

# Application of quality management tools to reduce operating costs of a feed factory in the city of Trujillo

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería<sup>1</sup>, Patrick Acxell Centurion-Garcia, estudiante Ingeniería Industrial<sup>1</sup>, Jhoan Alahin Vargas-Villar, estudiantes de Ingeniería Industrial<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00281546@upn.pe, n00280497@upn.pe

**Abstract**– *This research aims to reduce operational costs in a balanced food factory by implementing improvements in production processes using quality management tools. To achieve this, a diagnostic assessment of the company's current situation was conducted across its key areas. Statistical tests included the Ishikawa diagram, Indicator Matrix, Pareto diagram, histograms, and control charts. Additionally, the Process Operations Diagram (DOP), Quality Function Deployment (QFD), Six Sigma, and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) were applied, all developed using Minitab software.*

*The production area was identified as the most critical due to the high number of defective products, leading to significant losses in raw materials and finished products. The primary issue is the lack of preventive maintenance on the machinery, which affects efficiency and quality. Implementing quality management tools will optimize processes, reduce defects and costs, and improve production reliability and profitability.*

*Finally, based on the analyzed and collected information, as well as the diagnostic assessment, a detailed analysis of the results was conducted to validate the evidence with quantitative data. This analysis evaluates the effectiveness of the improvement proposal in the production area and its impact on the company's profitability. The financial results indicate a Net Present Value (NPV) of S/. 5,094.93 and an Internal Rate of Return (IRR) of 32.34%, confirming the feasibility and economic benefit of the proposal.*

**Keywords:** *QFD, FMEA, Six Sigma, Management, Quality*

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

# Aplicación de las herramientas de gestión de calidad para reducir costos operacionales de una fábrica de alimento balanceado en la ciudad de Trujillo

Application of quality management tools to reduce operating costs of a feed factory in the city of Trujillo

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería<sup>1</sup>, Patrick Acxell Centurion-Garcia, estudiante Ingeniería Industrial<sup>1</sup>, Jhoan Alahin Vargas-Villar, estudiantes de Ingeniería Industrial<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00281546@upn.pe, n00280497@upn.pe

**Resumen**– El presente trabajo de investigación tiene como principal propósito reducir los costos operacionales de una fábrica de alimento balanceado, mediante la implementación de mejoras en los procesos de producción utilizando herramientas de gestión de la calidad. Para ello, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa en cada una de sus áreas clave. En cuanto a las pruebas estadísticas, se utilizaron el diagrama de Ishikawa, la Matriz de Indicadores, el diagrama de Pareto, así como histogramas y gráficos de control. Por otro lado, se aplicaron el Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP), el Despliegue de Funciones de Calidad (QFD), Six Sigma y el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (FMEA), todos desarrollados utilizando el software Minitab. Se identificó el área de producción como la más crítica debido a la elevada cantidad de productos defectuosos, lo que genera significativas pérdidas de materia prima y producto terminado. El principal problema es la falta de mantenimiento preventivo en las maquinarias, lo cual afecta la eficiencia y la calidad. La implementación de herramientas de gestión de calidad optimizará los procesos, reducirá defectos y costos, y mejorará la confiabilidad y rentabilidad de la producción. Finalmente, con base en la información analizada y recolectada, así como el diagnóstico elaborado, se lleva a cabo un análisis detallado de los resultados para validar las evidencias con datos cuantitativos. Este análisis permite evaluar la efectividad de la propuesta de mejora en el área de producción y su impacto en la rentabilidad de la empresa. Los resultados financieros obtenidos indican un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 5,094.93 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 32.34%, lo que confirma la viabilidad y el beneficio económico de la propuesta.

**Palabras clave:** QFD, AMFE, Six sigma, Gestión, Calidad

**Abstract**– This research aims to reduce operational costs at a balanced feed factory by implementing improvements in production processes through the use of quality management tools. A thorough assessment was conducted to evaluate the current situation across all key areas of the company. For statistical analysis, tools such as the Ishikawa diagram, Indicator Matrix, Pareto chart, histograms, and control charts were employed. Additionally, the Process Operations Diagram (POD), Quality Function Deployment (QFD), Six Sigma, and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) were applied,

utilizing Minitab software for development. The production area was identified as the most critical due to a high rate of defective products, which results in significant losses of raw materials and finished goods. The primary issue is the lack of preventive maintenance on machinery, negatively impacting both efficiency and quality. Implementing these quality management tools is expected to streamline processes, reduce defects and costs, and enhance production reliability and profitability. Finally, based on the analyzed and collected data, as well as the diagnosis formulated, a detailed results analysis was conducted to validate the evidence with quantitative data. This analysis evaluates the effectiveness of the proposed improvements in production and their impact on the company's profitability. The financial results indicate a Net Present Value (NPV) of S/. 5,094.93 and an Internal Rate of Return (IRR) of 32.34%, confirming the proposal's feasibility and economic benefit.

**Keywords:** QFD, FMEA, Six Sigma, Management, Quality

## I. INTRODUCCIÓN.

La eficiencia en la gestión de costos operacionales es crucial para la competitividad de las fábricas de alimentos balanceados, especialmente en un mercado tan dinámico como el de Trujillo. La aplicación de herramientas de gestión de calidad ha emergido como una estrategia efectiva para enfrentar desafíos asociados con la alta variabilidad en la producción y los costos operativos. Este estudio se enfoca en investigar cómo la implementación de estas herramientas puede contribuir a la reducción de costos en una fábrica de alimentos balanceados en Trujillo, con el fin de mejorar la eficiencia y la rentabilidad.

El objetivo principal de esta investigación es aplicar herramientas de gestión de calidad para identificar y reducir los costos operacionales asociados con la producción de alimentos balanceados. Este estudio busca no solo mejorar la rentabilidad de la fábrica en cuestión, sino también ofrecer un modelo de mejora que pueda ser replicado en otras fábricas similares. La importancia de este estudio radica en su potencial para transformar los procesos productivos y mejorar la competitividad en el mercado.

En un periodo de desaceleración económica, como ocurrió en 2020 durante la pandemia, las empresas necesitan revisar y ajustar sus estrategias internas para evitar pérdidas. Esto

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

implica evaluar de nuevo sus costos y ajustar la escala de sus operaciones. [1]. La implementación de estrategias de calidad puede impactar positivamente en aspectos comerciales de la empresa, lo que sugiere que mejorar la calidad podría ser una estrategia efectiva para optimizar tanto la comercialización como los costos operacionales [2]. La implementación de la gestión de calidad en proyectos de construcción mejoró significativamente el análisis y la organización para la administración y seguimiento de documentos relacionados con la calidad. Esto se logró mediante el uso de herramientas como cuadros dinámicos y fichas técnicas para monitorear los indicadores de cumplimiento, entre otras técnicas [3]

A nivel internacional, En un empeño por desentrañar las causas y los efectos de la contaminación en una línea de producción de ganado, un equipo de investigadores se propuso no solo identificar los problemas, sino también diseñar prácticas que evitaran la repetición de estos errores, La clave de su estudio fue el diagrama de Ishikawa, una herramienta que les permitió ilustrar y comprender las raíces de la contaminación [4]. Las herramientas de gestión sirvieron para identificar y evaluar las mejores soluciones a los desafíos enfrentados por una empresa dedicada a la venta de cárnicos, enfocándose especialmente en la reducción de costos de manera continua. Mediante la aplicación de estrategias de mejora continua y herramientas como el diagrama de Ishikawa y de Pareto, así como gráficos de control y estadísticos, fue posible optimizar los procesos y contribuir significativamente a la eficiencia operativa de la empresa [5]

Es crucial tener una planificación adecuada, una gestión eficaz y un control riguroso del proyecto para garantizar la calidad y el control de esta, lo cual aporta confianza y satisface al cliente [6] El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado, es una herramienta empleada para determinar las posibles causas de un problema principal. Además, se utiliza para optimizar procesos y recursos dentro de una organización [7]. El diagrama de Pareto es una herramienta facilita una comprensión más extensa de los problemas que aparecen en una organización, permitiendo realizar análisis detallados en momentos específicos para identificar con precisión las deficiencias ocurridas y verificar las mejoras implementadas [8]

El sector de alimentos balanceados enfrenta desafíos únicos en términos de calidad y consistencia del producto. Es esencial cumplir con estándares rigurosos para garantizar que los productos sean nutricionalmente equilibrados y seguros para el consumo de los animales. El control de calidad es una herramienta esencial para garantizar la calidad de los productos. Implica la implementación de un plan estratégico que incluye análisis físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados de estos análisis ayudan directamente a asegurar la calidad de los alimentos y a prevenir, identificar y manejar riesgos asociados [9]

Reducir los costos operacionales en una fábrica de alimentos balanceados requiere un análisis exhaustivo de los procesos de producción. Identificar y abordar áreas críticas

como el desperdicio de materia prima y la ineficiencia operativa es fundamental. Los costos se describen como la evaluación en unidades monetarias de los recursos utilizados para ciertos fines o metas, como puede ser un producto comercial disponible para la venta o un proyecto de construcción. Estos recursos incluyen materias primas, materiales de empaque, horas de trabajo manual, beneficios laborales, personal de soporte asalariado, suministros y servicios adquiridos, así como capital invertido en inventarios, terrenos, edificaciones y equipos [10].

Los gráficos de control y de frecuencia son herramientas clave para el monitoreo y análisis del desempeño del proceso. Los gráficos de control permiten identificar y analizar variaciones en el proceso de producción. Los gráficos de control no sirven para nada si no se investigan las causas asignables [11]. Los gráficos de frecuencia, por otro lado, ayudan a comprender la distribución de defectos y problemas [12]. El análisis de capacidad, incluyendo el nivel "Z", proporciona una visión detallada de la capacidad del proceso para cumplir con los requisitos especificados, facilitando la identificación de áreas de mejora. Cuando es una distribución normal con parámetros  $\mu = 0$  y  $\sigma = 1$ , entonces a la distribución se le conoce como distribución normal estándar  $(N(0, 1))$  [13].

Las herramientas de mejora como la casita de calidad, el análisis de modos de falla y efectos (AMFE) y Six Sigma son fundamentales para optimizar los procesos y reducir defectos. La casita de calidad ayuda a identificar y priorizar las necesidades del cliente [14]. El AMFE permite evaluar y mitigar riesgos potenciales en el proceso de producción. Six Sigma proporciona un enfoque estructurado para la mejora continua, reduciendo la variabilidad y mejorando la calidad del producto [15].

La casita de calidad, en particular, es útil para alinear los procesos de producción con las expectativas del cliente, asegurando que las características del producto cumplan con los requisitos deseados [16]

La hipótesis planteada, es que la implementación efectiva de herramientas de gestión de calidad en la fábrica de alimentos balanceados en Trujillo resultará en una reducción significativa de los costos operacionales. Se espera que, mediante el uso de metodologías como el diagrama de Ishikawa, el análisis de Pareto y Six Sigma, se pueda lograr una optimización en los procesos de producción, una disminución de defectos y, en última instancia, una mejora en la rentabilidad general de la fábrica. Este enfoque no solo tiene el potencial de mejorar la eficiencia operativa, sino también de establecer un modelo de buenas prácticas para otras empresas en la industria.

## II. METODOLOGÍA

El informe utilizó una metodología basada en la ciencia formal exacta por su naturaleza y se clasifica como una investigación diagnóstica y propositiva en cuanto a su diseño. Está orientado a la aplicación de herramientas de mejora de la gestión de la calidad en las áreas de producción, con el objetivo

de optimizar los costos operacionales de la empresa y mejorar su rentabilidad.

Los materiales utilizados para el procesamiento y seguimiento de esta investigación incluyen una laptop Lenovo CORE i5 y el programa Microsoft Office Excel. La información recopilada se basó en tesis físicas y virtuales, artículos web y libros, con el fin de garantizar un análisis preciso para aplicarse en los diversos procesos de producción. Así, cada dato recolectado será perfeccionado mediante la aplicación de herramientas de calidad para una mayor comprensión. Por consiguiente, la Tabla 1 muestra los procedimientos implementados durante el desarrollo de esta investigación.

Tabla I  
PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Etapa	Técnica	Descripción
Diagnóstico	Diagrama de Ishikawa	Se analizó e identificó las causas raíz de la problemática
	Matriz de indicadores	Se clasificaron las causas raíz, describiendo cada una de ellas y se realiza su monetización de cada causa.
	Diagrama de Pareto	Se detectaron las principales causas del problema
Solución propuesta	QFD	Se identificaron los requerimientos técnicos y del cliente
	AMFE	Se determinaron las fallas en el proceso. Se propuso recomendaciones con el objetivo de eliminarlas
	Six sigma	Se realizó análisis estadístico para detectar problemas y tener un mejor control
Evaluación Económica	VAN	Se calcula el Valor actual neto, que indican cuánto se va a ganar en el proyecto
	TIR	Se determina la tasa interna de retorno, la cual indica si el proyecto es rentable
	PRI	Mide el periodo de recuperación de lo invertido

A. Diagnóstico de la empresa

En esta etapa de investigación se puede observar la herramienta Ishikawa, la cual permite identificar las causas raíz de la fábrica de alimentos balanceados que generan altos costos operacionales. En la fábrica de alimentos balanceados se encontraron 4 causas raíz de problemas de gestión.

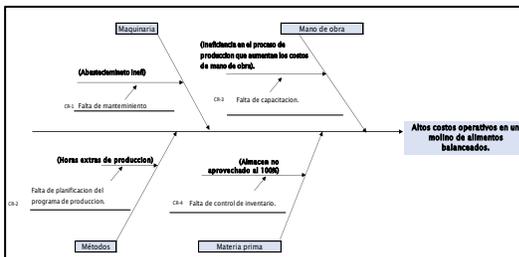


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa

Tabla II  
MONETIZACIÓN DE PERDIDAS

CAUSA RAÍZ	Descripción	Perdidas actuales (S./AÑO)
CR - 1	Falta de mantenimiento	S/6,240.00
CR - 2	Falta de planificación del programa de producción.	S/5,519.05
CR - 3	Falta de capacitación de trabajadores	S/2,173.33
CR - 4	Falta de control de inventario	S/1,970.00
Total		S/15,902.38

Luego de tener la monetización de cada una de las causas raíz, en la figura 2, se procedió a realizar al diagrama de Pareto para identificar el % de cada causa raíz, así tener una mejor noción de que causas son las más influyentes.

Tabla III  
DATOS PARA EL PARETO

CR	COSTO PERDIDA	Costo ACUMULADO	% Costo ACUMULADO	% N° de causas acumulado
CR2	S/6,240.00	S/5,519.05	58%	25%
CR1	S/5,519.05	S/11,759.05	35%	50%
CR3	S/2,173.33	S/13,729.05	6%	75%
CR4	S/1,970.00	S/15,902.38	1%	100%

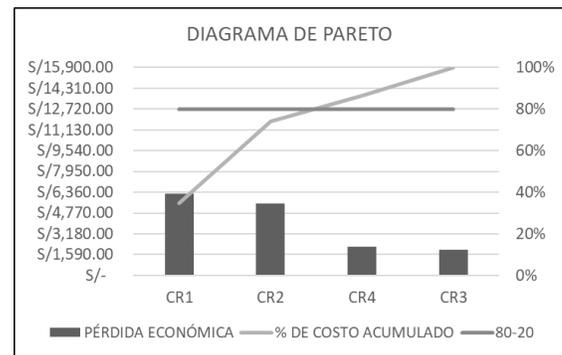


Fig. 2 Diagrama de Pareto

Se analizaron las causas de las principales pérdidas económicas para evaluar la baja rentabilidad. Los datos anteriores. Los datos fueron evaluados, analizados y diagramados con una aplicación de estadística descriptiva, histogramas, gráficos de control, curva de distribución, cálculo de capacidad de proceso. Esta información fue procesada en Microsoft Office Excel y aplicada en Minitab. Se determinó que el Cp debe ser mayor a 1 para que el proceso sea capaz de cumplir con las especificaciones.

Tabla IV  
ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO

CAUSA RAÍZ	Descripción	Cp	Cpk
CR - 1	Falta de mantenimiento	0.25	-0.05
CR - 2	Falta de planificación del programa de producción.	0.09	-0.32
CR - 3	Falta de capacitación de trabajadores	0.17	-0.08
CR - 4	Falta de control de inventario	0.11	-0.21

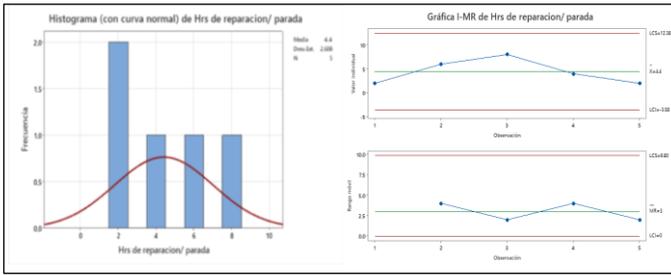


Fig. 3 Histograma y Gráfica de control NP (CRI, variable)  
 Nota. En la presente figura se muestra que el número de horas de mantenimiento en el proceso se encuentra bajo control estadístico.

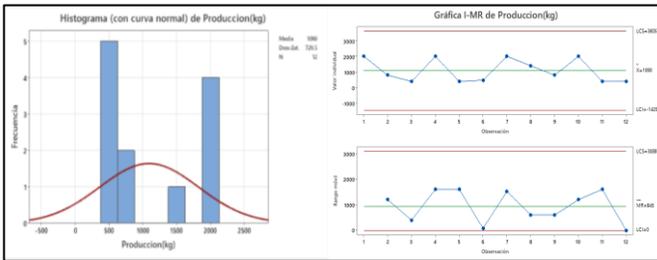


Fig. 4 Histograma y Gráfica de control MR (CR2, atributo)  
 Nota. En la presente figura se muestra que el tiempo de reparación se encuentra bajo control estadístico.

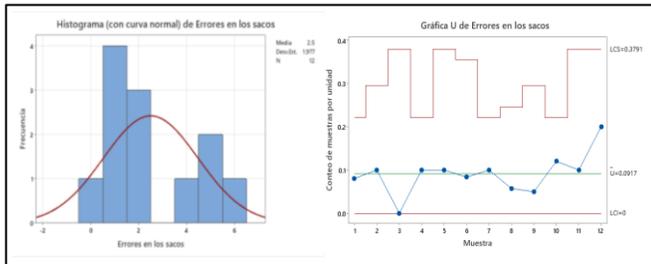


Fig. 5 Histograma y Gráfica de control MR (CR3; atributo)  
 Nota. En la presente figura se muestra que las horas de paradas por desabastecimientos se encuentra bajo control estadístico

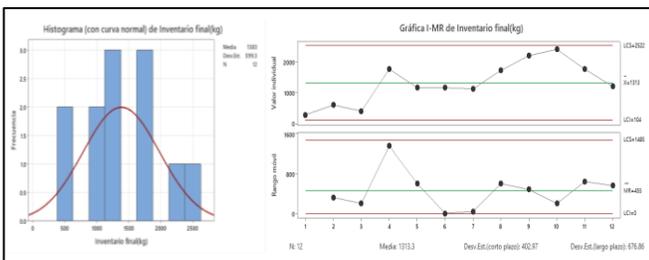


Fig. 6 Histograma y Gráfica de control MR (CR4, variable)  
 Nota. En la presente figura se muestra que los tiempos del proceso se encuentran bajo control estadístico

### B. Solución propuesta

La solución propuesta consta principalmente de la aplicación de tres herramientas clave, estas son la casa de calidad (QFD), Análisis de modo de fallas y efecto (AMFE), y

DMAIC Six sigma. Primero, se aplicó las herramientas QFD, con ello se identificó los requerimientos técnicos y de cliente.

Se determino lo requerimientos del cliente:

- Acelerar los tiempos de entrega
- Cumplir con las demandas
- Mejorar la calidad del producto
- Aumentar la disponibilidad producto terminado

Se determino con requerimientos técnicos:

- Mantenimiento a máquinas y equipos renovar equipo
- Capacitar al trabajador
- Homologar proveedores
- Mejorar la calidad de la materia prima
- Implementar plan de marketing

			7	5	2	4	1			
			2.333333333	3.666666667	2.666666667	3	9	3	1	
	Import. ponderada de los req técnicos	abs	relat							
				Mnto a máquinas y equipos	Capacitar al trabajador	Homologar proveedores	Mejorar la calidad de la materia prima	Implementar plan de marketing		
CR-1	Acelerar los tiempos de entrega	1	3	3	3	3	3	1	A	A
CR-2	Cumplir con las demandas	5	9	3	3	3	3	9	B	A
CR-3	Mejorar la calidad del producto	3	9	9	3	9	9	9	A	B
CR-4	Aumentar la disp. Producto terminado	3	9	3	3	3	3	3	A	C
	Importancia ponderada por req cliente	acum	relat							
				102	54	33	42	55		
				3.090909091	1.636363636	1	1.272727273	1.666666667		
	Evaluación ponderada de los req técnicos del producto o serv	acum	relat							
				238	198	88	126	55		
				4.327272727	3.6	1.6	2.290909091	1		

Fig. 7 QFD - Casita de calidad

El Análisis de Modo de Falla y Efecto (AMFE), se identificó los fallos del proceso en la fábrica de ladrillos. También, se determinó las causas y los efectos y el método de detección, a partir de esto, se determinó el NPR, identificando a los más relevantes, para poder reducirlos a través de acciones recomendadas con la finalidad de mejorar el proceso, satisfacción de los clientes y disminución de costos. En la figura 8, las operaciones con el NRP más alto, fue aumento de tiempo en el proceso de cocción, la cual fue lo primero en solucionar.

Proceso	ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS POTENCIALES													
	Fallas generadas		Condiciones y causas				Efectos		Evaluación		N° Prioridad de riesgo (NRP)			
Medios de Falla	Efectos	Causas del modo de falla	Método de detección	Gravedad	Frecuencia	Detectabilidad	N° Prioridad de riesgo (NRP)	Acción recomendada de la acción correctiva	Acción emprendida	Resultados				
Mantenimiento a máquinas y equipos	Fallas por falta de mantenimiento	Detención de la producción	Mantenimiento inadecuado	Serios mal Entrenados	9	5	4	180	Revisar y estado recomendaciones a sus mandatos	Revisión y estado recomendaciones a sus mandatos	4	2	7	16
Capacitar al trabajador	Errores en el empaquetado del producto	Aumento de defectos y reutilización de producto	Capacitación insuficiente del personal	Alta presentación de empaquetado	6	3	9	162	Capacitar a los trabajadores	Capacitación al operario	5	3	6	90
Homologar proveedores	Falta de calidad de los criterios de selección	Rechazo productos por servicios de baja calidad	Asistencia de un proveedor estandarizado de selección de proveedores	Productos en mal estado	9	6	5	270	Trabaja con los criterios de selección de proveedores	Controlar los criterios de selección	6	3	9	162
Mejorar la calidad de la materia prima	Implementación equivocada de la selección de calidad en la recepción de materiales	Producción de fallas defectuosas	Falta de formalización adecuada del personal encargado de la inspección y recepción de materiales	Materia prima de baja calidad	5	4	8	160	Trabaja con mejores proveedores para una mejor calidad de MP	Ejecución de Proveedores	3	3	5	45
Implementar plan de marketing	No definir canales de público objetivo	Campañas de marketing	Falta de investigación de mercado adecuada	Realizar de forma adecuada el plan de Marketing	4	4	3	48	Trabaja con canales de marketing adecuados	Personal de Marketing	4	2	7	16

Fig. 8 Análisis de Modo de Fallas y Efectos

Nota. Con un NRP actual y el NRP después de las recomendaciones

La herramienta Six Sigma, permitió identificar la variabilidad de los datos recolectados de las variables y atributos de las causas determinadas. Se determino el nivel Z

para poder identificar las oportunidades de mejora que permitan alcanzar un nivel Six sigma, con la ayuda del ciclo DMAIC.

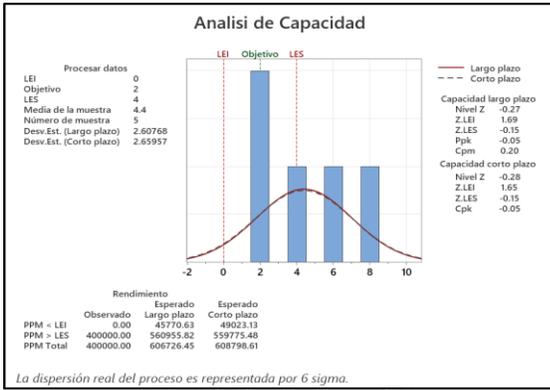


Fig. 9 Gráfica Six Sigma- CR1

TABLA V METODOLOGÍA DMAIC CR-1

DMAIC	PROCEDIMIENTO
<b>D(definir)</b>	Identificar y priorizar áreas críticas afectadas por la falta de mantenimiento preventivo Definir metas específicas para mejorar la frecuencia y calidad del mantenimiento Entrevistar al personal técnico y operativo para entender los desafíos actuales
	Evaluar el impacto de la falta de mantenimiento en la operación y costos de reparación
<b>M (medir)</b>	Evaluar el estado actual de los equipos y activos mediante inspecciones visuales y registros de fallos Establecer indicadores clave de desempeño (KPIs) como tiempo promedio entre fallos y costos de reparación
	Analizar el impacto financiero de la falta de mantenimiento en términos de pérdida de producción y gastos imprevistos Identificar patrones históricos de fallas y problemas derivados de la falta de mantenimiento
<b>A(analizar)</b>	Usar gráficas como histogramas de frecuencia Utilizar técnicas como el análisis Pareto para identificar equipos y áreas críticas que requieren atención inmediata Adaptar prácticas de mantenimiento preventivo de empresas similares
	Aumentar la frecuencia de mantenimiento
<b>I(optimizar)</b>	Utilizar tecnologías simples pero efectivas para el monitoreo remoto y la programación de mantenimientos Implementar un plan de mantenimiento
	Establecer un calendario de mantenimiento y asignar técnicos específicos
<b>C(controlar)</b>	Realizar inspecciones regulares de equipos y activos mediante listas de verificación y protocolos estandarizados Registrar todas las actividades de mantenimiento
	Implementar sistemas de retroalimentación continua basados en las observaciones del personal y revisiones periódicas Revisión constante a los equipos/maquinaría

TABLA VI.  
METODOLOGÍA DMAIC CR2

DMAIC	PROCEDIMIENTO
<b>D(definir)</b>	Identificar la falta de organización y coordinación en la planificación de la producción Reconocer la falta de interés por la planificación en los niveles operativos Detectar la ausencia de actividades estructuradas por turno
	Determinar el impacto de la baja demanda en la planificación de la producción
	Definir y documentar las operaciones de proceso para cada persona Implementar diagramas de control para monitorear la producción
<b>M (medir)</b>	Establecer un plan de recolección de datos para capturar información clave Elaborar un cuadro para visualizar el flujo de producción
	Identificar restricciones y problemas en cada puesto y área de trabajo
	Analizar el problema utilizando técnicas de causa-raíz, como el Diagrama de Ishikawa Priorizar las oportunidades de mejora basadas en el análisis de datos
<b>A(analizar)</b>	Desarrollar y ejecutar un plan de proyecto para abordar las causas raíz identificadas
	Gestionar de manera eficiente el área de producción mediante la implementación de mejores prácticas Implementar capacitaciones de control y planificación para los operarios
<b>I(optimizar)</b>	Utilizar la clasificación ABC para organizar y priorizar las áreas de producción
	Establecer medidas de control en el área de producción para asegurar la adherencia a los nuevos procesos
<b>C(controlar)</b>	Mantener un orden estándar en los procesos para mejorar el desempeño y rendimiento a largo plazo Corregir los problemas de planificación a medida que surjan, de acuerdo con su nivel de gravedad Realizar documentación detallada de todos los cambios y mejoras implementadas
	Armar un organigrama detallado de las áreas y sus procesos para asegurar la claridad y responsabilidad

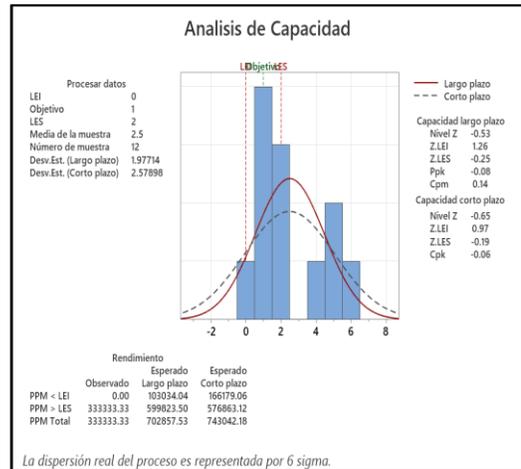


Fig. 11 Gráfica Six Sigma- CR3

TABLA VII.  
METODOLOGÍA DMAIC CR3

DMAIC	PROCEDIMIENTO
<b>D(definir)</b>	Identificar la falta de programas de capacitación estructurados para los trabajadores Reconocer la baja motivación y habilidades insuficientes debido a la falta de capacitación Detectar áreas críticas donde la falta de capacitación afecta la productividad
	Determinar el impacto en la calidad y eficiencia debido a la falta de formación adecuada
<b>M (medir)</b>	Definir las competencias y habilidades necesarias para cada puesto de trabajo Implementar herramientas de evaluación para medir las competencias actuales de los trabajadores
	Establecer un plan de recolección de datos para monitorear el progreso de la capacitación Realizar encuestas y entrevistas para evaluar las necesidades de capacitación de los empleados
<b>A(analizar)</b>	Identificar brechas en las habilidades y conocimientos de los trabajadores Analizar las causas raíz de la falta de capacitación utilizando técnicas como el Diagrama de Ishikawa
	Desarrollar y ejecutar un plan de proyecto para implementar programas de capacitación
<b>I(optimizar)</b>	Diseñar programas de capacitación personalizados para diferentes roles y niveles Implementar sesiones de capacitación continua y talleres prácticos para los trabajadores
	Utilizar tecnología y plataformas para facilitar el acceso a la capacitación
<b>C(controlar)</b>	Establecer un sistema de seguimiento y evaluación para medir la efectividad de los programas de capacitación Mantener un programa de capacitación estándar para asegurar el desarrollo continuo de habilidades Corregir los programas de capacitación basados en retroalimentación y evaluación continua
	Documentar todas las actividades de capacitación y los resultados obtenidos
	Armar un organigrama de formación y desarrollo profesional para los empleados

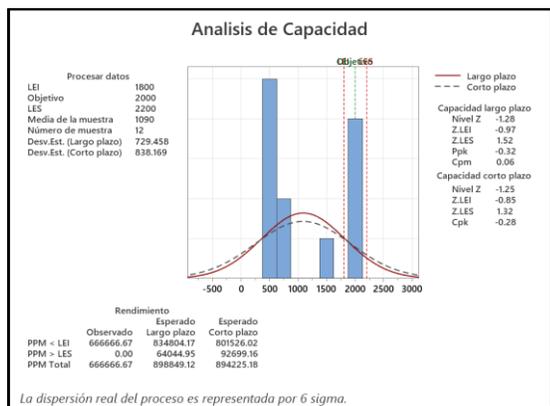


Fig. 10 Gráfica Six Sigma- CR2

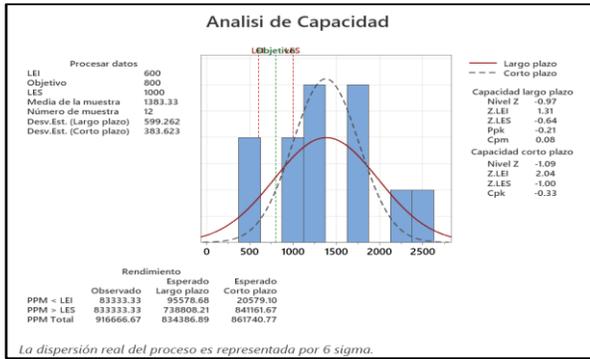


Fig. 12 Gráfica Six Sigma- CR4

Tabla VIII  
METODOLOGÍA DMAIC CR4

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir)	Identificar problemas críticos en el control de inventario
	Definir metas claras para mejorar la gestión del inventario
	Entrevistar al equipo clave para entender desafíos y percepciones
M (medir)	Mapear el proceso actual de manejo de inventario para identificar áreas de mejora
	Evaluar precisión del inventario con recuentos físicos y registros digitales
	Establecer KPIs como precisión de inventario y rotación de stock
A (analizar)	Analizar costos asociados con errores en inventario y su impacto financiero
	Identificar patrones de errores históricos en inventario
	Usar análisis ABC para priorizar artículos de inventario por importancia económica.
I (optimizar)	Priorizar mejoras según su impacto en eficiencia operativa y reducción de costos.
	Aplicar análisis causa-raíz para identificar causas fundamentales de problemas de inventario.
	Adaptar prácticas de gestión de inventario de empresas similares.
C (controlar)	Implementar procedimientos operativos estándar claros para manejo diario del inventario.
	Adoptar tecnologías simples pero efectivas para mejorar precisión del inventario.
	Capacitar personal en métodos efectivos de gestión de inventario y uso de herramientas.
	Establecer medidas de control en el área de producción
	Realizar auditorías regulares de inventario con métodos físicos y digitales simples.
	Monitorear KPIs regularmente para evaluar efectividad de mejoras.
	Implementar retroalimentación continua basada en experiencia del personal.
	Documentar actividades y resultados para aprendizaje interno y mejora continua.

### C. Evaluación económica

Se realizó una evaluación económica de cada una de las herramientas propuestas. Se han creado presupuestos para tener en cuenta cada material empleado en cada herramienta propuesta y se obtuvo una inversión final.

Tabla IX  
INVERSION TOTAL

Nº	HERRAMIENTAS	COSTO ANUAL (S/.)
1	Casa de calidad (QFD)	S/3,630.00
2	AMFE	S/3,630.00
3	Six Sigma	S/5,030.00
	<b>Total</b>	<b>S/12,290.00</b>

Para la evaluación que contiene estados de resultado y flujo de caja, se determinó un costo de oportunidad de 20% y una inversión determinada en la TABLA IX

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	S/ -12,290.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Beneficio esperado	S/ 0.00	S/ 4,494.25	S/ 5,110.00	S/ 1,743.33	S/ 1,410.00	S/ 0.00				
Salvamento	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Beneficio neto de inversión	S/ -12,290.00	S/ 4,494.25	S/ 5,110.00	S/ 1,743.33	S/ 1,410.00	S/ 0.00				
Beneficio total	S/ -12,290.00	S/ 4,494.25	S/ 5,110.00	S/ 1,743.33	S/ 1,410.00	S/ 0.00				
Valor actual de inversión	S/ -12,290.00	S/ 3,745.21	S/ 4,285.71	S/ 1,410.00	S/ 1,165.29	S/ 979.50	S/ 816.25	S/ 680.21	S/ 575.18	S/ 483.43

Fig. 13 Estado de Resultados.

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja	S/ -12,290.00	S/ 4,494.25	S/ 5,110.00	S/ 1,743.33	S/ 1,410.00	S/ 0.00				
Salvamento	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Flujo de caja neto	S/ -12,290.00	S/ 4,494.25	S/ 5,110.00	S/ 1,743.33	S/ 1,410.00	S/ 0.00				
Valor actual de inversión	S/ -12,290.00	S/ 3,745.21	S/ 4,285.71	S/ 1,410.00	S/ 1,165.29	S/ 979.50	S/ 816.25	S/ 680.21	S/ 575.18	S/ 483.43

Fig. 14 Flujo de Caja.

Después de realizar el estado de resultados y el flujo de caja se realiza el cálculo de los indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa de Retorno Interno (TIR) y el Periodo de Recuperación de inversión (PRI).

Tabla X  
INDICADORES ECONÓMICOS

INDICADORES ECONÓMICOS	
VAN	S/5,094.93
TIR	32.44%
PRI	7.1 años

### III. RESULTADOS.

Se presentan los resultados del análisis estadístico, comparando la pérdida actual y mejorada, de cada causa raíz, siendo así el beneficio total de S/12,757.58 soles

Tabla X  
OPERALIZACIÓN DE INDICADORES

CR	Descripción	Pérdida Actual (S/./AÑO)	Pérdida mejorada (S/./AÑO)	Beneficio (S/.)
CR - 1	Falta de mantenimiento de las maquinarias	S/6,240.00	S/1,130.00	S/ 5,110.00
CR - 2	Falta de planificación de producción.	S/5,519.05	S/1,024.80	S/ 4,494.25
CR - 3	Falta de capacitación del personal en las diferentes estaciones de trabajo.	S/2,173.33	S/430.00	S/ 1,743.33
CR - 3	Falta de control de inventario	S/1,970.00	S/560.00	S/ 1,410.00

A partir de estos datos obtenidos, se graficaron las comparaciones de los costos actuales y mejorados de cada causa raíz. Se observa en la Figura 18, que la causa CR2 es la que más genera pérdida, seguida de la causa CR1.

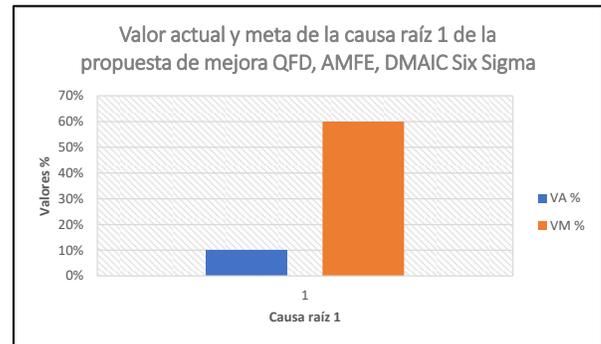


Fig. 15 Comparación del % entre el VA y VM- CR1

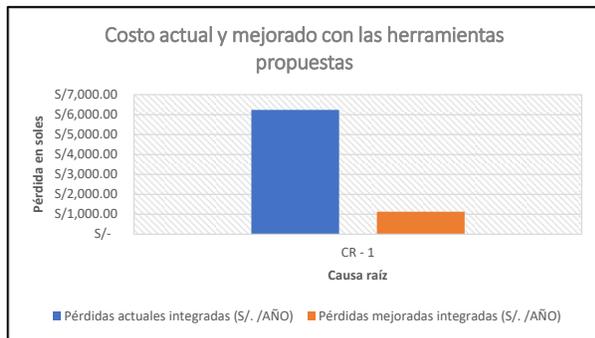


Fig. 16 Comparación del costo pérdida actual y mejorado con las herramientas propuesta-CR1

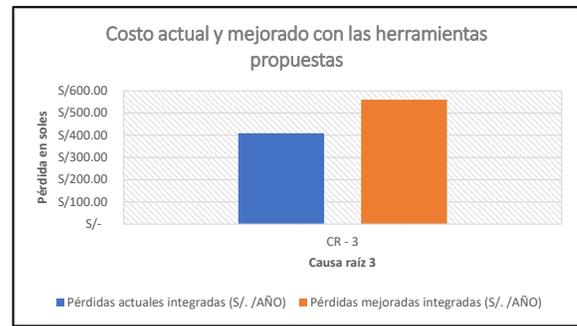


Fig. 20 Comparación del costo pérdida actual y mejorado con las herramientas propuesta-CR3

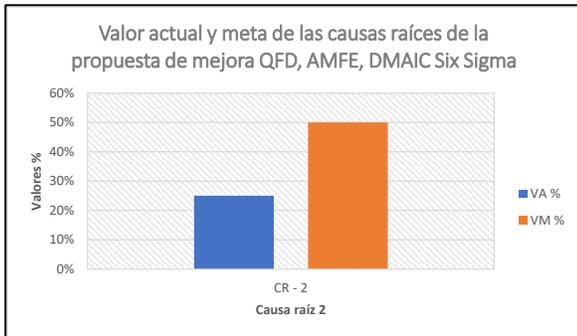


Fig. 17 Comparación del % entre el VA y VM- CR2

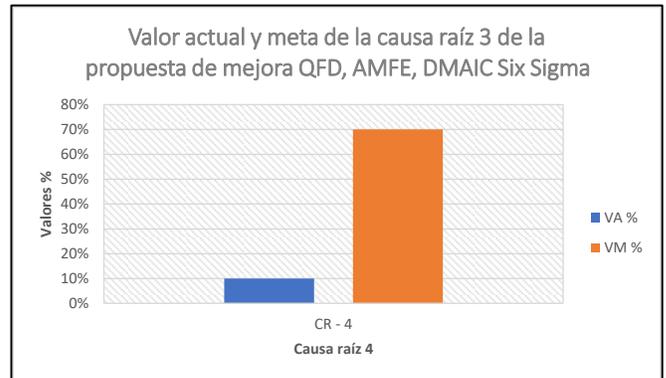


Fig. 21 Comparación del % entre el VA y VM- CR4

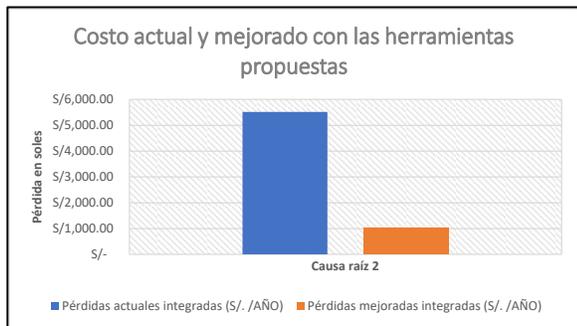


Fig. 18 Comparación del costo pérdida actual y mejorado con las herramientas propuesta-CR2

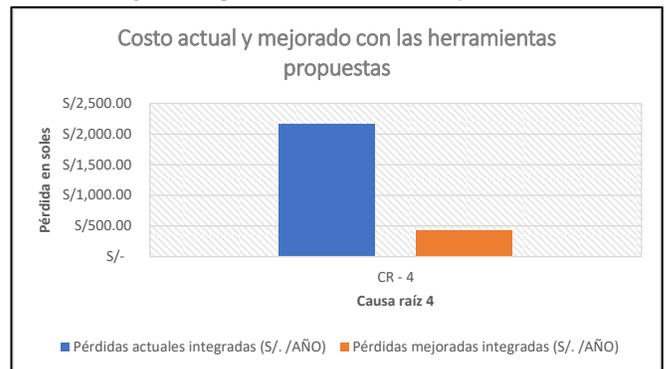


Fig. 22 Comparación del costo pérdida actual y mejorado con las herramientas propuesta-CR4

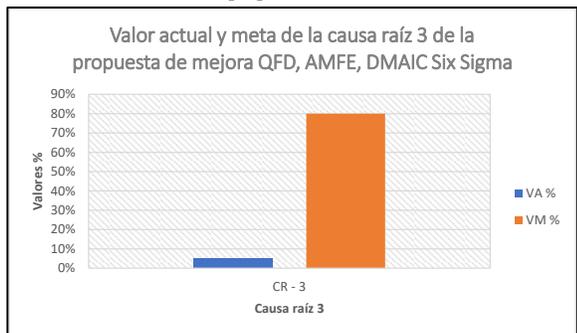


Fig. 19 Comparación del % entre el VA y VM- CR3

Además, gracias a las herramientas DMAIC y Six sigma, se lograron mejorar los costos de las causas raíz. A continuación, se observa los gráficos de capacidad actuales, y las mejoradas aplicando las herramientas.

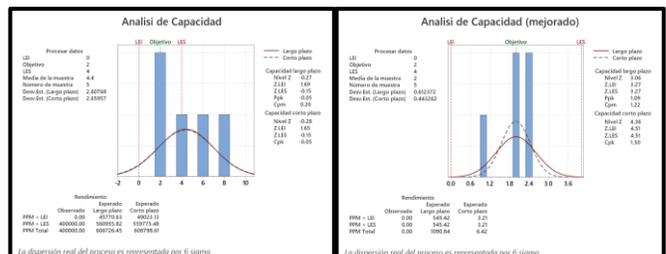


Fig. 23 Gráfica Six sigma CR1

## IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se determinó que las principales causas raíz (Tabla II), que afecta los procesos son: falta de mantenimiento de máquinas, falta de planificación de producción, falta de capacitación del personal en las diferentes estaciones de trabajo, falta de control de inventario.

En, la tabla 12 muestra las capacidades reales de los indicadores de las causas raíz, la capacidad del indicador 1, demora en los procesos de producción por falta de mantenimiento de las maquinarias, mejoran con relación al actual (-0,05 a 1,09) esto debido al mantenimiento preventivo de la maquinaria, que hace posible un correcto funcionamiento de los procesos de producción [6].

La capacidad de producción de la maquinaria no se ha utilizado de manera planificada, resultando en la fabricación de productos de alimento balanceado con baja demanda en el mercado, mientras que los productos más demandados y con mayor rotación han sido descuidados. Por ello, se implementó una planificación más eficiente en la producción de alimentos balanceados para optimizar el uso de la maquinaria y centrarse en los productos de mayor demanda, teniendo una mejora (-0,32 a 1,13).

Productos defectuosos (merma) por deficiencia en la realización del proceso en las estaciones de trabajo, mejoran con relación al actual (-0,08 a 0,33) esto debido a que la capacitación a los operarios disminuye los productos defectuosos optimiza el trabajo en las áreas de producción. La capacitación es importante ya que una falla hace que el producto sea inservible, por lo que es necesario establecer un plan periódico de capacitación y establecer estrategias que optimicen el trabajo en áreas [7].

La falta de un sistema de control de inventario adecuado en la fabricación de alimentos balanceados ha llevado a desperdicios y pérdidas de materiales, lo que resulta en costos innecesarios y en el uso subóptimo de la capacidad máxima del almacén. Implementar un control de inventario más eficaz permitiría maximizar el uso del espacio de almacenamiento y reducir las pérdidas materiales [11].

## V. CONCLUSIONES

Se concluye que son 4 las causas raíz que viene afectando a la empresa, que gracias a las herramientas diagnosticas se pudieron detectar que son: Falta de mantenimiento de las maquinarias, falta de planificación de producción, falta de capacitación del personal en las diferentes estaciones de trabajo, falta de control de inventario. Así mismos los costos de pérdida de estas son de S/6,240.00, S/5,519.05, S/1,970.00; S/2,173.33 respectivamente, dando un total S/ 15,902.38 soles.

Al analizar los problemas y proponer soluciones se desarrollaron herramientas de mejora, Casa de calidad (QFD), Análisis de Modo de Fallos y Efectos (AMFE) y DMAIC, acompañado de la Lean Six sigma, logrando una reducción de los costos operacionales de la fábrica de alimentos balanceados y aumentando su rentabilidad. Se determinó después de la aplicación de la herramienta una pérdida mejorada de S/3,184.80 soles, representando un beneficio de S/12,717.58 soles.

Luego, se realizó una evaluación económica de la propuesta, se calculó el Valor Actual Neto (VAN) con un valor de S/5,094.93 soles, una Tasa Interno de Recuperación (TIR), de 32.44% y un Periodo de Recuperación de Inversión de 7.1 años, con lo que se concluye que la propuesta de mejora planteada es rentable para la fábrica de los ladrillos.

## REFERENCIAS

- [1] Loayza, N. (2016). La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo en el Perú y el mundo. Revista estudios económicos, 31(9), 9-31.
- [2] WILBER ARCE RAMOS, RICARDO (2021) "El Sistema De Gestión De La Calidad Y Su Influencia En La Comercialización De Equipos De Cómputo De La Empresa Mayusystem E.I.R.L De La Ciudad De Juliaca, 2020
- [3] Aguilar Ayala, J. N. (2023). Gestión de la calidad en obras de construcción.

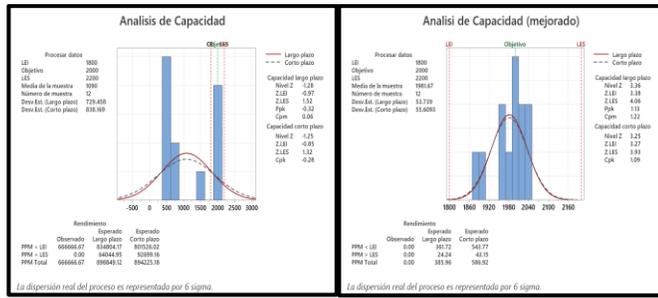


Fig. 24 Gráfica Six sigma CR2

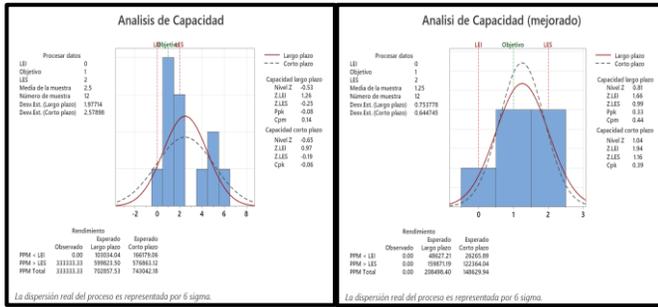


Fig. 25 Gráfica Six sigma CR3

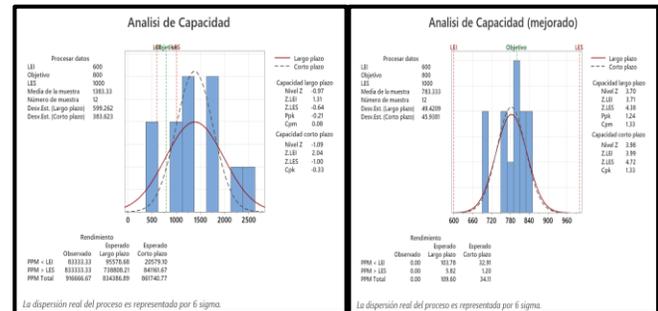


Fig. 26 Gráfica Six sigma CR4

En la TABLA XX se resumen la capacidad Six sigma, de todas las causas raíz, el cual se presentan la pérdida, Cpk y nivel Z, haciendo una comparación del actual y mejorado.

TABLA XII  
COMPARACIÓN DE CAPACIDAD SIX SIGMA

CR	DESCRIPCIÓN	ACTUAL			MEJORADO		
		S/. Pérdida	Cpk 1	Z 1	S/. Pérdida	Cpk 2	Z 2
CR - 1	Falta de mantenimiento de las maquinarias	S/6,240.00	-0,05	-0,27	S/1,130.00	1,09	3,06
CR - 2	Falta de planificación de producción.	S/5,519.05	-0,32	-1,28	S/1,024.80	1,13	3,36
CR - 3	Falta de capacitación del personal en las diferentes estaciones de trabajo.	S/1,970.00	-0,08	-0,53	S/560.00	0,33	0,81
CR - 4	Falta de control de inventario	S/2,173.33	-0,21	-0,97	S/430.00	1,24	3,70

- [4] dos Santos, GAB, & Campos, G. (2021). El uso del diagrama de Ishikawa para identificar las causas de contaminación en la línea de producción de matanza de ganado. *La Técnica*, 11 (2), 13-21.
- [5] Juárez-Jiménez, K. Y., Licona-Olmos, J. G., & Serrano-Serrano, A. (2023). Aplicación de herramientas de gestión de calidad en una empresa de cárnicos. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 11(Especial3), 157-166.
- [6] Santelices, C., Herrera, R., & Muñoz, F. (2019). Problems in quality management and technical inspection of work: A study applied to the chilean context. [Problemas en la gestión de calidad e inspección técnica de obra: Un estudio aplicado al contexto chileno] *Revista Ingeniería De Construcción*, 34(3), 242-251. doi:10.4067/S0718- 50732019000300242
- [7] Coletti, J., Bonduelle, G. M., & Iwakiri, S. (2010). Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados com uso de ferramentas de controle de qualidade. *Acta Amazonica*, 40(1), 135-140.
- [8] Arroyo, F., y Buenaño, C. (2017). Calidad en el Servicio: Oportunidad para el Sector Automotor en el Ecuador. *Revista Mensual de la UIDE Extensión Guayaquil*, 2(9), 42-52. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6128451>
- [9] Melo A. (2022) Principales puntos de control de calidad en fábricas de alimento <https://www.3tres3.com/latam/articulos/control-de-calidad-en-fabricas-de-alimento-para-cerdos-14248/> 2º párrafo.
- [10] Velasquez Carrillo, J. (2020). Caracterización de las prácticas contables de costos y presupuestos en las unidades productivas de la comuna 8 de Villavicencio. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones Y Negocios)*, 7(1) 165-178. <https://doi.org/10.22579/23463910.197>
- [11] Falcó Rojas, Arturo Ruiz (2006) CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS p.20
- [12] Beatriz Pateiro, Pedro Faraldo (2013) Estadística y metodología de la investigación Curso 2012-2013 [http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat\\_G2021103104\\_EstadisticaTema1.pdf](http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_G2021103104_EstadisticaTema1.pdf)
- [13] Gutiérrez Pulido, Humberto y De la Vara Salazar, Romám (2009) CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA
- [14] Guerra Bretaña, R. M., Almirall, A., & Meizoso, M.C. (2013, January). Utilización del AMFE y el DFC para la Evaluación de los Riesgos. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/290715266\\_Utilizacion\\_del\\_AMFE\\_y\\_el\\_DFC\\_para\\_la\\_Evaluacion\\_de\\_los\\_Riesgos](https://www.researchgate.net/publication/290715266_Utilizacion_del_AMFE_y_el_DFC_para_la_Evaluacion_de_los_Riesgos)
- [15] Snee, R. (2010, March). Lean Six Sigma – getting better all the time. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/242025667\\_Lean\\_Six\\_Sigma\\_-\\_getting\\_better\\_all\\_the\\_time](https://www.researchgate.net/publication/242025667_Lean_Six_Sigma_-_getting_better_all_the_time)
- [16] Howard, T., Eifler, T., Pedersen, S., Göhler, S., Boorla, S., & Christensen, M.E. (2017). The variation management framework (VMF): A unifying graphical representation of robust design. DTU Library. [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/163090146/A\\_Framework\\_for\\_Robust\\_Design\\_and\\_Variation\\_Management.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/163090146/A_Framework_for_Robust_Design_and_Variation_Management.pdf)