCENTAJE	EFFECTO	PUNTUACIÓN	PRIORIDAD
PROCESOS	1	1	0	2	0	1	MEDIO	5	26%	3	15	2
GESTIÓN	1	2	0	0	2	0	MEDIO	5	26%	3	15	3
RRHH	0	2	0	0	0	0	BAJO	2	11%	2	4	4
CALIDAD	0	3	0	0	3	1	ALTO	7	37%	5	35	1
<b>TOTAL DE CAUSAS</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		<b>19</b>	<b>100%</b>			

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 17, se observa el diagrama de estratificación, mostrando cinco causas para el área de procesos que representan el 26%, cinco causas para el área de gestión que representa el 26%, dos causas para el área de recursos humanos y, finalmente, siete causas para el área de calidad, que representan el 37% del total.

**Figura 17.** Diagrama de estratificación.



Fuente: Elaboración propia.

En base a estos resultados y por las características de las causas identificadas, se evalúan los criterios económicos, factibles y de tiempo que se tomarán para escoger la mejor herramienta de la Ingeniería Industrial para proponer una alternativa de solución que incremente el nivel de productividad en el área de recarga de extintores de la empresa, según la Tabla 9.

**Tabla 9.** Alternativas de Solución.

ITEM	OPCIONES	CRITERIOS			TOTAL
		ECONÓMICOS	FACILIDAD	TIEMPO DE REALIZACIÓN	
1	Kaizen	4	3	2	9
2	Lean Manufacturing	2	2	4	8
3	Ingeniería de Métodos	2	2	2	6
4	(Six Sigma)	3	4	3	10
No adecuado:1 - Poco Adecuado: 2 - Adecuado: 3 - Muy Adecuado: 4					

Fuente: Elaboración propia.

**DPO/DPMO**

**Tabla 10.** Análisis de eventos suscitados en un día de producción (Pre-test).

# extintores	Poco espacio para trabajos	Rutas deficientes	Demora de procesos	Falta de entrenamiento	Insumos sin especificaciones	Control no estandarizado	Método no estandarizado	Equipos obsoletos	Distracción	Rotación de trabajadores	Inconformidades	Falta de herramientas	Piezas fuera de lugar	Mtto. Inadecuado	Poco control de procedimientos	Mala liberación de productos	Demora de procesos	Horarios atípicos	Infraestructura insuficiente
1	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1		1		1		
2	1	1	1	1	1	1		1		1	1			1				1	
3	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1				1			
4	1	1	1		1		1				1			1		1	1		1
5	1	1	1	1	1		1	1	1		1								
6	1	1	1	1			1	1											
7	1	1	1	1					1	1		1		1	1				
8	1	1	1	1		1		1				1	1						
9	1	1	1	1	1	1			1										
10	1	1	1	1	1	1	1			1									
11	1	1	1	1		1	1	1	1						1				
12	1	1	1	1		1				1									
13	1	1	1	1		1			1	1									
14	1	1	1	1	1	1							1						
15	1	1	1		1			1					1						

Fuente: Elaboración propia.

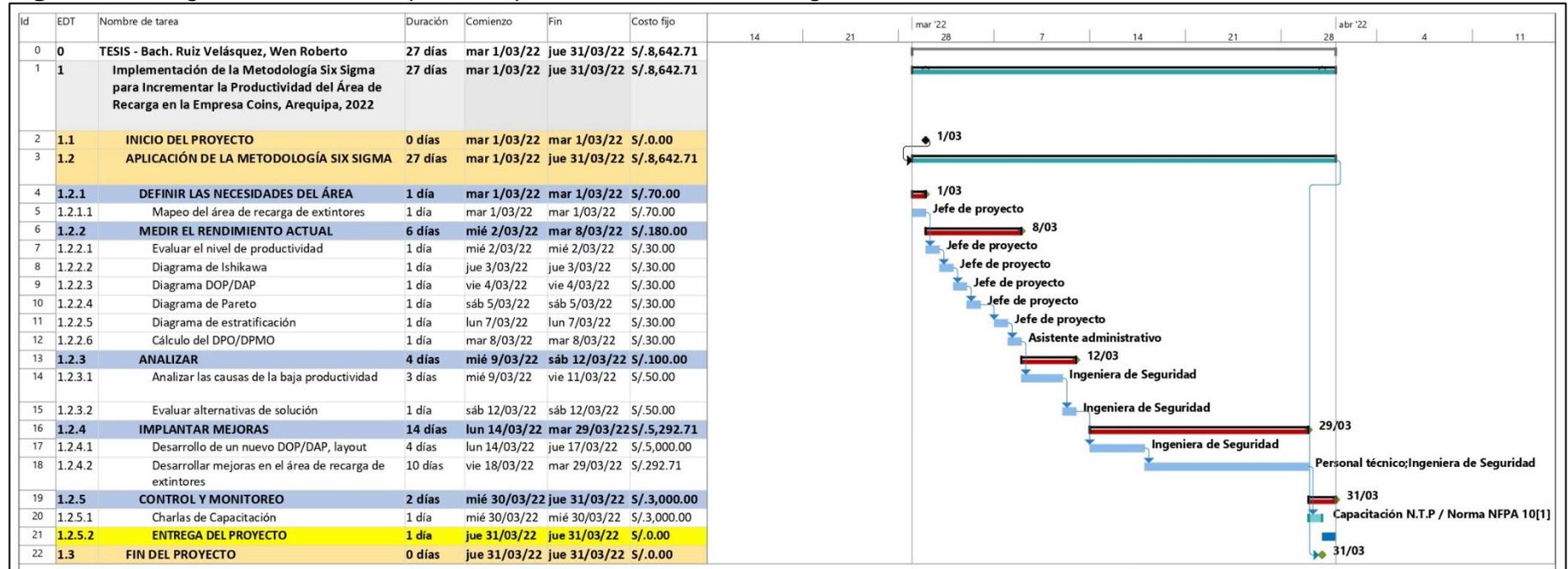
A partir de este análisis, según la Tabla 10, se identificaron 127 defectos diarios, luego, multiplicando por los 60 días que comprenden las 10 semanas del pre-test, se obtuvo un total de 7620 defectos (D). Así también, la cantidad de unidades fabricadas (U) es de 873, mientras que las oportunidades de defectos (O) es de 19, según la Tabla 4, obteniendo, finalmente, un DPO de 0.45940 y un DPMO de 459396, valor que representa un 54.05% de rendimiento dentro de la empresa y un nivel sigma de 1.6.

## **MEJORAR**

El proceso de aplicación de la metodología Six Sigma se resume mediante el diagrama de GANTT que se muestra en la Figura 18.

Luego de aplicada la metodología se realizó el Diagrama de Análisis de Procesos (DAP) de la Figura 19 y el Layout del área de recarga de extintores de la Figura 20.

**Figura 18.** Diagrama de GANTT para la aplicación de la metodología SIX SIGMA.



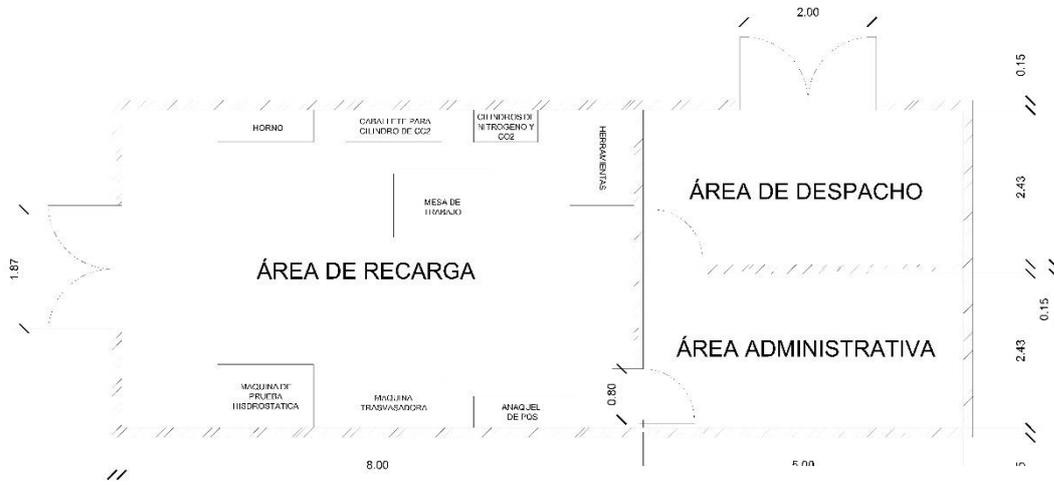
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 19. Diagrama de Análisis de Procesos (DAP) (Post-test).**

CURSOGRAMA ANALÍTICO				REGISTRO DE ACTIVIDAD					
ÁREA	TALLER TÉCNICO			ACTIVIDAD				CANTIDAD	
PROCESO	RECARGA DE EXTINTORES			OPERACIÓN	○			14	
DIAGRAMA		HOJA	1/1	TRANSPORTE	→			1	
MÉTODO	ACTUAL	X		COMBINADA	◻			-	
	PROPUESTO			ESPERA	◐			-	
COLABORADOR	Colaborador 1			INSPECCIÓN	◻			11	
ELABORADO POR:	Ruiz Velásquez, Wen Roberto			ALMACENAMIENTO	▽			1	
FECHA	21/03/2022			TOTAL				27	
N°	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)	○	→	◻	◐	◻	▽	OBSERVACIONES
1	Verificar el cilindro externamente si tiene alguna deformación, si está apto para realizar la recarga y así mismo se observa la fecha de fabricación del cilindro si requiere prueba hidrostática	1.00	○	→	◻	◐	◻	▽	
2	Desmontar la manguera	0.15	●	→	◻	◐	◻	▽	
3	Verificar si el manómetro indica que el cilindro contiene presión	0.10	○	→	◻	◐	◻	▽	
4	Desmontar la válvula por completo con el tubo sifón	1.50	●	→	◻	◐	◻	▽	
5	Retirar el agente extintor del interior del cilindro (si lo requiere)	1.50	●	→	◻	◐	◻	▽	
6	Observar que el interior del cilindro no presente almagamas u oxidación	1.00	○	→	◻	◐	◻	▽	
7	Desarmar la válvula, retirar el manómetro, tubo sifón, resorte y vástago	1.75	●	→	◻	◐	◻	▽	
8	Verificar que no haya daño ni oxidación al interior de la válvula así como en el vástago y resorte	1.50	○	→	◻	◐	◻	▽	
9	Verificar que los O-Ring del vástago estén en buenas condiciones (caso contrario, se deben colocar nuevos)	0.10	○	→	◻	◐	◻	▽	Cambiarlos siempre, según la NTP 350.043
10	Hidratar a los o-ring con vaselina líquida o grasa	0.10	●	→	◻	◐	◻	▽	
11	Verificar que el tubo sifón este en buenas condiciones	1.00	○	→	◻	◐	◻	▽	
12	Verificar que el manómetro este en buen funcionamiento	0.50	○	→	◻	◐	◻	▽	
13	Limpiar la válvula	2.00	●	→	◻	◐	◻	▽	
14	Armar la válvula por completo	2.50	●	→	◻	◐	◻	▽	
15	Cargar el agente extintor al cilindro con la cantidad requerida	2.00	●	→	◻	◐	◻	▽	
16	Verificar el peso del agente extintor	0.50	○	→	◻	◐	◻	▽	
17	Colocar collar de verificación del servicio	0.50	●	→	◻	◐	◻	▽	
18	Ensamblar la válvula al cilindro y la ajustamos hasta que el O-ring de la válvula tenga un buen agarre	1.00	●	→	◻	◐	◻	▽	
19	Cargar el agente propulsor (Nitrógeno N <sub>2</sub> ) al cilindro con la cantidad requerida	1.50	●	→	◻	◐	◻	▽	
20	Verificar que el manómetro indique que la aguja esté en el rango moderado (verde)	0.25	○	→	◻	◐	◻	▽	
21	Chequear que la válvula y el manómetro no presente fugas	0.50	○	→	◻	◐	◻	▽	
22	Colocar el seguro de la válvula y el sello de garantía (seguro amarillo)	0.50	●	→	◻	◐	◻	▽	
23	Observar que la manguera este en buenas condiciones. (caso contrario, cambiar por una nueva)	1.00	○	→	◻	◐	◻	▽	Consultar con el cliente antes del cambio
24	Lubricar la manguera, luego la ubicamos en la válvula	2.50	●	→	◻	◐	◻	▽	
25	Limpiar el cilindro externamente (Retirar las etiquetas antiguas para ubicar las nuevas de la empresa)	2.00	●	→	◻	◐	◻	▽	
26	Llevar extintor a despacho	1.00	○	→	◻	◐	◻	▽	
27	Almacenar hasta retiro del extintor	0.00	○	→	◻	◐	◻	▽	
TOTAL			27.95	14	1		11	1	

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 20.** Layout del área de recarga de extintores (Post-test).



ÁREA DE TRABAJO: 5x8 m.

Fuente: Elaboración propia.

**DPO/DPMO**

**Tabla 11.** Análisis de eventos suscitados en un día de producción (Post-test).

# extintores	Poco espacio para trabajos	Rutas deficientes	Demora de procesos	Falta de entrenamiento	Insumos sin especificaciones	Control no estandarizado	Método no estandarizado	Equipos obsoletos	Distracción	Rotación de trabajadores	Inconformidades	Falta de herramientas	Piezas fuera de lugar	Mtto. Inadecuado	Poco control de procedimientos	Mala liberación de productos	Demora de procesos	Horarios atípicos	Infraestructura insuficiente
1		1								1									
2																			
3		1																	
4	1		1								1								
5	1		1																1
6								1										1	
7																			
8	1								1										
9	1	1	1															1	
10								1					1						1
11																			
12																			
13		1							1										
14											1								1
15			1																
16																			

Fuente: Elaboración propia.

Luego de aplicada la metodología Six Sigma, según la Tabla 11, se identificaron 25 defectos diarios, luego multiplicando por los 60 días que comprenden las 10 semanas del pre-test, se obtuvo un total de 1500 defectos (D), así también la cantidad de unidades fabricadas (U) es de 960, mientras que las oportunidades de defectos (O) es de 19 según la Tabla 4, obteniendo finalmente un DPO de 0.08224 y un DPMO de 82237, valor que representa un 91.76% de rendimiento dentro de la empresa.

## **CONTROLAR**

A fin de garantizar el correcto desempeño de la metodología aplicada, en los Anexos se presenta un registro fotográfico de las capacitaciones a empresas en el ANEXO 4, capacitaciones recibidas por el personal en el ANEXO 5, Obtención del SGC 9001: 2015 en el ANEXO 6 así como de los equipos en el ANEXO 7.

Finalmente, se elaboró un IPER-C luego de aplicada la metodología SIX SIGMA, según el ANEXO 8, Finalmente en el ANEXO 9 se presenta el cronograma de ejecución de todo el proyecto.

Todo ello a fin de propiciar la mejora continua dentro del área de recarga de extintores, mantener un control estadístico en base a los indicadores semanales.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para la realización del análisis estadístico, se siguieron las siguientes fases:

FASE I: por las características del estudio se han seleccionado los programas estadísticos SPSS v.25 y Microsoft Excel 2016.

FASE II: se instalarán ambos programas en el computador que el investigador ha adquirido para realizar la recolección de datos.

FASE III: se procesará toda la información recolectada de las fichas de datos mediante el empleo de la estadística descriptiva, elaborando tablas y gráficas.

FASE IV: se empleará el paquete estadístico SPSS v25 para realizar la comprobación de la hipótesis para la estadística deductiva con la prueba T de Student y medir la diferencia entre el antes y después de la implementación en la productividad.

### **3.7. Aspectos éticos**

#### **Criterios éticos**

Se fundamentan en el informe Belmont (1979) respecto a:

Respeto a las personas: se respeta la autonomía de las personas y se protege su independencia.

Beneficencia: se respeta la decisión de los trabajadores que intervienen en el estudio procurando potenciar beneficios en sus labores y reducir cualquier posibilidad de daño personal.

Justicia: se tratará a las personas involucradas con equidad en pro de su beneficio.

Consentimiento informado: se informará a los trabajadores las características del estudio y las mejoras que se piensan realizar para obtener su consentimiento.

#### **Criterios de rigor científico**

Para las investigaciones de enfoque cuantitativo, de acuerdo con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación Universidad de Valladolid, se consideran los siguientes criterios.

Valor de verdad: Se garantiza mediante la validez interna que el autor no modificará a su conveniencia la información recolectada.

Aplicabilidad: mediante la validez de los expertos se asegura la viabilidad de aplicar los instrumentos propuestos.

Consistencia: la fiabilidad de los instrumentos permite obtener una réplica de los resultados las veces que se repita las pruebas.

Neutralidad: la investigación conserva la objetividad de su fin quedando exenta de los intereses del investigador.

## IV. RESULTADOS

### OBJETIVO GENERAL

#### Prueba T de student (Eficiencia)

**Tabla 12.** Estadísticos de muestras relacionadas (Eficiencia).

Estadísticos de muestras relacionadas		
		Media
Par 1	Pre Test Eficiencia	59,8172
	Post Test Eficiencia	94,3683

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13.** Prueba de muestra relacionadas (Eficiencia).

Prueba de muestra relacionadas				
		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Pre-Test Eficiencia	-	59	,000
	Post-Test Eficiencia	36,791		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar al realizar una prueba T de student, para saber si existió una diferencia significativa al aplicar el proceso SIGMA, se puede ver que existe una media mayor para las pruebas post test por un total de 25 puntos, lo cual podría indicarnos que existe una diferencia significativa. Al observar el p valor siendo menor a 0.05, nos indica que sí existe una diferencia significativa al haber aplicado el proceso SIGMA dentro del área de eficiencia según los datos de la Tabla 12 y 13.

## Prueba T de student (Eficacia)

**Tabla 14.** Estadísticos de muestras relacionadas (Eficacia).

Estadísticos de muestras relacionadas		
		Media
Par 1	Pre Test Eficacia	56,6667
	Post Test Eficacia	94,0987

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15.** Prueba de muestra relacionadas (Eficacia).

Prueba de muestras relacionadas					
			t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Pre-Test Eficacia	–	-20,818	59	,000
	Post-Test Eficacia				

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la primera prueba de T de student para saber si existió una diferencia en las pruebas de la eficacia se puede ver que existe una media mayor por 28 puntos para el área de post test, lo cual nos podría indicar que existe una diferencia significativa. El p valor al ser menor a 0.05 nos indica que sí existe una diferencia significativa entre las medias de las pruebas pre test y post test de la eficacia, según datos de la Tabla 14 y 15.

### OBJETIVO ESPECÍFICO 1:

Se obtuvo una productividad promedio del 58.80%.

### INDICADOR DPO

$$DPO = \frac{D}{U \times O} = \frac{7620}{873 \times 19} = \mathbf{0.45940}$$

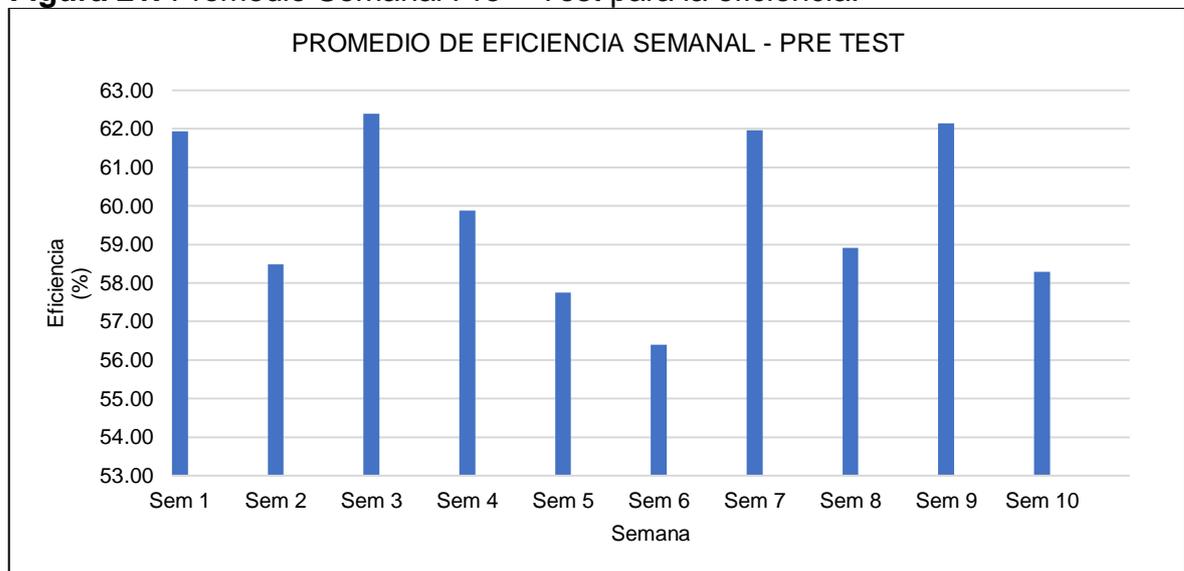
### INDICADOR DPMO

$$DPMO = \frac{D}{U \times O} \times 1000000 = \frac{7620}{873 \times 19} \times 1000000 = \mathbf{459396}$$

Obteniendo un rendimiento del 54.05% y un nivel sigma de 1.6.

### OBJETIVO ESPECÍFICO 2:

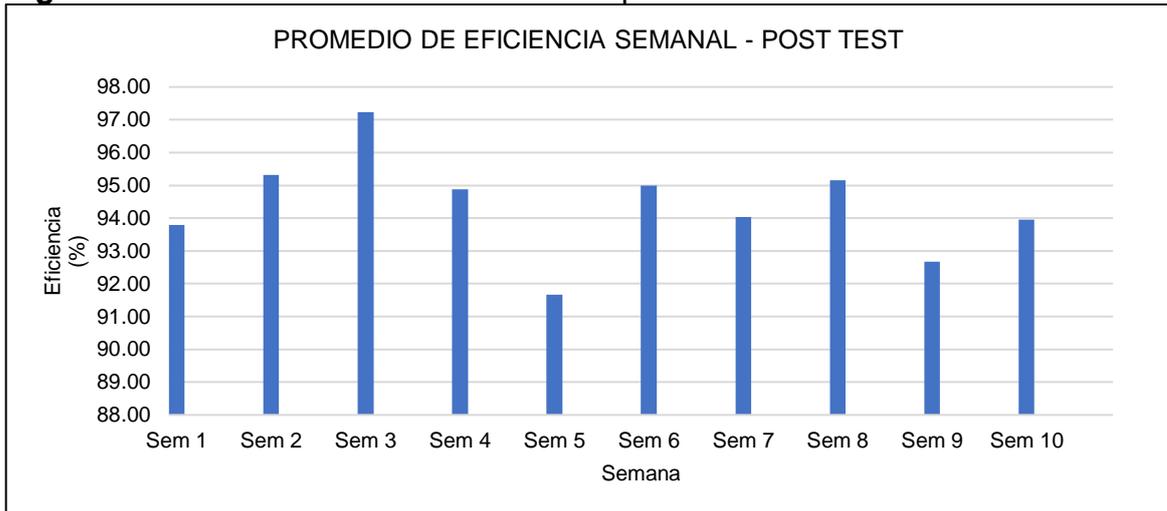
**Figura 21.** Promedio Semanal Pre – Test para la eficiencia.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 21, se evidencia que al realizar los gráficos de barras para poder observar cómo se encuentran los promedios semanales de la eficiencia, se puede ver que superan en su mayoría solo el 58%, esto fue antes de poder aplicar el plan SIX SIGMA.

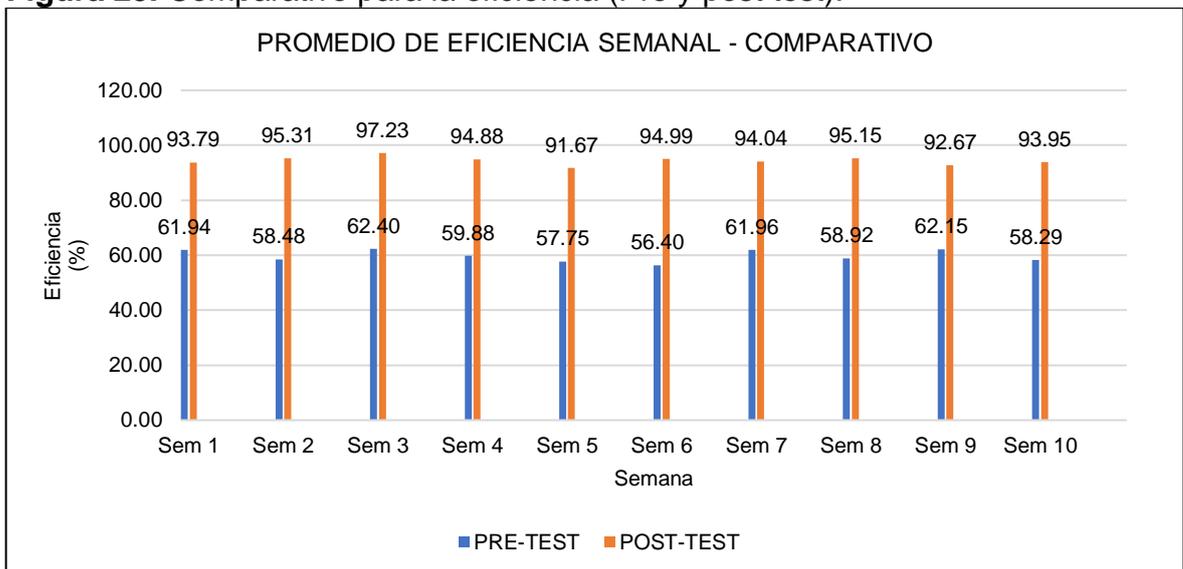
**Figura 22.** Promedio Semanal Post – Test para la eficiencia.



Fuente: Elaboración propia.

Luego, en la Figura 22, al realizar el gráfico de barras para poder observar los promedios por semana de la eficiencia después de aplicada la metodología SIX SIGMA, se pudo observar que aumentaron en gran nivel, siendo la gran mayoría superiores al 90%, en comparación con las pruebas pre – test.

**Figura 23.** Comparativo para la eficiencia (Pre y post test).

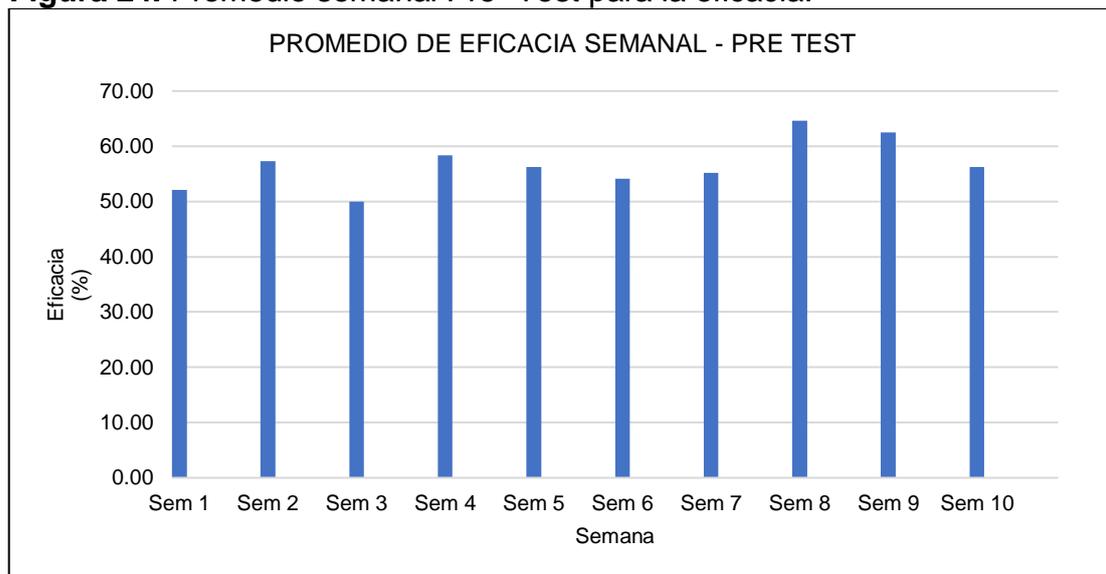


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 23, se puede observar mejoras significativas en la eficiencia de la producción, pasando de un promedio semanal de 59.81% a 94.37%.

### OBJETIVO ESPECÍFICO 3:

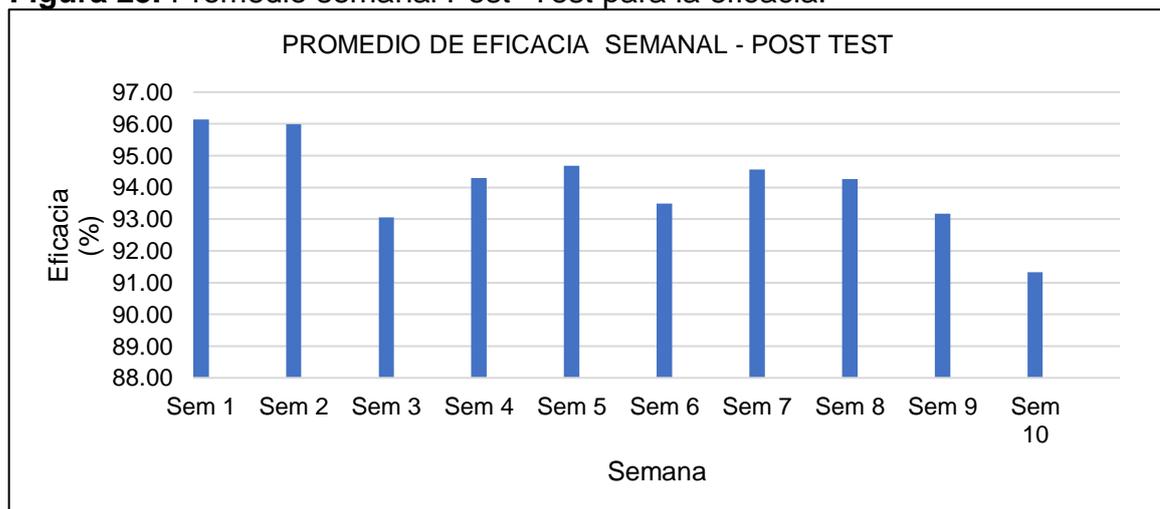
**Figura 24.** Promedio semanal Pre -Test para la eficacia.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 24, se puede observar cómo se encontraba el promedio semanal pre-test para el área de la eficacia y, según los resultados, solo llegan a superar el 50% de eficacia en la productividad.

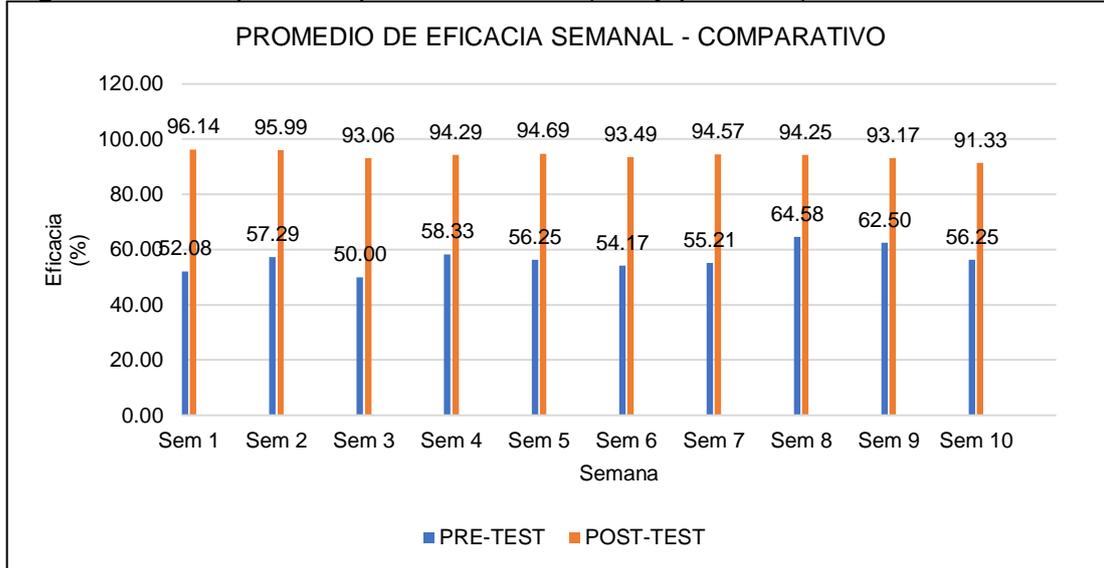
**Figura 25.** Promedio semanal Post -Test para la eficacia.



Fuente: Elaboración propia.

Luego en la Figura 25, se pasó a realizar una tabla con los promedios por semana después de la aplicación de la metodología SIX SIGMA. Como se puede observar, existe una mejora dentro de los resultados de la eficacia, siendo la gran mayoría por más del 90% de eficacia.

**Figura 26.** Comparativo para la eficacia (Pre y post test).

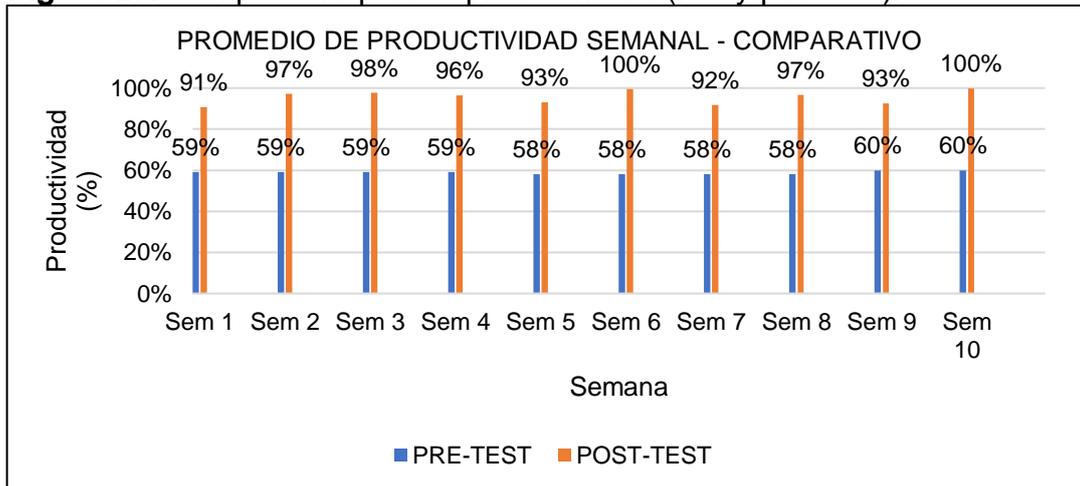


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 26, se puede observar mejoras significativas en la eficacia de la producción, pasando de un promedio semanal de 56.67% a 94.10%.

**OBJETIVO ESPECIFICO 4:**

**Figura 27.** Comparativo para la productividad (Pre y post test).



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 27, se puede observar mejoras significativas en la productividad de la empresa, pasando de un promedio semanal de 58.80% a 95.51%.

**INDICADOR DPO (Post-test)**

$$DPO = \frac{D}{U \times O} = \frac{1500}{960 \times 19} = 0.08224$$

### INDICADOR DPMO (Post-test)

$$DPMO = \frac{D}{U \times O} \times 1000000 = \frac{1560}{960 \times 19} \times 1000000 = 82237$$

Obteniendo un rendimiento del 91.76% y un nivel sigma de 2.94.

Por otro lado, cabe indicar que el costo total de la implementación de la metodología SIX SIGMA dentro de la empresa es de S/ 8,642.71, cuyo detalle se muestra a continuación en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Costos de implementación de la metodología Six Sigma.

#### COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LA EMPRESA COINS AREQUIPA SRL

ÍTEM	TOTAL	COSTO UNITARIO	TOTAL
M. de prueba hidrostática de alta y baja presión	S/ 18,000.00	S/ 187.50	
Trasvasadora de PQS Modelo SV1-1.1	S/ 7,000.00	S/ 72.92	
Horno para secado de extintores	S/ 3,000.00	S/ 31.25	
Caballote para cilindro de CO <sub>2</sub>	S/ 100.00	S/ 1.04	S/ 8,642.71
Capacitación N.T.P. (Inspección, mantenimiento, recarga 350.043 y Norma NFPA 10 (para extintores portátiles)	-	S/ 3,000.00	
Ingeniera de seguridad	-	S/ 5,000.00	
Materiales de escritorio	-	S/ 350.00	

Fuente: Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

**Primer objetivo específico: Determinar el nivel de productividad actual en el área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa, 2022.**

Guevara (2020) en su artículo titulado “Metodología Six Sigma para la mejora de la calidad en la empresa Reproimav, Ecuador”, al realizar su diagnóstico encontró un nivel de productividad del 77,64%, lo que permite resaltar la eficiencia del proceso productivo actual, pero con potencial de mejora, mientras que en la presente investigación realizada se obtuvo un nivel de productividad inicial del 58.80%.

Así también, Arellano (2019) en su tesis titulada “Estrategia Six Sigma: propuesta para reducir variabilidad del proceso de patrocinio judicial en una organización de servicios”, mediante el análisis cualitativo, observó que existen oportunidades de mejora a partir de la implementación del método Six Sigma; en cuanto al análisis cuantitativo, obtuvo un nivel sigma de 1.81, llegando a la conclusión que la propuesta metodológica Six Sigma permite identificar los puntos críticos y necesidades para optimizar el desempeño de los procesos productivos del poder judicial, ya que se enfoca en la estandarización del proceso de formación de los colaboradores. Por otro lado, en la presente investigación, al determinar el nivel sigma inicial, se obtuvo un valor de 1.60, evidenciando también la importancia de realizar mejoras dentro del área de recarga de extintores de la empresa Coins Arequipa SRL.

Por otro lado, Blanquicett et al. (2020), en su artículo “La aplicación de la metodología Six Sigma a las quejas del sector salud en Colombia” quienes se orientaron a fundamentar un modelo que permita evaluar la calidad de los servicios de salud prestados en Colombia, evidenciaron que el criterio de acceso a la salud tuvo un rendimiento del 88%, obteniendo un nivel sigma de 2.67, por lo que se debe mejorar este criterio. No obstante, en general, se encontraron

resultados satisfactorios en cuanto a la atención en el sector salud en Colombia, concluyendo que la metodología Six Sigma es útil para la evaluación de productividad y calidad de servicios, ya que permite evaluar los niveles y rendimiento de cada criterio y, así, brindar recomendaciones que conlleven a la mejora del sistema de salud. De igual forma en la presente investigación se obtuvo un rendimiento del 54.05% y un nivel sigma de 1.60, valores menores en comparación a los autores antes mencionados, esto debido principalmente a la baja productividad dentro del área de recarga de extintores.

**Segundo objetivo específico: Determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia del área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.**

Núñez (2018) en su tesis titulada “Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el almacén de la empresa Moriwoki Racing Perú-Callao 2017”. Obtuvo como resultado que la implementación de la metodología permite lograr una mejora de eficiencia del 67% a 77%, esto debido a la erradicación de prácticas desperdicio, tales como rotación nula y eliminación de inventario obsoleto. Se concluyó que la metodología Six Sigma incide positivamente en la mejora de productividad del almacén de la empresa de estudio, ya que se orienta a la mejora de procesos y erradicación de aquellos que no brinden valor al proceso, mientras que en la presente investigación los resultados pre-test para la eficiencia, arrojaron un promedio de eficiencia semanal de 59.81%, luego de realizar la implementación el resultado post-test arrojó un promedio de eficiencia semanal de 94.37%, viendo una mejora significativa.

**Tercer objetivo específico: Determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia del área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.**

Núñez (2018) en su tesis titulada “Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el almacén de la empresa Moriwoki Racing Perú-Callao 2017”. Señala que la implementación de la metodología Six Sigma

optimiza de un 32% a 57% la productividad de la empresa, logrando una eficacia del 81% (antes del 41%) esto debido a la erradicación de prácticas desperdicio, tales como rotación nula y eliminación de inventario obsoleto, concluyendo que la metodología Six Sigma incide positivamente en la mejora de productividad del almacén de la empresa de estudio, ya que se orienta a la mejora de procesos y erradicación de aquellos que no brinden valor al proceso. Asimismo, en la presente investigación los resultados pre-test para la eficacia, arrojaron un promedio de eficacia semanal de 56.67%, luego de realizar la implementación el resultado post-test arrojó un promedio de eficacia semanal de 94.10%, evidenciando una mejora significativa.

**Cuarto objetivo específico: Determinar en cuánto mejora la productividad después de la implementación de la metodología Six Sigma del área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.**

Guevara (2020) en su artículo titulado “Metodología Six Sigma para la mejora de la calidad en la empresa Reproimav, Ecuador”, al implementar la metodología Six Sigma, obtuvo un porcentaje de productividad del 83%. Concluyendo que la herramienta Six Sigma resulta efectiva para incrementar los niveles de productividad, mientras que, en la presente investigación realizada, al aplicar la metodología Six Sigma, se obtuvo una productividad del 95.51%, evidenciando una mejora bastante significativa en comparación al autor antes mencionado.

De acuerdo a la investigación de Roncal et al. (2017), en su artículo “Metodología DMAIC-Six Sigma para aumentar la productividad del área de producto terminado de la empresa Pesquera Artesanal de Chimbote, 2016” obtuvo un 61.8% de efectividad, a un 98.5%, lo que conllevó a que la productividad mejorará en un 36.7%, en la presente investigación la productividad pasó del 58.80% al 95.51%, mejorando un 35.71% luego de aplicada la metodología Six Sigma.

Por otro lado, Del Castillo y Noriega (2018) en su tesis “Propuesta de un modelo de gestión, para incrementar la productividad, aplicando la metodología Six Sigma en una empresa pesquera”, alcanzaron un incremento de 91.66% en la productividad, mientras que en la presente investigación se logró un nivel de productividad del 95.51%.

## VI. CONCLUSIONES

1. Luego del diagnóstico, se evidenció que para la empresa COINS AREQUIPA SRL, las principales causas de la baja productividad son el poco espacio para los trabajos, rutas deficientes, demora de procesos y falta de entrenamiento, además se obtuvo un DPO de 0.45940 y un DPMO de 459396, de tal modo que los niveles sigma según este último, indican un nivel de rendimiento del 54.05% y un nivel sigma de 1.6, luego el nivel de eficiencia fue del 59.81%, el nivel de eficacia del 56.67% y la productividad fue del 58.80%, valores considerados como muy bajos dentro del sector.
2. Se comprobó que, al aplicar la metodología Six Sigma, se mejoró el proceso de recarga de extintores, permitiendo a la empresa ser mucho más eficiente. Esto se evidenció en los resultados pre-test, que arrojó un promedio de eficiencia semanal de 59.81%, luego de realizar la implementación el resultado post-test arrojó un promedio de eficiencia semanal de 94.37%, notándose una mejora significativa.
3. Se comprobó que al aplicar la metodología Six Sigma, se mejoró el proceso de recarga de extintores optimizando los tiempos, es decir, permitió a la empresa ser mucho más eficaz. Esto se evidenció en los resultados pre-test, que arrojó un promedio de eficacia semanal de 56.67%, luego de realizar la implementación el resultado post-test arrojó un promedio de eficacia semanal de 94.10%, notándose una mejora significativa.
4. Finalmente, la productividad pasó de un 58.80% a un 95.51%, así también se obtuvo un nuevo DPO de 0.08224 y un DPMO de 82237 equivalente a un 91.76% de rendimiento y un nivel sigma de 2.94, concluyendo que la metodología Six Sigma ha permitido realizar reducciones radicales en el tiempo de producción en el área de recarga de extintores, logrando así una reducción de porcentaje de fallas en los lotes, y un incremento del porcentaje de eficiencia y eficacia. Además, se logró obtener diferencias significativas en tiempo de ciclo, ahorro de recursos, reducción de costos, durante el proceso de producción del área de recarga de extintores.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda el uso de herramientas tecnológicas para realizar un mejor diagnóstico, implementación, así como para el monitoreo y control.

Se recomienda que la gerencia fomente y respalde las políticas de mejora continua en todos los procesos y actividades de la empresa, a fin de que la metodología implementada sea sostenible en el tiempo.

Proponer un programa de entrenamiento y capacitación al personal del área y de la empresa en metodologías de mejora continua para garantizar el éxito de la empresa.

Se recomienda mantener un registro documentario de todas las lecciones aprendidas antes, durante y después de la implementación.

## REFERENCIAS

- ALEJANDRO MORA, Samanta Caroline. Aplicación de la metodología six sigma para mejorar la productividad en la embotelladora San Miguel del Sur SAC–Huaura, 2019. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/5526>
- ARELLANO MESSER, Jorge Luis. Estrategia Six Sigma: Propuesta para reducir variabilidad del proceso de patrocinio judicial en una organización de servicios. Tesis (Maestría en Ingeniería Industrial). Concepción: Universidad del Desarrollo, 2021. Disponible en: <http://repositorio.udd.cl/handle/11447/3781>
- A METHODOLOGY of Improvement of Manufacturing Productivity Through Increasing Operational Efficiency of the Production Process. Justyna Trojanowska [et al.]. Lecture Notes in Mechanical Engineering [en línea]. 2018. pp. 23–32. DOI 10.1007/978-3-319-68619-6\_3.
- BELMONT. Principios y guías éticos para la protección de los sujetos humanos de investigación-Comisión nacional para la producción de los sujetos humanos de investigación biomédica y del comportamiento. Observatori de Biotètica i Dret parc Científic de Barcelona, 1979. pp. 1–10. Disponible en: [www.bioeticayderecho.ub.es](http://www.bioeticayderecho.ub.es)-[www.bioeticaidret.cat](http://www.bioeticaidret.cat)
- BERNAL, César. Metodología de la investigación/Administración, economía, humanidades y ciencias sociales. Colombia: Pearson, 2010.
- BLANQUICETT, Daniel, CARRILLO, Jisela and CASTAÑO, Julio. La aplicación de la metodología six sigma a las quejas del sector salud en Colombia para el año 2019. Universidad Tecnológica de Bolívar [en línea]. 2020, pp. 2–9. [Fecha de consulta: 29 marzo 2022]. DOI 10.13140/RG.2.2.36599.14243.
- CEPAL. Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2017 = Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean 2017. 2018.
- CHEN, Stephen y LIN, Nidthida, 2021. Culture, productivity and competitiveness: disentangling the concepts. Cross Cultural and Strategic Management. Vol. 28, no. 1, pp. 52–75. DOI 10.1108/CCSM-02-2020-0030/FULL/XML.
- COSTA, J., LOPES, I. y BRITO, J., 2019. Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process. Procedia Manufacturing. Vol. 38, pp. 1592–1599. DOI 10.1016/J.PROMFG.2020.01.126.
- COTRINA CAYO, Daniela. La aplicación de la metodología Six Sigma para incrementar la productividad en el área de habilitado de la empresa SERPROVISA SAC, Huachipa-2016. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad César Vallejo, 2016. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3774>
- CURBING variations in packaging process through six sigma way in a large-scale food-processing industry. Darshak Desai [et al.] Journal of Industrial Engineering

International [en línea]. 2014. Vol. 11, no. 1, pp. 119–129. DOI 10.1007/S40092-014-0082-6/FIGURES/10.

DEL CASTILLO PÉREZ, Euler Oscar y NORIEGA VARGAS, Víctor Andree. Propuesta De Un Modelo De Gestion, Para Incrementar La Productividad, Aplicando La Metodología Six Sigma En Una Empresa Pesquera. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Nuevo Chimbote: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23787>

EFIMOVA, Anastasia, BRIS, Petr y EFIMOV, Alexander. A bibliometric analysis of the evolution of Six Sigma in the context of Industry 4.0. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics* [en línea]. 2021. Vol. 32, no. 4, pp. 338–349. [Fecha de consulta: 23 marzo 2022]. DOI 10.5755/j01.ee.32.4.28536.

ESPINOZA HUAMANI, Gem Josselyn y LEQUERNAQUE QUEZADA, Karen Lizth. Aplicación de herramientas de lean manufacturing para mejorar la productividad en la línea de crudo. PANAFODS SAC Santa-2019. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Chimbote: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44299>

ESTRATEGIA de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil. Jorge Malpartida [et al.]. *Alpha Centauri* [en línea]. 2021. Vol. 2, no. 3, pp. 72–90. DOI 10.47422/ac.v2i3.45.

FONTALVO HERRERA, Tomás, DE LA HOZ GRANADILLO, Efraín y MORELOS GÓMEZ, José. La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial* [en línea]. 2017. Vol. 15, no. 2, pp. 47–60. [Fecha de consulta: 23 marzo 2022]. DOI 10.15665/DEM.V16I1.1375.

GRIJALVA BALDEÓN, Crisel Morelia y HERNÁNDEZ PÉREZ, Valeria Fernanda. Propuesta de mejora de la eficiencia productiva en una empresa MYPE de confección textil, utilizando las herramientas de Lean Manufacturing y estudio del trabajo. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657396>

GRUPO BANCO MUNDIAL, 2022. Crecimiento del PIB (% anual). Grupo Banco Mundial [en línea]. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?view=chart>

GUERRA CHICO, Rosanna Betsabe. Propuesta de la metodología del Six Sigma para mejorar la productividad de las unidades vehiculares en la empresa TOWER AND TOWER S.A. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega, 2021. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/5789>

GUERRERO CITELLY, Juan Fernando. Disminución del tiempo de producción y mantenimiento de la productividad de la empresa Luisa Postres utilizando la metodología Six Sigma y el ciclo DMAIC. Tesis (Licenciatura en Ingeniería

Industrial). Santa Fe de Bogotá: Universidad de Los Andes, 2020. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/49437>

GUEVARA MOSQUERA, Nashali Valeria. Metodología Six Sigma para la mejora de la calidad en la empresa REPROIMAV, Ecuador. EmTHYMÓS [en línea]. 2020. Vol. 1, no. 1, pp. 57–86. Disponible en: <https://emthymos.com/index.php/emthymos/article/view/16>

HERNÁNDEZ ARGUELLO, Franklin Juliano. Mejoramiento continuo en la industria del calzado utilizando la metodología Six Sigma. Caso “Exclusivos Botero.” Revista Ingeniería, sostenibilidad y sociedad [en línea]. 2020. Vol. 1, no. 1, pp. 1–10. Disponible en: <http://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/iss/article/view/1011>

HERNÁNDEZ, Héctor y OLIVERES, Gerald. Evaluación de la productividad de la mano de obra en construcción usando herramientas six-sigma: un caso de estudio. Building & Management [en línea]. 2018. Vol. 2, no. 2, pp. 15–22. DOI 10.20868/BMA.2018.2.3764.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la Investigación. México D.F.: McGraw-Hill. 2014.

IMPLEMENTATION of Six Sigma to Minimize Defects in Sewing Section of Apparel Industry in Bangladesh. Jaqlul Hoque Mridha [et al.]. Global Journal of Researches in Engineering [en línea]. 2019. Vol. 19, no. 3, pp. 1–9. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/335909211>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. Evolución del índice Mensual de Producción Nacional: Noviembre 2021 [en línea]. 2021. Disponible en: [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)

ISLAM KHAN, Sagar, SUSHIL, Sanatan y RAHMAN TUSHAR, Saifur. Minimization of defects in the fabric section through applying DMAIC methodology of Six Sigma: a case study. Asian Journal of Management Sciences & Education [en línea]. 2020. Vol. 9, no. 3, pp. 16–24. Disponible en: [http://www.ajmse.leena-luna.co.jp/AJMSEPDFs/Vol.9\(3\)/AJMSE2020\(9.3-03\).pdf](http://www.ajmse.leena-luna.co.jp/AJMSEPDFs/Vol.9(3)/AJMSE2020(9.3-03).pdf)

IMPLEMENTATION of Six Sigma in the DMAIC Approach for Quality Improvement in the Knitting Socks Industry. Hibarkah Kurnia [et al.]. Journal of Textiles and Engineer [en línea]. 2021. Vol. 28, no. 124, pp. 269–278. DOI 10.7216/1300759920212812403.

IMPROVING thermoform productivity: Case of design-of-experiment. M Jamil [et al.]. Journal of Quality and Technology Management. 2018. Vol. 15, no. 1, pp. 87–106.

INCREASING Sigma levels in productivity improvement and industrial sustainability with Six Sigma methods in manufacturing industry: A systematic literature review. H. Purba [et al.]. Advances in Production Engineering And

Management. 2021. Vol. 16, no. 3, pp. 307–325. DOI 10.14743/APEM2021.3.402.

KARTIKA, Hayu, SETIA BATKI, Candra y PURWANTI, Sri. Quality Improvement of Herbal Sachet in filling Powder Machine Using Six Sigma Method. International Conference on Design, Engineering and Computer Science [en línea]. 2018. Vol. 453, pp. 1–11. DOI 10.1088/1757-899X/453/1/012038.

KUMAR, Sanjay, ALAM, Shabbir y CHOUDHARY, Anil. Relevance of Six Sigma in Indian manufacturing industries: Case studies. George Washington International Law Review [en línea]. 2021. Vol. 8, no. 1, pp. 130–142. Disponible en: <https://archive-gwirl.org/>

LOZADA, José. Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. CienciaAmérica [en línea]. 2014. No. 3, pp. 34–39. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

MEASURING critical success factors for Six Sigma in higher education institutions: Development and validation of a surveying instrument. Marco Maciel Monteón [et al.]. IEEE Access [en línea]. 2020. Vol. 8, pp. 1813–1823. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8943382/>

MANOHAR, C y BALAKRISHNA, A. Defect analysis on cast wheel by SIX SIGMA methodology to reduce defects and improve the productivity in wheel production plant. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) [en línea]. 2015. Vol. 2, no. 3, pp. 1659–1663. [Disponible en: <https://www.academia.edu/download/38090465/lrjet-v2i3259.pdf>

MARTÍNEZ RAMÍREZ, Jorge Luis. Impacto de factores del desarrollo cultural organizacional, en la rentabilidad empresarial. Revista Científica Orbis Cognita [en línea]. 2020. Vol. 4, no. 2, pp. 140–157. Disponible en: [https://www.revistas.up.ac.pa/index.php/orbis\\_cognita/article/view/1387](https://www.revistas.up.ac.pa/index.php/orbis_cognita/article/view/1387)

MATZUNAGA ZAMUDIO, Luis Martín y CHUNG PINZÁS, Alfonso Ramón. Implementación de un sistema de mejora de calidad y productividad en la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva basado en las herramientas de la metodología Six Sigma. Paideia XXI [en línea]. 2018. Vol. 8, no. 1, pp. 77–121. DOI 10.31381/paideia.v8i1.2039.

MENDOZA GUERRA, José María. Beyond Productivity. Desarrollo Gerencial [en línea]. 2018. Vol. 10, no. 1, pp. 5–7. DOI 10.17081/dege.10.1.3152.

MONTOYA RENDÓN, Luz Elena, MONTOYA RENDÓN, Julio César y TREJOS MONCAYO, Carlos Rubén. Mejoramiento de la productividad en las empresas colombianas: un problema de planeación estratégica. Documentos De Trabajo ECACEN [en línea]. 2018. No. 1. Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/2569>

MUNYAKA BARAKA, Jean-Claude y SARMA YADAVALLI, Venkata Seshachala. The use of DMAIC Six Sigma for productivity “GAP” reduction in manufacturing production line. Proceedings of the 2nd African International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. 2020. pp. 961–972.

NAJAFABADI, Marzieh, NIKBAKHT, Mehrdad y SHEKARCHIZADEH, Ahmadreza. Relationship Between Operational Performance in Industrial Manufacturing Companies with Approaches of Innovation, Quality, Efficiency and Productivity. *Journal of Modern Processes in Manufacturing and Production* [en línea]. 2018. Vol. 7, no. 1, pp. 29–38. Disponible en: [https://mpmpjournal.iaun.ac.ir/article\\_617063.html](https://mpmpjournal.iaun.ac.ir/article_617063.html)

NARULA, Vikram, KUMAR, Girish y LOGANATHAN, M. Improving the Productivity of the Machining Process of a Manufacturing Company: A Six Sigma Case Study. *Interdisciplinary Research in Technology and Management* [en línea]. 2021. pp. 310–314. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/352727481>

NGOZI, Onuorah y CHINELO, Ugochukwu. Effect of work life balance and employee productivity in Nigerian Organizations. *International Journal of Advanced Research in Management and Social Sciences* [en línea]. 2020. Vol. 9, no. 2, pp. 67–93. Disponible en: <https://garph.co.uk/IJARMSS/Feb2020/G-7.pdf>

NNAH UGOANI, John Nkeobuna. Performance appraisal and its effect on employees' productivity in charitable organizations. *Business, Management and Economics Research* [en línea]. 2020. Vol. 6, no. 12, pp. 166–175. Disponible en: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3790733](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3790733)

NÚÑEZ CÁRDENAS, César Enrique. Aplicación de la Metodología Six Sigma para mejorar la Productividad en el almacén de la empresa Moriwoki Racing Perú-Callao, 2017. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23297>

SIX SIGMA as a Strategy for Process Improvement in Industry 4.0. Modestus Okwu [et al.]. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* [en línea]. 2021. pp. 1072–1083. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/354190698>

SIX SIGMA Model Optimized for Reducing Downtime in an Open-Pit Mine. Josemaria Gargate [et al.] *Smart Innovation, Systems and Technologies* [en línea]. 2019. Vol. 140, pp. 523–531. [Fecha de consulta: 28 marzo 2022]. DOI 10.1007/978-3-030-16053-1\_51.

ORTIZ TOVAR, María Juliana. Implementación del modelo Six Sigma como estrategia de mejora en Pymes de Latinoamérica. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América, 2020. Disponible en: <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/7868>

PEREDA QUISPE, Jorge Vladimir. La aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC., Lima, 2018. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22815>

PRACTICAL application of Six Sigma management in analytical biochemistry processes in clinical settings. Bingfei Zhou [et al.]. *Journal of Clinical Laboratory Analysis* [en línea]. 2020. Vol. 34, no. 1, pp. 1–10. DOI 10.1002/jcla.23126.

PRAVEEN GUPTA, Arvin Sri. *Seis Sigma sin estadística: enfoque en la búsqueda de las mejoras inmediatas*. Chicago: EBooks2go. 2015.

RONCAL ZAPATA, Cristian Bryan, ESQUIVEL PAREDES, Lourdes y MORENO ROJO, Cesar. *Metodología DMAIC -SIX SIGMA para aumentar la productividad del área de producto terminado de la empresa Pesquera Artesanal de Chimbote*, 2016. *INGnosis* [en línea]. 2017. Vol. 3, no. 1, pp. 114–129. DOI 10.18050/INGNOSIS.V3I1.1544.

SHARMA, Raman, GUPTA, Pardeep y SAINI, Vipin. *Six sigma DMAIC Methodology Implementation in Automobile industry: A case study*. *Journal of Manufacturing Engineering* [en línea]. 2018. Vol. 13, no. 1, pp. 42–50. Disponible en: <http://www.smenec.org/index.php/1/article/view/103>

SINGH PATYAL, Vishal, MODGIL, Sachin y KOILAKUNTLA, Maddulety. *Application of Six Sigma methodology in an Indian chemical company*. *International Journal of Productivity and Performance Management* [en línea]. 2021. Vol. 70, no. 2, pp. 350–375. DOI 10.1108/IJPPM-03-2019-0128/FULL/XML.

SOLANKI, Mihir y DESAI, Darshak. *Competitive advantage through Six Sigma in sand casting industry to improve overall first-pass yield: a case study of SSE*. *International Journal of Lean Six Sigma* [en línea]. 2020. Vol. 12, no. 3, pp. 477–502. DOI 10.1108/IJLSS-03-2020-0032/FULL/XML.

STAMATIS, D. *Six Sigma Fundamentals: A Complete Guide to the System, Methods, and Tools*. Productivi. 2003.

USING Six Sigma DMAIC methodology and discrete event simulation to reduce patient discharge time in king hussein cancer center. Mazen Arafeh [et al.]. *Journal of Healthcare Engineering* [en línea]. 2018, pp. 1-18. DOI 10.1155/2018/3832151.

VARGAS MARIN, Estefani Victoria. *La metodología Six Sigma y el nivel de productividad en una empresa de comida rápida, Cajamarca 2020*. Tesis (Maestría en Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29511>

VÁSQUEZ RUIZ, Andrea Lizbeth. *Metodología Six Sigma y productividad en la empresa Dominion Perú-Chorrillos, 2020*. Tesis (Licenciatura en Administración de Empresas). Lima: Universidad Autónoma del Perú, 2020. Disponible en: <https://repositorio.autonoma.edu.pe/handle/20.500.13067/1408>

VÁZQUEZ SILVA, Gustavo y RODRÍGUEZ PICÓN, Luis Alberto. *Implementación de metodología Six Sigma para la solución de bolas de soldadura en tablillas electrónicas: Resumen 2CP21-130*. *Memorias de Ciencia*

y Tecnología [en línea]. 2021. Vol. 1, no. 2, pp. 1–2. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/memoriascyt/article/view/4769>

YARUB MAAN, Harith y SHEHAB AHMAD, Saad. Integrating Six-sigma Technique with Failure Mode and Effects Analysis to Determine Product Defects. Review of International Geographical Education [en línea]. 2021. Vol. 11, no. 12, pp. 694–711. DOI 10.48047/rigeo.11.12.67.

ZAMBRANO VALDIVIESO, Óscar y ALMEIDA SALINAS, Orlando. Mejora continua en productividad organizacional y su impacto en colaboradores. Colombia, 2017. Desarrollo Gerencia [en línea]. 2018. Vol. 10, no. 2, pp. 82–102. Disponible en: <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/desarrollogerencial/article/view/3033>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de consistencia.

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>						
Título: “Implementación de la metodología Six Sigma para incrementar la productividad del área de recarga en la empresa COINS, Arequipa 2022”						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	METODOLOGÍA	
¿Cómo la implementación de la metodología Six Sigma incrementa la productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?	Determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma incrementa la productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.	La implementación de la metodología Six Sigma mejora la productividad del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.	Six Sigma	Defectos por oportunidad	Primero se procede a realizar un diagnóstico a fin de determina el nivel de productividad actual de la empresa COINS Arequipa SRL, posteriormente se aplica la metodología SIX SIGMA con el propósito de mejorar la productividad a partir de los indicadores de eficiencia y eficacia.	
				Defectos por millón		
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES		
¿Cuál es el nivel de productividad actual en el área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?	Determinar el nivel de productividad actual en el área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.	El nivel de productividad actual es menor al 80% en el área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.	Productividad	Eficiencia		
¿Cómo la implementación de la metodología Six Sigma en el área de recarga de extintores, mejora la eficiencia de la productividad en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?	Determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.	La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.		Eficacia		

<p>¿Cómo la implementación de la metodología Six Sigma en el área de recarga de extintores, mejora la eficacia de la productividad en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?</p>	<p>Determinar cómo la implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.</p>	<p>La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia del área de recarga de extintores de la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.</p>			
<p>¿Cuánto mejora la productividad después de la implementación de la metodología Six Sigma del área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022?</p>	<p>Determinar en cuanto mejora la productividad después de la implementación de la metodología Six Sigma del área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.</p>	<p>La mejora en la productividad después de la implementación de la metodología Six Sigma es superior al 80% en el área de recarga de extintores en la empresa COINS Arequipa SRL, Arequipa 2022.</p>			

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 2. Matriz de Operacionalización de Variables.**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Six Sigma <i>(variable independiente)</i>	Filosofía de gestión de calidad orientada a medir los defectos organizacionales, aminorar los índices de variación y optimizar la calidad de los procesos, así como de los servicios y productos a comercializar (Arafah et al., 2018).	Esta herramienta permite mejorar la productividad mediante la evaluación de defectos y las oportunidades que se tienen para solucionarlas de forma individual y por lote.	DPO (Defectos por oportunidad)	$DPO = \frac{D}{U \times O}$	Razón
			DPMO (Defectos por millón de oportunidades)	$DPMO = \frac{D}{U \times O} \times 1000000$	Razón
Productividad <i>(variable dependiente)</i>	Es un parámetro que permite medir aquello que produce una organización en base a los recursos que emplea para el proceso de producción, siendo su objetivo principal optimizar la cantidad de recursos empleados para generar resultados positivos (Chen y Lin, 2021).	Los indicadores de esta variable son eficacia y eficiencia que son dimensiones complementarias que integran la medición del nivel de productividad.	Eficiencia	<p align="center">Eficiencia (%)</p> $Eficiencia = \frac{\text{Tiempo real servicio}}{\text{Tiempo programado}} \times 100\%$	Razón
			Eficacia	<p align="center">Eficacia (%)</p> $Eficacia = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} \times 100\%$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

### ANEXO 3. Instrumentos de recolección de datos.

#### Encuesta aplicada al colaborador de la empresa:

Estimado colaborador de la empresa Coins Arequipa SRL, la presente investigación tiene que ver con la aplicación de la metodología Six Sigma dentro de la empresa, por lo que agradeceré su amable colaboración, motivo por el cual se le pide que marque con un aspa (X), la alternativa que considere conveniente, cabe indicar que la información es anónima y de carácter confidencial y sólo se usará con fines de la investigación.

#	SIX SIGMA	Si	No
1	¿Considera que hace falta un manual de procedimientos detallado de cada actividad dentro del área?		
2	¿Considera que la productividad se incrementaría si todos desempeñaran sus funciones a cabalidad?		
3	¿Si se trabajara en equipo el nivel de productividad se incrementaría?		
4	¿Considera que al implementar la metodología Six Sigma en la empresa, se mejoraría la rentabilidad?		
5	¿Si la empresa invierte en capacitarle acerca del Six Sigma, considera que la productividad de la empresa mejorarían?		
6	¿Si se minimizan las deficiencias existentes en la empresa, se incrementaría la productividad?		
7	¿Si la empresa decide implementar el Six Sigma, asumiría con responsabilidad la este nuevo reto?		
8	¿Considera que los tiempos de realización de las actividades disminuirían con la implementación del Six Sigma?		
9	¿Considera que el tener bien definidos los objetivos de la empresa se contribuye a mejorar la operación de las actividades?		
10	¿Si se aplicase la metodología Six Sigma con resultados favorables, continuaría con la misma disposición inicial para continuar realizando cada una de sus fases de forma correcta?		

Fuente: Elaboración propia.





### FICHA PARA CALCULAR LA PRODUCCIÓN

ÁREA	Recarga de extintores					
FECHA						
COLABORADOR						
ELABORADO POR	Ruiz Velásquez, Wen Roberto					
DÍA	PRODUCCIÓN PLANIFICADA		PRODUCCIÓN REAL		PRODUCCIÓN REAL	
	BALONES ESTIMADOS	HORAS ESTIMADAS	HORAS REALES	BALONES ESTIMADOS	HORAS ESTIMADAS	BALONES LLENADOS
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						



### FICHA PARA CALCULAR LA EFICACIA

ÁREA	Recarga de extintores
FECHA	
COLABORADOR	
ELABORADO POR	Ruiz Velásquez, Wen Roberto

DÍA	PRODUCCIÓN REAL	PRODUCCIÓN ESTIMADA	EFICACIA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			



### FICHA PARA CALCULAR LA EFICIENCIA

ÁREA	Recarga de extintores
FECHA	
COLABORADOR	
ELABORADO POR	Ruiz Velásquez, Wen Roberto

DÍA	HORAS ALCANZADAS	HORAS PROGRAMADAS	EFICIENCIA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			



### FICHA PARA CALCULAR LA PRODUCTIVIDAD

ÁREA	Recarga de extintores		
FECHA			
COLABORADOR			
ELABORADO POR	Ruiz Velásquez, Wen Roberto		
DÍAS DE PRODUCCIÓN	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

#### ANEXO 4. Registro fotográfico (capacitación a empresas).



**ANEXO 5.** Registro fotográfico (Capacitaciones recibidas a nuestro personal).



**CAPACITACIÓN EN LA  
NORMA NFPA 10  
EXTINTORES PORTÁTILES  
CONTRA INCENDIOS**

Realizada con éxito  
No te quedes atrás y capacítate con  
nosotros



**ANEXO 6.** SGC ISO 9001:2015 obtenida por la empresa COINS AREQUIPA S.R.L. gracias a la creación de su Sistema Integrado de Gestión.

#Certifícate  
Con nosotros



**EXTINGUIDORES CONTRA INCENDIOS  
AREQUIPA S.R.L**

**NORMA ISO 9001 : 2015**  
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Contáctanos:



960 541 023



gerenciacomercial@isofireconsulting.com

[www.isofireconsulting.com](http://www.isofireconsulting.com)

## ANEXO 7. Registro fotográfico (Equipos).



Nota: a) Trasvasadora de PQS modelo SV1-1.1, b) Horno para secado de extintores c) Área de presurizado de extintores portátiles y rodantes d) Caballete para Cilindro de CO<sub>2</sub>.

## ANEXO 8. IPER-C luego de aplicada la metodología SIX SIGMA.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y DETERMINACIÓN DE CONTROLES																
MATRIZ IPERC																
Empresa y/u Obra		COINS S.R.L.				Elaborado:		Jefe de Seguridad		Danny Reinoso Saas		Fecha	16/03/2022			
Proceso / subproceso / Otro		Recarga y Mantenimiento de Extintores				Revisado:		Administrador		Wen Rutz Velásquez		Fecha	17/03/2022			
Actividad		Trabajos o actividades realizadas dentro del taller central EXTINGUIDORES CONTRA INCENDIOS AREQUIPA S.R.L.				Aprobado:		Gerente General		Luis Cáceres Robles		Fecha	18/03/2022			
Identificación de tareas y sus peligros y riesgos asociados																
ITEM	TAREA	PELIGRO	RIESGO	Evaluación del riesgo Puro				Control de peligros	Medidas de control				Evaluación del riesgo Residual			
				(Prevalencia)	(Consecuencia)	Valoración P x C	Nivel de Riesgo: A, B, C		Eliminación	Reducción	Controles administrativos (inspecciones, operaciones, aplicaciones)	EPP (Equipos de protección personal)	(Prevalencia)	(Consecuencia)	Valoración P x C	Nivel de riesgo: A, B, C
1	Desmontaje del Equipo	Nitrógeno o CO2 presurizado del extintor	Lesión por impacto de la válvula con presión del extintor	3	4	12	A	-	-	El Operario debe estar debidamente capacitado técnicamente para abrir un extintor portátil o rodante. El personal debe usar obligatoriamente sus EPPS como la Carsea Anti-Impacto, Casco y Lentes de seguridad.	Para cada procedimiento realizado se hará uso de fichas de IPERC, ATS Y PETS. El Ingeniero de Seguridad debe monitorear los trabajos de riesgo. Se debe programar capacitaciones periódicas durante el año.	Carsea anti-impacto y/o Lentes, protector auditivo	3	2	6	A
2	Pulverizado Interno del Cilindro	Poivo del Agente Extintor	Iritación de los ojos y vías respiratorias	3	1	3	C	-	-	El personal debe realizar el procedimiento correcto en el velado del extintor y usando sus EPPS entregados.	Supervisión permanente concientización del personal en los procedimientos.	Lentes Antiparra y respirador con filtro para polvo	1	1	1	C
3	Limpieza Externa del Cilindro	Cuchilla filosa	Lesión en la piel por corte al retirar los stickers del cilindro	2	2	4	B	-	-	Mantenerse concentrado y usar adecuadamente los guantes de seguridad para evitar posibles cortes.	Procedimiento equipo de protección personal Reporte observación de seguridad Comunicación de peligros.	Guantes de Seguridad	2	1	2	C
4	Prueba Hidrostática	FRACTURA DE CILINDRO POR PRUEBA DE ALTA O BAJA PRESIÓN	Si no se manipula adecuadamente la máquina de prueba hidrostática controlando los niveles límite(psi) para cada cilindro pueden fracturarse y ocasionar lesiones para el operario	2	4	8	A	-	-	Programar chequeos de mantenimiento periódico para las máquinas y equipos, uso de EPPS	Supervisión permanente del Ing. De Seguridad para monitorear los procedimientos	Uso de Lentes y/o carseas, protector auditivo	2	2	4	A
5	Pintado del Cilindro	Inhalación de vapores y/o gases tóxicos	A corto plazo puede ocasionar mareos, dolor de cabeza, irritación pulmonar, problemas de visión, a largo plazo puede causar la pérdida de la función pulmonar problemas pulmonares graves.	2	1	2	C	-	-	Uso correcto de la máscara para vapores con filtros de carbón activado, lentes de seguridad para evitar la irritación visual con las partículas de pintura.	Supervisión con el personal de Seguridad para cada procedimiento(ATS)	Respirador para gases y/o vapores orgánicos, lentes de seguridad.	1	1	1	C
6	Llenado del Agente Extintor	Inhalación Polvo Químico Seco(PQS), caída del extintor	Posible irritación visual o de vías respiratorias, sofocos momentáneos al estar en contacto con el agente extintor PQS, que contiene fosfato monoamónico. Lesión o fractura en en pie por la caída del extintor.	3	1	3	C	-	-	Uso adecuado de los EPPS para evitar daños al operario, supervisión del Ing. de Seguridad.	Diseñar y cumplir con el ATS, PETS previo al inicio de trabajo.	Lentes de Seguridad, respirador con filtro para polvo, botas	3	1	3	C
11	Limpieza y Engrase de Válvula	Selpicadura de solvente limpiador o aceite	Posible irritación visual por efecto de la selpicadura del petróleo o aceite.	2	2	4	B	-	-	Uso obligatorio de lentes de seguridad	Capacitación constante de los procedimientos para el mantenimiento de extintores	Lentes de Seguridad	1	1	1	C
13	Ensamblaje de Válvula	mandadura con el uso de llaves para ajuste	posible lesión en dedos o mano por el uso inadecuado de la llave stilson o francesa para ajustar la válvula del extintor	3	1	3	C	-	-	Realizar charlas previas al inicio del trabajo para evitar lesiones en el uso de herramientas	Realizar un control de incidencias en el área de trabajo para según sea la recurrencia se plantea aumentar las capacitaciones y charlas.	Guantes de Seguridad	1	1	1	C
14	Presurizado del Equipo	Fractura y explosión del cilindro del extintor portátil	Lesión por el impacto de algún componente interno o externo del extintor	2	4	8	A	-	-	Realizar mantenimiento y revisión periódica de las mangueras, manómetros y cilindro antes de presurizar los extintores. En caso que esté deteriorado o signos de corrosión por el óxido evitar presurizarlo.	Capacitar al personal sobre los peligros y riesgos presentes en dicha actividad y evitar accidentes	Lentes y/o carseas de seguridad, casco, guantes, botas	2	3	6	A

Fuente: Elaboración propia.

### ANEXO 9. Cronograma de ejecución del trabajo de investigación.

ACTIVIDADES	INICIO (DICIEMBRE 2021)	SEM 1 SEM 2	SEM 3 SEM 4	SEM 5 SEM 6	SEM 7 SEM 8	SEM 9 SEM 10	APLICACIÓN (MARZO 2022)	SEM 11 SEM 12	SEM 13 SEM 14	SEM 15 SEM 16	SEM 17 SEM 18	SEM 19 SEM 20	FIN (JUNIO 2022)
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DEFINICIÓN DEL TEMA	█												
ELABORACIÓN Y REVISIÓN DEL PTI	█	█											
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	█	█											
DESIGNACIÓN DEL ASESOR	█	█											
PRESENTACIÓN Y APROBACIÓN DEL PTI		█											
PRE-TEST			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
PROCESAMIENTO DE DATOS			█	█	█	█	█						
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS						█	█	█	█	█	█	█	█
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA DEFINIR MEDIR ANALIZAR MEJORAR CONTROLAR							█	█	█	█	█	█	█
POST-TEST								█	█	█	█	█	█
CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS												█	█
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES												█	█
ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL									█	█	█	█	█
REVISIÓN Y AJUSTES FINALES DEL INFORME DE TESIS													█
PRESENTACIÓN Y SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL													█

Fuente: Elaboración propia.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, QUISPE RIVERA TEOTISTA ADELINA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE RECARGA EN LA EMPRESA COINS, AREQUIPA 2022", cuyo autor es RUIZ VELASQUEZ WEN ROBERTO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 27 de Junio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
QUISPE RIVERA TEOTISTA ADELINA <b>DNI:</b> 02773303 <b>ORCID</b> 0000-0002-3371-1488	Firmado digitalmente por: TAQUISPE el 25-08-2022 14:18:31

Código documento Trilce: TRI - 0312397