

# Aplicación de las herramientas de gestión de calidad para reducir los costos operativos en la producción de plataformas semirremolque de la empresa NASSI S.A.C. Trujillo, 2021

Application of quality management tools to reduce operating costs in the production of semi-trailer platforms in NASSI S.A.C. company Trujillo, 2021

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería<sup>1</sup>, Anny Stefany Reyes-Hanco, estudiante Ingeniería Industrial<sup>1</sup>, Martha Azucena Salazar-Bacón, estudiante Ingeniería Industrial<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, n00132101@upn.pe, n00140824@upn.pe, miguel.rodriguez@upn.edu.pe

*Abstract– The purpose of this research is to present a proposal for the implementation of improvement in Production Management, to reduce operating costs, on the profitability of the company NASSI S.A.C. Trujillo, 2021. A quantitative-correlational investigation was carried out. The study determined the use of quality tools: QFD- Quality House, AMFE Matrix, DMAIC Six Sigma, Lean Manufacturing and Training. Likewise, the research used an Ishikawa Map to model the current situation of the company, being concrete in its 5 root causes such as inadequate maintenance, lack of training for personnel in production processes, lack of a tidiness and cleaning program, non-standardized times in the manufacture of the matrix structure and does not provide a production schedule. The Pareto diagram for the initial diagnosis in the production areas was prioritized 2 of 5 root causes due to a lack of production scheduling with 38.4% and inadequate maintenance recurring 33.4% of operating costs, which are, delivery of untimely products, obsolete and disused machines, however, all problems were solved through the implementation of the improvement proposal. In the results, a comparison of the current losses of S / 83,849.64 nuevos soles to a S / 19,991.84 nuevos soles of improved losses was estimated, and thus a profit was obtained for the company S / 63,857.81 nuevos soles. The economic and financial evaluation determined a NPV of S / 50,233.26 nuevos soles, an IRR of 58.99% and a benefit / cost value B / C of S / 1.20 nuevos soles, meaning that the proposal is viable and provides profitability to the company.*

*Keywords: Quality tools, reduce costs, production.*

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.250>

**ISBN:** 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

# Aplicación de las herramientas de gestión de calidad para reducir los costos operativos en la producción de plataformas semirremolque de la empresa NASSI S.A.C. Trujillo, 2021

Application of quality management tools to reduce operating costs in the production of semi-trailer platforms in NASSI S.A.C. company Trujillo, 2021

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería<sup>1</sup>, Anny Stefany Reyes-Hanco, estudiante Ingeniería Industrial<sup>1</sup>, Martha Azucena Salazar-Bacón, estudiante Ingeniería Industrial<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, n00132101@upn.pe, n00140824@upn.pe, miguel.rodriguez@upn.edu.pe

**Resumen**– La presente investigación tiene como propósito presentar una propuesta de implementación de mejora en Gestión de Producción, para la reducción de costos operativos, sobre la rentabilidad de la empresa NASSI S.A.C. Trujillo, 2021. Se realizó una investigación del tipo cuantitativa-correlacional. El estudio determinó el uso de las herramientas de calidad: QFD- Casita de Calidad, Matriz AMFE, DMAIC Six Sigma, Lean Manufacturing y Capacitación. Asimismo, la investigación utilizó un Mapa Ishikawa para modelar la situación actual de la empresa siendo concretos en sus 5 causas raíces como un inadecuado mantenimiento, falta de capacitación al personal en procesos productivos, inexistencia de un programa de orden y limpieza, tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura matriz y no aporta una programación de producción. El diagrama de Pareto para el diagnóstico inicial en las áreas de producción se priorizó 2 de 5 causas raíz debido a una inexistencia de programación de producción con un 38.4% y un inadecuado mantenimiento recurriendo 33.4% de los costos operativos, las cuales son, entrega de productos a destiempo, máquinas obsoletas y en desusos, sin embargo, se dio solución a todas las problemáticas a través de la implementación de la propuesta de mejora. En los resultados se estimó una comparación de las pérdidas actuales de S/83,849.64 nuevos soles a un S/19,991.84 nuevos soles de pérdidas mejoradas, y así se obtuvo un beneficio para la empresa S/63,857.81 nuevos soles. La evaluación económica y financiera determinó un VAN de S/50,233.26 nuevos soles, un TIR de 58.99% y un valor beneficio/costo B/C de S/. 1.20 nuevos soles, significando que la propuesta es viable y brinda rentabilidad a la empresa.

**Palabras clave:** Herramientas de calidad, reducir costos, producción.

**Abstract**– The purpose of this research is to present a proposal for the implementation of improvement in Production Management, to reduce operating costs, on the profitability of the company NASSI S.A.C. Trujillo, 2021. A quantitative-correlational investigation was carried out. The study determined the use of quality tools: QFD- Quality House, AMFE Matrix, DMAIC Six Sigma, Lean Manufacturing and Training. Likewise, the research used an Ishikawa Map to model the current situation of the company, being concrete in its 5 root causes such as inadequate maintenance, lack of training for personnel in production processes, lack of tidiness and cleaning program, non-standardized times in the manufacture

of the matrix structure and does not provide a production schedule. The Pareto diagram for the initial diagnosis in the production areas was prioritized 2 of 5 root causes due to a lack of production scheduling with 38.4% and inadequate maintenance recurring 33.4% of operating costs, which are, delivery of untimely products, obsolete and disused machines, however, all problems were solved through the implementation of the improvement proposal. In the results, a comparison of the current losses of S / 83,849.64 nuevos soles to a S / 19,991.84 nuevos soles of improved losses was estimated, and thus a profit was obtained for the company S / 63,857.81 nuevos soles. The economic and financial evaluation determined a NPV of S / 50,233.26 nuevos soles, an IRR of 58.99% and a benefit / cost value B / C of S / . 1.20 nuevos soles, meaning that the proposal is viable and provides profitability to the company.

**Keywords:** Quality tools, reduce costs, production.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria metalmecánica presenta muy buenas perspectivas económicas por ser un eje de desarrollo económico debido a su rol en la economía y mercado laboral y comercial en la sierra y en el centro del país [5][16]. Las carrocerías metálicas son elementos importantes asociados a diversas actividades económicas y tienen como parte de sus procesos al transporte [19].

En Trujillo, el sector de metalmecánica está asociado a la actividad agraria, agroindustrial y transporte; sirviendo de soporte en la fabricación y mantenimiento de piezas y partes, carrocerías y carretas. Dentro de esta industria se estima un total de 535 pequeñas y medianas empresas en los rubros de: "fabricantes de metales comunes", "fabricantes de maquinarias y equipos", "fabricantes de vehículos y remolques" y "fabricantes de otros equipos de transporte"; los cuales han sido fuertemente afectadas por la crisis que sufre el sector industrial. En el distrito de Trujillo se localizan el 60% de micro, pequeñas y medianas empresas de este rubro y en el distrito de La Esperanza el 17%, entre los cuales destacamos la presencia de la empresa L & S NASSI S.A.C. [15] [19]. Sin embargo, como muchas empresas del sector se evidencia falta de gestión en sus actividades que ocasionan elevados costos operativos en la fabricación de sus productos. Es así que la empresa NASSI señala una monetización de pérdidas valorizadas en S/83

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).  
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).  
DO NOT REMOVE

849.64 nuevos soles debido a cinco principales causas. En primer lugar, existe un inadecuado mantenimiento de las maquinarias en la empresa por lo que se evidencian máquinas obsoletas o en desuso. Además, la falta de capacitación al personal en los procesos productivos ocasiona la presencia de tiempos muertos y/o demoras en las estaciones de trabajo de la empresa y la causa más frecuente en la empresa, pero con bajos costos es la inexistencia de un programa de orden y limpieza que representa un 6% del total de pérdidas monetarias en la empresa NASSI. Otra de las causas raíces que ocasionan altos costos son los tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura matriz. Finalmente, no existe una programación de producción en la empresa; es prueba de ello los días de retraso que varían entre 3 y 4 en la entrega del producto final a sus clientes.

Estos problemas evidencian la falta de calidad del producto y la empresa cuyas características no cumple con los requisitos [17] y como dice Kaoru Ishikawa (1988) el producto debe ser el más económico, el más útil y resultar siempre satisfactorio para el consumidor final. Al referirse a la economía es relativo a los costos de la calidad [7] que no existirían si todas las actividades que son necesarias, se hicieran siempre bien a la primera vez (Crosby). Por ello, es importante que la empresa tenga un buen Sistema de Gestión de Calidad ya que es una herramienta que le permite a cualquier organización planear, ejecutar y controlar las actividades necesarias para la prestación de servicios con altos estándares de calidad, los cuales son medidos a través de los indicadores de satisfacción de los usuarios y metas establecidas en cuanto a rentabilidad [22].

En búsqueda de un enfoque renovado en la mejora de procesos cuyo sustento está centrado en la metodología Six Sigma para la eliminación de los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente [14] se determina la existencia de Siete herramientas del QC [18] muy sencillas para dar solución a los problemas para la mejora de la calidad. Entre ellas, los diagramas de flujo, las gráficas dinámicas y de control, las hojas de verificación, los histogramas, el diagrama de Pareto, el diagrama Ishikawa y el diagrama de dispersión [7]; las cuales tienen una estrecha relación con el SPC que es una herramienta de mejora de la Calidad basada en la recopilación y análisis estadístico de la información que producen gráficos de control por variables y atributos y estudios de capacidad [21] y la estadística descriptiva que la información proporcionada la transmite mediante una variedad de herramientas gráficas [9]. También cabe señalar que el empleo de la herramienta Minitab es soporte para el análisis de datos y mejora de productos y servicios para implementar proyectos de control de calidad y Six Sigma [1].

Entre las principales herramientas para dar solución al problema de calidad está la QFD o también llamada Casita de Calidad cuyo enfoque traduce la voz cliente a términos técnicos y de operación en la planta productiva [10] y puede mejorar el procedimiento de operación. Esta es un grupo de matrices que organizan el conocimiento de una empresa respecto a las exigencias de los clientes y características del producto [6] [12]. El análisis de modo y efecto de falla llamado como Matriz AMFE tiene la finalidad de incorporar, desde un inicio, todos los componentes y funciones del producto que garanticen su fiabilidad, seguridad y cumplimiento de los parámetros de las

funciones que los clientes exijan del nuevo producto [13] y su procedimiento disciplinado consiste en identificar las formas en que un producto o proceso puede fallar, y planear la prevención de tales fallas [18]. La herramienta Six Sigma es una metodología de mejora de procesos cuyo fin es lograr cumplir los requisitos del cliente [14] y la aplicación de herramientas Lean Manufacturing ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada [7]. Promueve y proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Se basa en la eliminación planeada de todo tipo de desperdicio, mejora continua y una mejora consistente de la Productividad y la Calidad [18].

En el año 2016, el ingeniero encargado propuso un Sistema de Gestión Logística para la reducción de costos de fabricación en la empresa NASSI S.A.C. [19]. Por otro lado, Del Águila y Villena en el mismo año asintieron que las herramientas de Perfil de Puesto, Análisis de desempeño, Plan de capacitación, Mantenimiento preventivo y predictivo, Estudio de Tiempos, 5S's, Gestión de Compras y auditorías internas al aplicarlas en las áreas de Producción y Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa CONSERMET S.A.C., logran reducir los costos operacionales [8].

[3] Anticona Valencia en el año 2019, diagnosticó que la empresa BONA LOGISTIC E.I.R.L presentaba causas raíces muy similares a las encontradas en la presente investigación, tales como la no existencia de un plan de mantenimiento, la no estandarización de procesos y la falta de planificación de la producción, dando como propuesta de solución la aplicación del MRP, RCM, Distribución de planta y DOP/DAP/Estudio de tiempos teniendo como resultados un incremento del 5% en la productividad de la empresa, aumento de la disponibilidad de la maquinaria y logrando beneficios económicos.

Otro tipo de oportunidades de mejora planteadas para mejorar la calidad y reducir los costos operativos de la línea de producción de semirremolques es el desarrollo de las herramientas: MRP, Estandarización de procesos, distribución de planta, plan de concientización, gráficas de control, evaluación por indicadores y plan de mantenimiento preventivo para la empresa FAMECA S.A.C. en el año 2020, desarrollado por Castillo Esteves, obteniendo como resultados la reducción de los costos operativos en un 69% y un beneficio de \$1,586,154 [5]. De igual manera, Aliaga Moreno & Anticona Valencia (2020) desarrollaron una propuesta de mejora con el uso de metodologías al MRP, RCM, DAP y Estudio de tiempos. Estas permitirían optimizar el proceso productivo y garantizar que las fabricaciones sean a tiempo y costo justo, evitando las pérdidas monetarias innecesarias [2].

León Díaz [15] en el año 2020, señala que uno de los principales problemas que tiene la empresa NASSI S.A.C. es el incumplimiento de la programación, esto genera insatisfacción en sus clientes. Los principales factores de esta causa es el desorden y el excesivo tiempo ocioso por el cuello de botella que se genera en las etapas de fabricación. Para dar solución a esta situación ejecutó la aplicación del Balanceo de líneas incrementando así la productividad en el área de fabricación de semirremolques modelo plataforma de un 55% a 60%; se da la

reducción de tiempos muertos y actividades, lo que incrementa la eficiencia y eficacia en el área de fabricación. Del mismo modo, en el año 2021, con la finalidad de mejorar la productividad, se implementó la capacitación de personal y su cronograma de capacitación, como la adquisición de softwares y el uso del Ciclo Deming que es un método altamente efectivo aplicable en sistemas de gestión de calidad y mejora continua, obteniendo resultados de mejora en el rendimiento y productividad de la empresa [16].

Finalmente, ya expuestos los problemas principales en la producción que son claras evidencias de una falta de gestión de calidad en la empresa NASSI S.A.C; se desarrollará el presente trabajo de investigación y se enfatizará en el producto plataforma semirremolque de 13.5 metros. El principal objetivo es determinar en qué medida la aplicación de las herramientas de gestión de calidad reduce los costos operativos en la producción de plataformas semirremolque en la empresa NASSI S.A.C.

## II. METODOLOGÍA

Se emplea una metodología con enfoque cuantitativa, del tipo diagnóstica y propositiva basada en la ciencia formal y exacta. Está orientada a la aplicación de herramientas de gestión de calidad para mejorar la producción de plataformas semirremolque de la empresa NASSI S.A.C. en la ciudad de Trujillo.

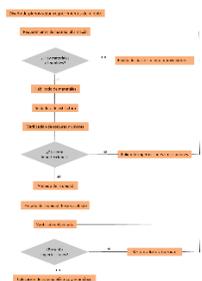


Fig. 1 Diagrama de Flujo del Proceso

Nota. En la presente figura se muestra el Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de la plataforma semirremolque de 13.5 m.

Asimismo, los materiales empleados para el desarrollo de la presente investigación constan de una Laptop HP Corei5 y el programa Microsoft Office Excel donde se procesarán los datos respectivos. La información obtenida tiene base en tesis físicas y virtuales, artículos web, libros para así tener un análisis de contenidos y registros de controles de producción con dispositivos electrónicos. En adelante, la información recolectada será aplicada y mejorada tras el empleo de herramientas de calidad para realizar un análisis e interpretación correspondiente. Por tanto, en la Tabla I se define el procedimiento a realizar para el desarrollo de la investigación:

TABLA I  
METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Etapa	Técnica	Descripción
Diagnóstico	Ishikawa	Se identificó las principales causas de los costos operativos en el proceso.
	Diagrama de Pareto	Se priorizó las causas que sucede con mayor frecuencia y así definir cuál plan de acción es primordial para atacar sus pérdidas.
Solución propuesta	QFD	Se determinó los principales requerimientos de los clientes y sus requerimientos técnicos. Permite evaluar cómo la empresa se encuentra actualmente frente a la competencia por medio de la evaluación de los clientes y el grado de importancia de cada factor.

	AMFE	Se identificó las fallas del proceso productivo, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.
	DMAIC SIX SIGMA	Se dio solución a los problemas basado en la toma de decisiones usando técnicas y herramientas estadísticas para detectar y eliminar las causas de la variación en los procesos.
Evaluación Económica	Flujo de caja proyectado	Se realizó un flujo de caja proyectado para un periodo de 10 años y para poder visualizar el Flujo Neto Efectivo.
	VAN	Se calcula el Valor Neto Actual para tener conocimiento de cuánto se va a ganar o perder con la inversión realizada.
	TIR	Se determina la Tasa Interna de Retorno en la cual se evalúa si el proyecto desarrollado es rentable.

Se inició con un diagnóstico situacional de la empresa. La empresa cuenta con máquinas obsoletas y desusos por un inadecuado mantenimiento, existe una presencia de tiempos muertos por falta de capacitación al personal en procesos productivos, no existe un programa de orden y limpieza ocasionando una mala clasificación de residuos y pérdidas de herramientas, cabe resaltar que cuenta con tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura de la matriz y los clientes se encuentran insatisfechos por entrega de productos a destiempo porque no existe una programación de producción.

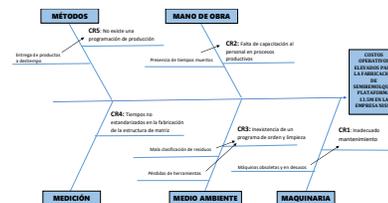


Fig. 2 Diagrama de Ishikawa

Nota. En la presente figura se muestra el Diagrama de Causa y Efecto de las dificultades que atraviesa la empresa y están generando problemas de calidad.

A partir de ello, se realizó la monetización de pérdidas por cada causa raíz (Ver Tabla II). En primer lugar, existe un inadecuado mantenimiento (CR1) por lo que la evaluación se da a partir del número de fallos que se dan en los equipos en el transcurso del año lo que suscita costos en la mano de obra interna que maneja estos equipos, costos en la mano de obra externa debido al mantenimiento que se debe realizar y las reparaciones y costos en pérdidas de la producción de la plataforma sumando un total de S/.27,974.82 nuevos soles por falta de gestión de mantenimiento en las maquinarias.

La falta de capacitación al personal en los procesos productivos (CR2) ocasiona la presencia de tiempos muertos y/o demoras en las estaciones de trabajo de la empresa y se explica en el monto de S/. 7,167.79 nuevos soles. La inexistencia de un programa de orden y limpieza (CR3) generan un costo de S/.4 719.00 nuevos soles los cuales se presentan por una mala clasificación de residuos (de los cuales, en el caso del metal, puede ser vendido y tener ganancias, pero son desaprovechados y desechados) y las pérdidas de las herramientas de trabajo.

El caso de la no estandarización de tiempos en la fabricación de la estructura (CR4) se evidencia en los tiempos excedentes por cada operación monetizándose en base al costo de hora-hombre de los operarios involucrados en cada actividad, obteniendo un costo total de S/.11 813.03 nuevos soles por la producción de 60 plataformas semirremolque anuales. Y, por último, las entregas a destiempo genera una multa entre la empresa y sus clientes, la cual oscila entre los \$250.00 - \$450.00 dólares/día ocasionando altas pérdidas monetarias valuadas en S/.32 175.00 nuevos soles anuales debido a que no existe una programación de la producción (CR5).

TABLA II  
MONETIZACIÓN DE PÉRDIDAS

CR	Descripción	Indicador	Pérdidas actuales (S./AÑO)
CR5	No existe una programación de producción	Nº de días de retraso en la entrega	S/.32,175.00
CR1	Inadecuado mantenimiento	Nº de fallas/mes	S/.27,974.82
CR4	Tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura matriz	Nº de horas excedentes/actividad	S/.11,813.03
CR2	Falta de capacitación al personal en procesos productivos	Nº de horas de demora/proceso	S/.7,167.79
CR3	Inexistencia de un programa de orden y limpieza	Nº de herramientas perdidas y Kilogramos de residuos	S/.4,719.00
<b>Total</b>			<b>S/.83,849.64</b>

Para evaluar la baja rentabilidad se analizó las causas de las principales pérdidas económicas. Así los datos fueron evaluados, analizados y diagramados a través de la aplicación de estadística descriptiva, histogramas, determinación de la curva de distribución, cálculo del índice de capacidad de los procesos y el SPC (Control Estadístico de Procesos) para medir los gráficos de control por variables y atributos y estudios de capacidad [21]. Dicha información fue procesada en Microsoft Excel y aplicada en Minitab estableciendo que el índice estadístico de capacidad de proceso ( $C_p$ ) es menor a 1 por lo que el proceso no es capaz de hacer cumplir las especificaciones técnicas y a la vez indica que algunos datos están por fuera del límite, es decir, el proceso está produciendo artículos fuera de las especificaciones; esta situación es la misma y ocurre en cada análisis de cada causa raíz (Ver Tabla III). Asimismo, se determinó que la empresa se encuentra bajo control estadístico.

TABLA III  
ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO

CR	Descripción	$C_p$	$C_{pk}$
CR5	No existe una programación de producción	0.3	-1.62
CR1	Inadecuado mantenimiento	0.42	0.38
CR4	Tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura matriz	0.41	0.17
CR2	Falta de capacitación al personal en procesos productivos	0.37	0.28
CR3	Inexistencia de un programa de orden y limpieza	0.54	0.73

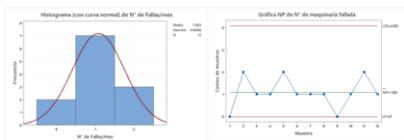


Fig. 3 Histograma y Gráfica de Control NP (CR1, atributo)

Nota. En la presente figura se muestra que el número de maquinaria fallada muestreada mensualmente en la empresa metal mecánica NASSI se encuentra bajo control estadístico.

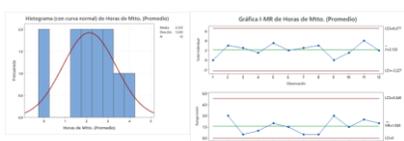


Fig. 4 Histograma y Gráfica de Control I-MR (CR1, variable)

Nota. En la presente figura se muestra que la empresa metal mecánica NASSI, en cuanto a la característica de horas de Mantenimiento Correctivo se encuentra bajo control estadístico de acuerdo a la centralidad y variabilidad.

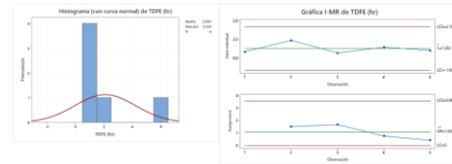


Fig. 5 Histograma y Gráfica de Control I-MR (CR2, variable)

Nota. En la presente figura se muestra que la empresa metal mecánica NASSI, en cuanto a la característica de horas de Demoras por estación de elaboración para 1 plataforma se encuentra bajo control estadístico de acuerdo a la centralidad y variabilidad.

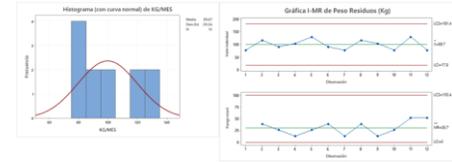


Fig. 6 Histograma y Gráfica de Control I-MR (CR3, variable)

Nota. En la presente figura se muestra que la empresa metal mecánica NASSI, en cuanto al análisis de la variable de Peso de Residuos en Kilogramos mensuales generados se encuentra bajo control estadístico de acuerdo a la centralidad y variabilidad.

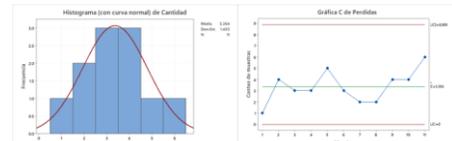


Fig. 7 Histograma y Gráfica de Control C (CR3, atributo)

Nota. En la presente figura se muestra que el número de herramientas perdidas por cada tipo en la empresa metal mecánica NASSI se encuentra bajo control estadístico.

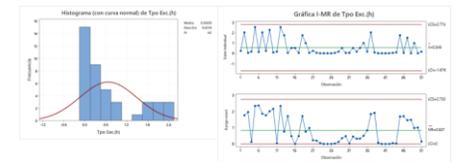


Fig. 8 Histograma y Gráfica de Control I-MR (CR4, variable)

Nota. En la presente figura se muestra que la empresa metal mecánica NASSI, en cuanto a la característica de horas de Tiempo Excedente por cada actividad para la elaboración de 1 plataforma se encuentra bajo control estadístico de acuerdo a la centralidad y variabilidad.

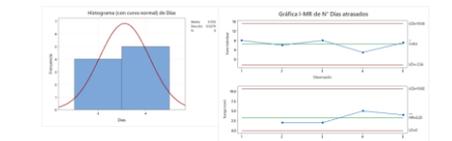


Fig. 9 Histograma y Gráfica de Control I-MR (CR5, variable)

Nota. En la presente figura se muestra que la empresa metal mecánica NASSI, en cuanto a la característica números de días de atraso en las entregas del producto a sus respectivos clientes se encuentra bajo control estadístico de acuerdo a la centralidad y variabilidad.

La solución propuesta es principalmente la aplicación de tres herramientas claves para la mejora de calidad, entre ellas: Despliegue de la Función de Calidad (QFD), el Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE) y DMAIC Six Sigma. A la vez, se implementó el uso de herramientas Lean Manufacturing entre las cuales se tiene a: 5S, Poka Yoke, SMED, TPM; y las

Capacitaciones laborales que son importantes para la involucración del personal en todo el proceso con la empresa.

La Casita de Calidad (QFD) tiene se basa en dos pilares fundamentales: el requerimiento del cliente y los requerimientos técnicos.

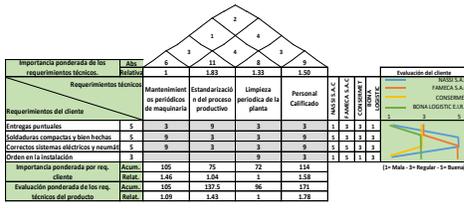


Fig. 10 QFD – Casita de Calidad

Nota. En la presente figura se analiza que los clientes de la empresa NASSI S.A.C. valoran que las plataformas vendidas tengan soldaduras compactas y bien hechas y que tengan correctos sistemas eléctricos y neumáticos, para esto es necesario que se tenga personal calificado y se logre una estandarización del proceso productivo.

La propuesta del desarrollo de la matriz AMFE pretende estudiar las fallas que ocurren en el proceso productivo de fabricación de plataformas semirremolques.

Función o Componente del Servicio	Modo de fallo	Efecto	Causa	Método de detección	Nivel de prioridad de riesgo	NPR inicial	Acciones resumidas.	Responsable	Acción tomada	Nivel de prioridad de riesgo	NPR final		
Producción de Plataforma Semirremolque de 13.5 en	Para y/o avería de Máquinas	Productos defectivos.	Mantenimiento inadecuado. Horas de operación de producción. Entregas impuntuales.	Control de paros de la máquina.	5	1	72	Realizar mantenimiento periódico a las máquinas.	TPM - Mantenimiento Productivo Total	6	3	34	
	Soldadura y sistema de fallas	Unidades defectivas.	Falta de capacitación al personal en las soldaduras.	Control de calidad de las soldaduras.	7	3	63	Identificar al personal operario capacitado y realizar inspecciones periódicas.	Operario	Capacitación laboral	6	2	32
	Pérdidas e ineficiencias materiales y herramientas	Retraso de trabajo.	Falta de limpieza y desorden.	Control de inventario por días y por materiales.	3	1	40	Desarrollar un sistema de registro de inventario de limpieza y orden.	Operario	Polka Yoko	3	3	14
	Desorden y falta de limpieza	Retrasos. Demoras. Inconformidad de los programas de orden y limpieza.	Mala distribución de materiales. Inconformidad de los programas de orden y limpieza.	Control de materiales (MDE) y herramientas perdidas.	3	10	30	Desarrollar un sistema de registro de inventario de limpieza y orden.	Operario y Operario	SS	3	5	11
	Entregas impuntuales	Cuentas insubstanciales. Multas.	Falta de implementación de tiempos. Capacidad de producción del personal.	Tiempos adecuados por operación. Control de producción.	8	4	128	Aplicar la implementación de tiempos de operación.	Operario	SMED	5	3	50

Fig. 11 Matriz AMFE – NASSI S.A.C.

Nota. En la presente figura se evidencia el modo de fallo, los efectos y las causas de las fallas que ocurren en la fabricación de las plataformas semirremolques, así como el nivel de gravedad, ocurrencia y detección del fallo obteniendo un NPR inicial que representa un número de prioridad de riesgo antes de una implementación o mejora y un NPR final tras la implementación.

Por lo que se observa en la Figura 11, la falla con mayor número de prioridad de riesgo son las entregas impuntuales que representan también los mayores costos para la empresa esto debido a las múltiples multas que tienen con sus clientes por la cantidad de días de retraso en la entrega del producto, en este caso, de la plataforma semirremolque. Inicialmente cuenta con un NPR inicial de 128, sin embargo, tras las acciones y mejoras aplicadas, se observa un progreso en la solución de este problema medido en un NPR final de 50. Asimismo, cabe señalar que la aplicación de estas propuestas de mejora trae consigo una reducción de los índices de nivel de riesgo para la empresa en todos los fallos encontrados siendo una clara evidencia de progreso y disminución de costos y tiempos para la empresa.

La estrategia DMAIC Six Sigma basada en la mejora continua para la calidad del producto y del proceso busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de la fabricación dentro de la empresa, enfocándose en los aspectos que son críticos para el cliente. Su metodología se desarrolló en Minitab con hechos y datos 20<sup>th</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions", Hybrid Event, Boca Raton, Florida- USA, July 18 - 22, 2022.

estadísticos para detectar y eliminar las causas de la variación en los procesos.

TABLA IV  
DMAIC CR1- N° de Fallas/mes

MEJORAR/OPTIMIZAR	
Se propone la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el cual se hará uso balanceado del Mantenimiento Predictivo y Preventivo incrementando la vida de los equipos y mejorando su mantenibilidad. También se propone realizar una capacitación laboral cuyo tema será la operatividad de las máquinas y su mantenimiento involucrando a los trabajadores llamado también Mantenimiento autónomo. Esto reducirá la tendencia a fallas de las máquinas ya que estarán en constante inspección en colaboración de los operarios de estas.	

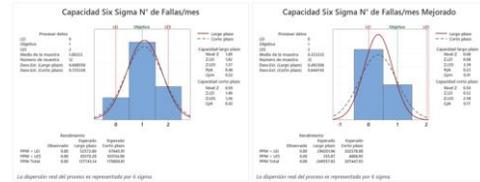


Fig. 12 Gráfica Six Sigma N° de Fallas/mes (CR1)

Nota. En la presente figura se muestra la comparativa de la curva Six Sigma antes y después de la implementación y su efecto en la causa raíz problema 1.

TABLA V  
DMAIC CR1- Horas de Mantenimiento

MEJORAR/OPTIMIZAR	
Se propone la implementación del TPM en el cual se involucra el empleo del Mantenimiento Predictivo y Preventivo. Realizar de manera periódica este tipo de mantenimiento a las máquinas reducirá la frecuencia de fallas inesperadas que ocasionan pérdida de tiempo en realizar Mantenimientos Correctivos cuando la máquina está parada e involucra más gastos por repuestos y reparaciones.	

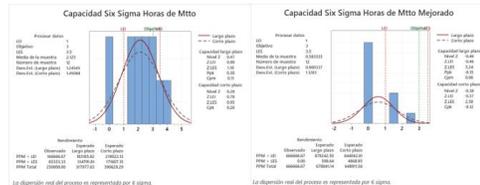


Fig. 13 Gráfica Six Sigma Horas de Mantenimiento (CR1)

Nota. En la presente figura se muestra la comparativa de la curva Six Sigma antes y después de la implementación y su efecto en la causa raíz problema 1.

TABLA VI  
DMAIC CR2 – Tiempo Demoras por falta de entrenamiento

MEJORAR/OPTIMIZAR	
Se propone la Capacitación del operario en relación a todos y cada uno de los procesos que deben realizarse adecuadamente con el fin de satisfacer al cliente y brindar un producto de calidad. Después de cada operación realizada debe hacerse inspecciones y verificar que el producto esté en las óptimas condiciones. Capacitar al personal reducirá los tiempos que pueden presentar los trabajadores por dudas en la operación a realizar o el cometer errores.	

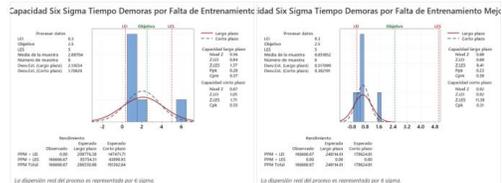


Fig. 14 Gráfica Six Sigma Tiempo Demoras por falta de entrenamiento (CR2)

Nota. En la presente figura se muestra la comparativa de la curva Six Sigma antes y después de la implementación y su efecto en la causa raíz problema 2.

TABLA VII  
DMAIC CR3 – Mala clasificación de residuos

MEJORAR/OPTIMIZAR	
Se propone la aplicación de la metodología Poka Yoke ya que ayuda a reducir el error de mezclar los residuos a través de la utilización de un Poka Yoke de agrupamiento por colores a aquellos residuos que pueden ser vendidos (como los fierros) y aquellos que deben ser organizados y eliminados. Además de la implementación de las 5S que implica tener una clasificación en la cual haya lo necesario, haya orden, limpieza, vele el bienestar del trabajador, se cumpla con los reglamentos y se aplique diariamente. Esto se conseguirá con participación activa de los trabajadores lo que ayudará una mejora en sus zona de trabajo y toda la instalación.	

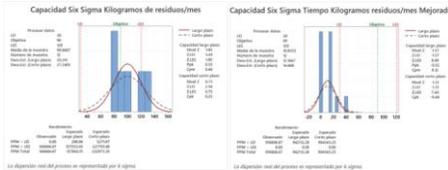


Fig. 15 Gráfica Six Sigma Mala clasificación de residuos (CR3)

Nota. En la presente figura se muestra la comparativa de la curva Six Sigma antes y después de la implementación y su efecto en la causa raíz problema 3.

TABLA VIII  
DMAIC CR3 – Pérdidas y necesidad de herramientas

MEJORAR/OPTIMIZAR
Se propone la aplicación de la metodología Poka Yoke y 5S. La primera se utilizará de tipo agrupamiento de las herramientas según la operación en la cual intervienen, esto también ayudará en una correcta secuencia de los procesos de producción. Y la segunda, se basa en mantener un orden (las herramientas tengan un sitio indicado), limpieza (el área de trabajo esté limpia), estandarización (que cada objeto esté con su lugar marcado), clasificación (hayen las herramientas necesarias y que se requieran) y la disciplina en fin de mantener una constante mejora.

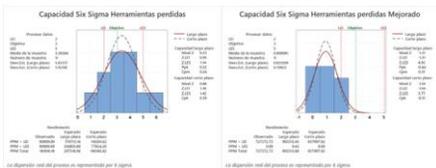


Fig. 16 Gráfica Six Sigma Pérdidas y necesidad de herramientas (CR3)

Nota. En la presente figura se muestra la comparativa de la curva Six Sigma antes y después de la implementación y su efecto en la causa raíz problema 3.

TABLA IX  
DMAIC CR4 – Tiempos Excedentes

MEJORAR/OPTIMIZAR
Se propone la estandarización de los tiempos de operación y la aplicación de la metodología SMED que implica la reducción de tiempos.

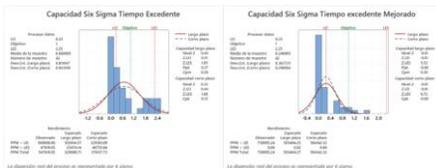


Fig. 17 Gráfica Six Sigma Tiempos Excedentes (CR4)

Nota. En la presente figura se muestra la comparativa de la curva Six Sigma antes y después de la implementación y su efecto en la causa raíz problema 4.

TABLA X  
DMAIC CR5 – Días atrasados

MEJORAR/OPTIMIZAR
Se propone la estandarización de los tiempos de operación y la aplicación de la metodología SMED que implica la reducción de tiempos. También influye la capacitación del personal en cuanto a los procesos y que las maquinarias se encuentren en óptimas condiciones ya que un paro de una máquina puede ocasionar un retraso de día de producción. Una vez optimizado, los productos estarán elaborados en sus respectivos tiempos y la empresa no incurrirá en las multas que son las que le ocasionan pérdidas.

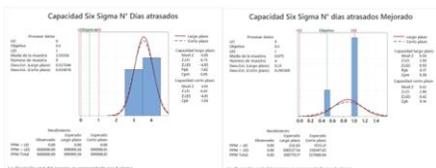


Fig. 18 Gráfica Six Sigma Días atrasados (CR5)

Nota. En la presente figura se muestra la comparativa de la curva Six Sigma antes y después de la implementación y su efecto en la causa raíz problema 5.

Para poder implementar las mejoras de cada Causa Raíz, se elaboró un presupuesto, tomando en cuenta todas las herramientas, materiales de oficina y apoyo del personal para que todo funcione correctamente. En las tablas siguientes se detalla el costo de inversión para reducir las causas raíces.

TABLA XI

Contratación	CANT	Remuneración (S./MES)
Practicante de Ingeniería Industrial	1	930.00
<b>TOTAL (S./MES)</b>		<b>930.00</b>
<b>TOTAL (S./AÑO)</b>		<b>11,160.00</b>

TABLA XII

Compra	CANT	Costo (S./)	Vida Útil (AÑOS)	Depreciación (S./)
Laptop HP: Intel Core i5, 4GB Ram	1	2,400.00	4	50.00
Multifuncional HP: Scanner, Fotocopiadora e impresora	1	450.00	4	9.38
Escritorio de melamine 1.00x0.50m, con cajones	1	200.00	8	2.08
Silla de escritorio con ruedas/ Negro	1	100.00	8	1.04
<b>COMPRA TOTAL (S/)</b>		<b>3,150.00</b>	<b>TOTAL (MES)</b>	<b>62.50</b>
			<b>TOTAL (AÑO)</b>	<b>750.00</b>

TABLA XIII

Reinversión (4 AÑOS)	2,850.00
Reinversión (8 AÑOS)	300.00

Se realizó la misma inversión para las tres primeras herramientas. Sin embargo, para la aplicación de las Herramientas Lean que se encuentran como propuestas de optimización y acciones de mejora tanto en DMAIC como en AMFE, la inversión es distinta en relación a los materiales y equipo, pero también se realiza contratación de un ingeniero que guíe la propuesta (Ver Figura 19 y Tabla XIV).

Compra	CANT (MES)	CANT (AÑO)	Costo Unit (S./)	Costo Total (S./)	Vida Útil (AÑOS)	Depreciación (S./)
Estantes Metálicos de 50x100x192 cm / 4 niveles	2	1	150.00	150.00	8	1.88
Trípode de balde	2	2	12.00	24.00	4	0.50
Escobas con greses	2	2	10.00	20.00	4	0.42
Pinceles	2	2	5.00	10.00	4	0.21
Pint x 900 ml	3	36	4.20	151.20		
Papel Limpador x 250 ml	5	60	4.50	270.00		
Baldos para Bañeros color negro	50	600	0.20	120.00		
Papel Higiénico Jumbo x 500 MT (Roll)	5	60	6.00	360.00		
Cartulinas de colores	5	5	0.50	2.50		
Sticker para identificación (Roll)	2	2	6.00	12.00		
<b>TOTAL (S/)</b>				<b>1,194.70</b>		

Fig. 19 Tabla de Inversión para las Herramientas Lean Manufacturing

Nota. En la presente imagen se muestra la tabla de costos de los materiales y equipo a emplearse para aplicar las herramientas Lean. La vida útil de los equipos y los costos de depreciación y reinversión.

TABLA XIV

Contratación	CANT	Remuneración (S./MES)
Practicante de Ingeniería Industrial	1	930.00
<b>TOTAL (S./MES)</b>		<b>930.00</b>
<b>TOTAL (S./AÑO)</b>		<b>11,160.00</b>

Finalmente, se desarrollaron también capacitaciones como herramientas para dar solución a los problemas como la falta de entrenamiento en los procesos, la falta de orden y conocimientos de mejora; por ello, se busca concientizar al operario y formarlo como participe directo y activo para y con la empresa.

TABLA XV  
INVERSIÓN CAPACITACIONES

Capacitaciones	TOTAL (S./)
Mantenimiento autónomo	2,500.00
Proceso productivo de plataforma semirremolque	2,500.00
Aplicación de herramientas Lean Manufacturing	3,000.00
<b>TOTAL DE COSTO DE CAPACITACIÓN (S./)</b>	<b>8,000.00</b>

Por tanto, todo esto se resume a una inversión total de

S/18,644.70 nuevos soles y costos operativos que genera beneficios para cada causa raíz identificada (Ver Figuras 20 y 21).

RESUMEN DE INVERSIONES	
TOTAL INVERSIONES	TOTAL (\$./AÑO)
DESARROLLO DE QFD	3,150.00
DESARROLLO DE MATRIZ AMFE	3,150.00
DESARROLLO DE DMAIC SIX SIGMA	3,150.00
DESARROLLO DE HERRAMIENTAS LEAN	1,194.70
DESARROLLO DE PLAN CAPACITACIÓN	8,000.00
TOTAL (\$.)	18,644.70
COSTOS OPERATIVOS 44,640.00	
DEPRECIACIÓN 2,301.00	
Reinversión (4 AÑOS) 8,679.00	
Reinversión (10 AÑOS) 1,050.00	

Fig. 20 Resumen de Inversión

Nota. En la presente figura se detallan las inversiones por cada herramienta, los costos operativos en los que se ha incurrido, la depreciación de los equipos y las reinversiones.

CR	Pérdidas actuales (\$./AÑO)	Pérdidas mejoradas (\$./AÑO)	Beneficio (\$.)	Herramienta de Mejora	Inversión (\$.)
CR5	S/.32,175.00	S/.3,795.00	S/.28,380.00	QFD - Casita de Calidad	S/.3,150.00
CR1	S/.27,974.82	S/.8,351.91	S/.19,622.91	Matriz Amfe	S/.3,150.00
CR4	S/.11,813.03	S/.4,465.96	S/.7,347.07	DMAIC Six Sigma	S/.3,150.00
CR2	S/.7,167.79	S/.2,622.96	S/.4,544.83	Lean Manufacturing	S/.1,194.70
CR3	S/.4,719.00	S/.756.00	S/.3,963.00	Capacitación	S/.8,000.00
<b>Tota l</b>	<b>S/.83,849.64</b>	<b>S/.19,991.84</b>	<b>S/.63,857.81</b>		<b>S/.18,644.70</b>

Fig. 21 Matriz de Costos y Beneficios

Nota. En la presente figura se muestra la tabla de costos iniciales y costos mejorados tras la implementación de las herramientas de mejora. Las respectivas inversiones y los beneficios generados.

Toda propuesta planteada debe tener una Evaluación económica que ayude a determinar los futuros ingresos y egresos para la empresa y como se va proyectando la inversión en unidades monetarias para la organización. Se elabora el Estado de Resultados donde los ingresos forman parte de los Beneficios resultantes de nuestras mejoras y los siguientes valores están obtenidos en la Figura 20.

Inversión total (Costo oportunidad) COX S/. 18,644.70 11%

AÑO	ESTADO DE RESULTADOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	S/. 63,857.81	S/. 67,050.70	S/. 70,403.23	S/. 73,923.39	S/. 77,619.56	S/. 81,500.54	S/. 85,575.57	S/. 89,854.35	S/. 94,347.06	S/. 99,064.42	
Costos operativos	S/. 44,640.00	S/. 46,871.00	S/. 49,246.69	S/. 51,767.38	S/. 54,432.29	S/. 57,246.39	S/. 60,213.89	S/. 63,341.00	S/. 66,633.00	S/. 70,095.00	
Depreciación activos	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	S/. 2,301.00	
GAV	S/. 4,484.00	S/. 4,687.20	S/. 4,971.36	S/. 5,347.64	S/. 5,826.02	S/. 6,417.32	S/. 7,132.19	S/. 7,981.30	S/. 8,975.36	S/. 10,125.13	
Utilidad antes de impuestos	S/. 12,452.81	S/. 13,190.50	S/. 13,965.07	S/. 14,779.38	S/. 15,633.34	S/. 16,536.16	S/. 17,488.19	S/. 18,488.05	S/. 19,535.70	S/. 20,630.00	
Impuestos (29%)	S/. 3,611.31	S/. 3,825.24	S/. 4,049.87	S/. 4,285.73	S/. 4,533.38	S/. 4,793.41	S/. 5,066.45	S/. 5,353.14	S/. 5,654.16	S/. 5,970.21	
Utilidad después de impuestos	S/. 8,841.49	S/. 9,365.25	S/. 9,915.20	S/. 10,493.65	S/. 11,099.96	S/. 11,742.77	S/. 12,421.74	S/. 13,134.91	S/. 13,881.54	S/. 14,659.79	

Fig. 22 Estado de Resultados

Nota. En la presente figura se muestra la tabla del Estado de Resultados de la empresa para el cálculo de las utilidades proyectadas.

AÑO	FLUJO DE CASH										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilidad después de impuestos	S/. 8,841.49	S/. 9,365.25	S/. 9,915.20	S/. 10,493.65	S/. 11,099.96	S/. 11,742.77	S/. 12,421.74	S/. 13,134.91	S/. 13,881.54	S/. 14,659.79	
Depreciación	S/. 2,301.00										
Inversión	S/. -18,644.70	S/. -11,142.49	S/. -11,668.25	S/. -12,216.20	S/. -12,786.20	S/. -13,389.96	S/. -14,026.60	S/. -14,705.06	S/. -15,427.95	S/. -16,189.96	
Flujo Neto de Efectivo	S/. -18,644.70	S/. 11,142.49	S/. 11,668.25	S/. 12,216.20	S/. 12,786.20	S/. 13,389.96	S/. 14,026.60	S/. 14,705.06	S/. 15,427.95	S/. 16,189.96	

Fig. 23 Flujo de Caja

Nota. En la presente figura se muestra la tabla del Flujo de caja de la empresa para el cálculo del Flujo Neto de Efectivo para los próximos 10 años.

Se analiza la rentabilidad de la propuesta, la cual se realizará a través de indicadores económicos: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI). Para ello, se ha considerado un Costo de Oportunidad (COK) para dicha inversión del 11% anual.

VAN	S/. 50,233.26
TIR	58.99%
PRI	2.7 años

Fig. 24 Indicadores económicos de Rentabilidad de la propuesta

Nota. En la presente figura se detalla un VAN positivo de S/. 50,233.26 nuevos soles, un TIR positivo de 58.99% y un PRI de 2.7 años equivalente a 3 años.

20<sup>th</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions", Hybrid Event, Boca Raton, Florida- USA, July 18 - 22, 2022.

Significantes que la propuesta de mejora planteada es viable.

A continuación, se realiza el cálculo de los ingresos y los egresos de la empresa para los siguientes 10 años. Los ingresos que representan los beneficios de la propuesta y los Egresos, que son la suma de los costos operativos, el GAV y los impuestos (29% de la utilidad). Obteniendo así un Beneficio/Costo del cual se afirma que por cada S/. 1.00 nuevo sol invertido, se va a recuperar S/. 1.20 nuevos soles.

TABLA XVI  
INGRESOS - EGRESOS - B/C

VAN Ingresos	S/. 453,740.15
VAN Egresos	S/. 375,379.02
B/C	1.2

### III. RESULTADOS

Se determinaron 5 causas raíz: Máquinas obsoletas y en desusos, presencia de tiempos muertos, pérdidas de herramientas junto con la mala clasificación de residuos, tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura matriz y entrega de productos a destiempo, de los cuales se propone dar solución a cada uno.

A partir de ellos, se realizó la monetización de cada problema ya mencionado para proceder con el diagrama de Pareto, en la Figura 25 se muestra que el 80% de las pérdidas económicas se resuelven con el 20% de las causas, obteniéndose así que las pérdidas económicas significativas para la empresa son la entrega de productos a destiempo debido a que no existe una programación de producción y la otra causa es el inadecuado mantenimiento ya que ocasiona desperdicios y paros por averías en la producción. Sin embargo, en el presente proyecto de investigación se ha planteado dar solución a todas las pérdidas económicas detalladas anteriormente.

En la Tabla XVII se muestra el matriz resumen de indicadores, en la cual se presentan las pérdidas económicas actuales y después de la mejora, representando un beneficio de S/. 63,857 nuevos soles.

La Tabla XVII indica las causas raíces y sus respectivos indicadores con la reducción de sus costos operativos en la producción de plataformas semirremolques cuyos valores estiman los S/. 83,849.64 nuevos soles inicialmente a S/. 19,991.84 nuevos soles después de las herramientas implementadas, representando una mejora de 76.16% en comparación a los costos iniciales. Los datos de los costos operativos se utilizaron de base para el Estado de Resultados en la Figura 22.

TABLA XVII  
INDICADORES - COSTOS - BENEFICIOS

CR	Indicadores	Pérdidas actuales (\$./AÑO)	Pérdidas mejoradas (\$./AÑO)	Beneficio (\$.)
CR5	Nº de días de retraso en la entrega	S/.32,175.00	S/.3,795.00	S/.28,380.00
CR1	Nº de fallas/mes	S/.27,974.82	S/.8,351.91	S/.19,622.91
CR4	Nº de horas excedentes/actividad	S/.11,813.03	S/.4,465.96	S/.7,347.07
CR2	Nº de horas de demora/proceso	S/.7,167.79	S/.2,622.96	S/.4,544.83
CR3	Nº de herramientas perdidas y Kilogramos de residuos	S/.4,719.00	S/.756.00	S/.3,963.00
		S/.83,849.64	S/.19,991.84	S/.63,857.81



CR1	Inadecuado mantenimiento
CR2	Falta de capacitación al personal en procesos productivos
CR3	Inexistencia de un programa de orden y limpieza
CR4	Tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura matriz
CR5	No existe una programación de producción

Fig. 25 Diagrama de Pareto

Nota. En la presente figura se muestra el Diagrama 80-20 o Diagrama de Pareto en donde se refleja las pérdidas económicas más significativas.

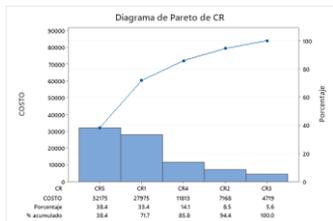


Fig. 26 Diagrama de Pareto en Minitab

Nota. En la presente figura se muestra el Diagrama de Pareto en Minitab donde se refleja las pérdidas económicas y sus respectivos porcentajes.

El desarrollo de análisis a partir de Pareto en Minitab que se muestra en la Figura 26 indica que la causa raíz 5 representa un 38.4% del total de pérdidas para la empresa y la causa raíz 1 un 33.4%, siendo estas las más críticas en la organización. Por otro lado, las causas raíces 4, 2 y 3 representa un porcentaje entre el 5.6 al 14.1 % del total de costos en la empresa de NASSI S.A.C.

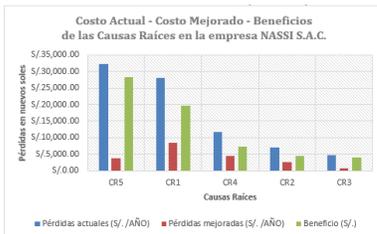


Fig. 27 Comparativa Costos – Beneficios

Nota. En el presente gráfico de barras se observa los costos iniciales y finales como los beneficios por cada causa raíz.

En el gráfico de barras, Figura 27 se representa una comparativa entre las pérdidas actuales y las mejoradas (tras la implementación de las herramientas); como se puede observar, existe una gran reducción de los costos a comparación que inicialmente. Es importante recalcar que la causa raíz con más costos ocasionados se ha disminuido y resulta favorable para la empresa ya que genera mayores beneficios y utilidades para esta. Esto se explica de la siguiente manera (Ver Tabla XVII): Para la causa raíz 1, un inadecuado mantenimiento, se obtiene pérdidas actuales de S/ 2,7974.82 nuevos soles las cuales se redujeron a S/ 8,351.91 nuevos soles, asimismo el n° de fallas/mes ha mejorado sacando un beneficio de S/ 19,622.91 nuevos soles. En el caso de la causa raíz 2 que es la falta de capacitación al personal en procesos productivos se tiene monetizado en pérdidas actuales de S/ 7,167.79 nuevos soles

que se redujeron a S/ 2,622.96 nuevos soles ya que el n° de horas de demora/proceso se ha disminuido obteniendo un beneficio de S/ 4,544.83 nuevos soles. La causa raíz 3 que es la inexistencia de un programa de orden y limpieza tenía un valor de pérdidas actuales de S/ 4,719.00 nuevos soles, esto se presenta por la mala clasificación de residuos y las pérdidas de las herramientas de trabajo; y se redujo a un S/ 756.00 nuevos soles, consiguiendo un beneficio de S/ 3,963.00 nuevos soles. Para la causa raíz 4, tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura matriz, había pérdidas actuales de S/ 11,813.03 nuevos soles monetizándose en base al costo de hora-hombre de los operarios involucrados en cada actividad, obteniendo una reducción de S/ 4,465.96 nuevos soles y un beneficio de S/ 7,347.07 nuevos soles. Finalmente, la causa raíz 5 que es la inexistencia de una programación de producción tenía pérdidas actuales de S/ 32,175.00 nuevos soles, las cuales se redujeron a S/ 3,795.00 nuevos soles considerándose una de las más sobresalientes ya que obtiene un mayor beneficio de S/ 28,380.00 nuevos soles.

Cabe señalar entonces, que los costos operativos que inicialmente eran altos, tras la implementación de las mejoras se han reducido a costos operativos que no exceden los S/. 10,000.00 nuevos soles a comparación de los que eran con anterioridad, generando de esta manera mayores utilidades para la empresa; reflejo de esto son los beneficios finales.



Fig. 28 Costo Actual vs Costo Mejorado Total

Nota. En el presente gráfico de barras se observa los costos totales tanto iniciales como finales.

Esta comparativa, Figura 28, es muestra clara de la importante reducción en los costos a causa de desperdicios originados en la empresa. Representa una mejora del 76.16% en comparación con los costos iniciales. Una buena gestión de Calidad es apoyo y soporte para una buena productividad, calidad y generar ganancias y/o beneficios dentro de una organización (R. Evans & M. Lindsay, 2008) [18].

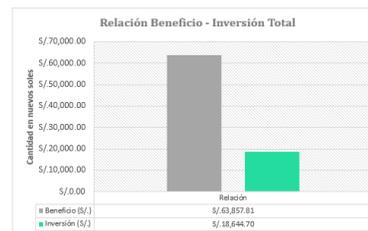


Fig. 29 Relación Beneficio - Inversión

Nota. En el presente gráfico de barras se observa los beneficios y las inversiones realizadas.

A partir de la figura se puede afirmar que una buena inversión por más pequeña que sea y la implementación de herramientas eficientes pueden traer grandes beneficios. En el presente caso, la inversión representa un 29.2% del total de

beneficios obtenidos por lo que un 70.8% son los beneficios netos.

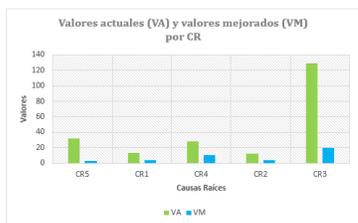


Fig. 30 Valores actuales vs Valores Mejorados

Nota. En el presente gráfico de barras se muestra la comparativa de los indicadores iniciales y los finales por cada causa raíz.

La presente gráfica (Figura 30) evidencia el cambio entre las cantidades de desperdicios iniciales que generan cada causa raíz y las mudas reducidas después de la aplicación de las herramientas de mejora de calidad. Los desperdicios con mayor significación en su disminución fueron los ocasionados debido al desorden y falta de limpieza. Por eso, tras la aplicación de las herramientas QFD, AMFE, DMAIC, Six Sigma, Lean Manufacturing (la principal a resaltar es la 5S) brindaron una solución y determinaron una mejor limpieza, orden y distribución tanto de la planta como los materiales y equipos viéndose reflejada en la reducción de todos aquellos desperdicios y residuos innecesarios de la problemática 3.

TABLA XVIII  
INDICADORES Y SUS VALORES - % MEJORA

CR	Descripción	Indicador	VA	VM	% Mejora
CR5	No existe una programación de producción	Nº de días de retraso en la entrega	32	3.5	89%
CR1	Inadecuado mantenimiento	Nº de fallas/mes	13	4	69%
CR4	Tiempos no estandarizados en la fabricación de la estructura matriz	Nº de horas excedentes/actividad	28.01	10.37	63%
CR2	Falta de capacitación al personal en procesos productivos	Nº de horas de demora/proceso	12.52	3.91	69%
CR3	Inexistencia de un programa de orden y limpieza	Nº de herramientas perdidas y Kilogramos de residuos	129	20	84%

Los valores anteriormente mencionados se explican de la siguiente manera: Inicialmente (VA) la empresa tenía 32 días de retraso en la entrega de su producto para sus clientes, pero después de la aplicación de las herramientas esta cantidad se vio reducida (VM) a 3.5 días de retraso únicamente lo cual se estima en un porcentaje de mejora del 89% para la causa raíz 5. En el caso del número de fallas mensuales en los que se incurrían las máquinas disminuyeron en 9 por lo que representa un 69% de fallas reducidas al igual que para la causa raíz 2 donde la cantidad de horas de demora por proceso se redujo de 12.52 horas a 3.91 horas representando de igual manera un 69% de mejora. Las horas excedentes por actividad cuya causa raíz son los tiempos no estandarizados tuvieron una reducción del 63% evidenciando su mejora y finalmente, los desperdicios ocasionados por la inexistencia de orden y limpieza en la instalación se vio reducido de 129 a 20 lo cual representa un 84% de mejora. Gráficamente se pueden observar estos resultados en la Figura 31.



Fig. 31 Porcentaje de mejora por CR tras la implementación

Nota. En el presente gráfico de barras se muestran los porcentajes de mejora obtenidos entre la comparación de los valores iniciales con los finales por cada causa raíz.

La Figura 31 grafica los porcentajes de mejora medidos por cada causa raíz siendo el de mayor importancia el de la causa raíz 5, esto es debido a que esta problemática representa las demoras en las entregas que ocasionan multas con los clientes de la empresa que generan pérdidas cuantiosas para la organización. Era necesaria una correcta implementación que consiga la reducción de estos tiempos y por ende la eliminación de esas multas innecesarias (Ver Tabla XVIII).

#### IV. DISCUSIONES

La presente investigación realizó un análisis de la situación actual de la empresa NASSI S.A.C. y de los distintos problemas que se generaban cuyas causas raíces se veían reflejadas en las cuantiosas pérdidas monetarias para la empresa. Según la (Nueva ISO 9001-2015, 2016) [17] todas estas situaciones representan la falta de calidad de la empresa para cumplir con los requisitos del cliente y la satisfacción del consumidor final.

Los costos de calidad monetizados tienen un impacto de S/. 83,849.64 nuevos soles de los cuales a partir de un estudio de las problemáticas actuales en Pareto representa la causa 3 un 6% y la causa 2 un 9% del total de pérdidas (estos valores son los más bajos), la causa 4 un 14% (es regular), y las causas 1 y 5 un 33% y 38% respectivamente del total siendo las más críticas, sobre todo la causa 5 debido a la insatisfacción del cliente, las entregas retrasadas y las multas. (León Díaz, 2020) [15] agrega que uno de los principales problemas que tenía la empresa NASSI S.A.C. es precisamente el incumplimiento de la programación, esto genera insatisfacción en sus clientes, pero para darle solución a esta problemática tras balancear la línea de producción el tiempo ocioso se reduce de 5172 minutos a 2798 minutos, la eficiencia se ve incrementada de 55% a 60%.

Para dar solución a estas causas de desperdicios y pérdidas para la empresa, inicialmente se aplica la herramienta Despliegue de la Función de Calidad (QFD) – Casita de Calidad se analiza que los clientes valoran que las plataformas vendidas tengan soldaduras compactas y bien hechas y que tengan correctos sistemas eléctricos y neumáticos, para esto es necesario que se tenga personal calificado y se logre una estandarización del proceso productivo. Esto fue el resultado de la relación entre los diferentes requerimientos técnicos y requerimientos de los clientes. Al respecto, (González, 2000) [12] afirma que es de suma importancia cumplir con los requerimientos establecidos porque son la traducción de la voz del cliente. En comparación a su competencia, se afirma al respecto de los requerimientos técnicos planteados, para (Aliaga Moreno & Anticona Valencia, 2020) [2] determina que los problemas de la no existencia de un plan de mantenimiento, la falta de capacitación de la producción y la no existencia de estandarización influyen en los elevados niveles de costos operativos en la línea de producción valorizados en un total de S/.85,053.91 en pérdidas monetarias anuales para la empresa BONALOGISTIC E.I.R.L.; y en el caso de FAMECA S.A.C., (Castillo Esteves, 2020) [5] asegura que para cumplir con los requerimientos es importante también la Estandarización de procesos, distribución de planta, un plan de concientización y un

plan de mantenimiento preventivo.

Además, se diseñó la Matriz AMFE para determinar las principales fallas, sus efectos, las causas y proponer soluciones y acciones a tomar; como menciona (R. Evans & M. Lindsay, 2008) [18] ayuda a identificar las formas en que un producto o proceso puede fallar, y planear la prevención de tales fallas. Entre las más frecuentes actividades propuestas están el desarrollo de las herramientas Lean como las 5S y Poka Yoke para solucionar aquellos problemas de falta de limpieza y orden, la aplicación de un TPM (Mantenimiento Productivo Total) en el que exista participación activa de los operarios con los procesos que desempeñan y es importante las capacitaciones a realizarse ya que brindan el conocimiento necesario a los trabajadores para mejorar sus operaciones y rendimiento. En relación a lo establecido, (Del Águila Chang & Villena Núñez, 2016) [8] en su propuesta de mejora para la empresa CONSERMET S.A.C. también planteó el uso de las herramientas de Plan de capacitación, Mantenimiento preventivo y predictivo, Estudio de Tiempos, 5S's, Gestión de Compras y auditorías internas; teniendo resultados positivos al lograr reducir los costos operacionales de la empresa.

Finalmente, se implementa el desarrollo de DMAIC Six Sigma que es una herramienta muy significativa para las mejoras en Calidad de una empresa; a partir de la cual se definieron los problemas, se midieron los datos, se analizaron y optimizaron a partir del uso de múltiples métodos como los que se propusieron en AMFE y se controlaron, esto a través de las inspecciones y constante comunicación y capacitación al personal. Todas estas implementaciones requirieron de una inversión de S/. 18,644.70 nuevos soles para la empresa y a través de un análisis económico financiero se estableció que la propuesta es viable y le brinda rentabilidad a la organización. Estos indicadores son el VAN con S/. 50,233.26 nuevos soles, TIR con un 59% y el PRI de 3 años. En relación a tales valores (Robles Ascate, 2016) [19] presenta un TIR del 242%, (Del Águila Chang & Villena Núñez, 2016) [8] una TIR anual de 122% y (Castillo Esteves, 2020) un TIR de 471.47% [5], los cuales superan el 100% y concluyen con una elevada viabilidad y rentabilidad de propuestas.

Los resultados obtenidos representan un 76% de mejora con beneficios de S/. 63,857.81 nuevos soles que superan a la inversión y a los costos perdidos. Los porcentajes de mejora por cada raíz varía entre 63% y 89% siendo el último el mejor ya que muestra una eficiente implementación para mayores utilidades y beneficios a la empresa.

## V. CONCLUSIONES

La aplicación de las herramientas de Gestión de la Calidad logró reducir los costos operativos en la producción de plataformas semirremolque cuyos valores estimaban los S/. 83,849.64 nuevos soles a S/. 19,991.84 nuevos soles representando una mejora del 76.16% en comparación a los costos iniciales.

## REFERENCES

- [1] Addlink Software Científico S.L. (s.f). Minitab. Obtenido de Addlink Software Científico: <https://www.addlink.es/productos/minitab-statistical-software#:~:text=Minitab%20es%20una%20herramienta%20inform%C3%A1tica,software%20de%20an%C3%A1lisis%20para%20poder>
- [2] Aliaga Moreno, J. E., & Anticona Valencia, D. A. (2020). Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir los costos

operativos de la línea de producción de semirremolques plataforma en la empresa BONA LOGISTIC E.I.R.L. Tesis, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Trujillo - La Libertad.

- [3] Anticona Valencia, D. A. (2019). Diagnóstico de los costos operacionales en las áreas de producción y mantenimiento para diseñar una propuesta de mejora en la empresa BONA LOGISTIC E.I.R.L. Trabajo de investigación, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Trujillo - La Libertad.
- [4] BIRT LH. (s.f). Diagrama de operaciones. Obtenido de [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PP/PP05/es\\_PP05\\_Contenidos/website\\_211\\_diagrama\\_de\\_operaciones.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PP/PP05/es_PP05_Contenidos/website_211_diagrama_de_operaciones.html)
- [5] Castillo Esteves, C. A. (2020). Propuesta de mejora en el área de producción para reducir los costos operativos de la línea de producción de semirremolques en la empresa FAMECA S.A.C. Tesis, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Trujillo - La Libertad.
- [6] Council for continuous improvement. (1996). Manual simplificado de despliegue de la función de la calidad. Mexico: Editorial panorama
- [7] Cuatrecasas Arbós, L. (2012). Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva. Madrid: Ediciones Diaz de Santos. Obtenido de <https://elibro-net.eu1.proxy.openathens.net/es/lc/upnorte/titulos/62602>
- [8] Del Águila Chang, M. E., & Villena Núñez, D. A. (2016). Propuesta de mejora en las áreas de Producción y Seguridad y salud en el trabajo para reducir costos operativos en la línea de producción de plataformas de la empresa CONSERMET S.A.C. Tesis, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Trujillo - La Libertad.
- [9] ESAN BUSINESS. (5 de octubre de 2016). Estadística Descriptiva. Obtenido de ConexiónEsan: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/10/que-es-la-estadistica-descriptiva/>
- [10] Eureka, W. E. (1994). DFC Despliegue de la función de la calidad. México: Editorial Panorama.
- [11] Geldres Marchena, T. A. (2020). Propuesta de mejora en el área de semirremolques para reducir los costos en la empresa FAMECA S.A.C. Trujillo 2020. Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Trujillo - La Libertad.
- [12] González, M. E. (2000). QDF La función despliegue de la calidad. México: McGrawHill.
- [13] ISOTools. (12 de Julio de 2019). ¿Qué es la Matriz AMFE o análisis modal de fallos y efectos? Obtenido de ISOTools Excellence: <https://www.isotools.org/2019/07/12/matriz-amfe-o-analisis-modal-de-fallos-y-efectos/>
- [14] Leans Solutions. (2019). Six Sigma. Obtenido de <http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>
- [15] León Díaz, C. O. (2020). Informe de Prácticas - NASSI INGENIERÍA & PROYECTOS S.A.C. Informe de prácticas, Universidad César Vallejo, Escuela de Ingeniería Industrial, Trujillo - La Libertad.
- [16] León Díaz, C. O. (2021). NASSI INGENIERÍA & PROYECTOS S.A.C. Informe práctica pre profesional, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Trujillo - La Libertad.
- [17] Nueva ISO 9001-2015 . (2016). Desarrollo del concepto calidad. Obtenido de <https://www.nuevaiso-9001-2015.com/2016/09/desarrollo-concepto-calidad/>
- [18] R. Evans, J., & M. Lindsay, W. (2008). ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD (7 a. ed.). Mexico: Cengage Learning. Obtenido de <https://www.auditorlider.com/wp-content/uploads/2019/06/Administraci%C3%B3n-y-control-de-la-calidad-7ed-James-R.-Evans-y-William-M.-Lindsay.pdf>
- [19] Robles Ascate, A. M. (2016). Propuesta de un Sistema de Gestión Logística para reducir los costos de fabricación de semirremolques plataformas en la empresa L&S NASSI S.A.C. Tesis, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería Industrial, Trujillo - La Libertad.
- [20] Salazar, B. (2019). Diagrama del proceso de la operación. Obtenido de Ingeniería Industrial: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-del-proceso-de-la-operacion/>
- [21] TECNICAS DE CONTROL METROLÓGICO S.L. (16 de enero de 2020). ¿Cuál es el objetivo del SPC en la industria? Obtenido de TCM: <https://www.tcmetrologia.com/blog/cual-es-el-objetivo-del-spc-en-la-industria/>
- [22] Universidad Cooperativa de Colombia. (2018). Sistema de Gestión de la Calidad. Obtenido de ucc.edu: <https://www.ucc.edu.co/sistema-gestion-integral/Paginas/sistema-gestion-calidad.as>