

Application of Quality Management Tools to Reduce Operational Costs in a Bakery in Laredo, Peru - 2024

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Edgar Guiler Avila-Torres, estudiante Ingeniería Industrial¹, Diana Valeria Pinillos-Bonilla, estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00280418@upn.pe, n00285841@upn.pe

Abstract– This research focuses on analyzing the application of quality management tools to reduce operational costs in a bakery located in Laredo, Peru. The study was designed to be diagnostic and purposeful, with a formal and precise approach. Initially, a comprehensive assessment of the company's areas was conducted using the Ishikawa diagram to identify the primary causes of economic losses. Key issues included inadequate control over fermentation time of the bread dough, improper toasting duration, lack of oversight in various areas, and insufficient staff capacity. The engineering methodologies applied in this investigation included Quality Function Deployment (QFD), Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), and the DMAIC Six Sigma framework. These methodologies enabled us to optimize operational processes, ensure product quality meets customer needs, and minimize faults and defects, along with their associated costs. The results from implementing these methodologies included improved time management in dough fermentation and toasting, a reduction in product losses due to pest infestations, and enhanced operational procedures. Financial projections indicated a decrease in costs from S/ 72,080.72 to S/ 56,016.22. Furthermore, an economic evaluation of the proposed improvements yielded a positive Net Present Value (NPV) of S/ 40,431.66, an Internal Rate of Return (IRR) of 86.34%, a payback period of 2.5 years, and a Benefit-Cost ratio (B/C) of S/ 3.30, confirming the proposal's viability.

Keywords: QFD, AMFE, Six sigma, Gestión, Calidad.

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

Aplicación de herramientas de gestión de calidad para la reducción de costos operacionales en una panificadora en Laredo – Perú, 2024

Application of Quality Management Tools to Reduce Operational Costs in a Bakery in Trujillo, Peru - 2024

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Edgar Guiler Avila-Torres, estudiante Ingeniería Industrial¹, Diana Valeria Pinillos-Bonilla, estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00280418@upn.pe, n00285841@upn.pe

Resumen– El presente trabajo de investigación tuvo como propósito analizar la aplicación de las herramientas de gestión de calidad para reducir los costos operacionales en una panificadora en Laredo, Perú. Por diseño, esta investigación fue de carácter diagnóstico y propositivo, con un enfoque formal y exacto. Primero, se realizó un diagnóstico exhaustivo de las áreas de la empresa utilizando el diagrama de Ishikawa, identificándose las causas raíz de las principales pérdidas económicas, tales como: la falta de control de tiempo en la fermentación de la masa del pan, la falta de control en el tiempo de tostado, la ausencia de control de plagas y la falta de capacitación del personal. Las metodologías de ingeniería implementadas en esta investigación fueron: Casa de Calidad (QFD), Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE), y DMAIC Six Sigma. Esto nos permitió optimizar el proceso operativo, asegurar que el producto cumpliera con las exigencias del cliente y evitar fallas, defectos y los altos costos asociados. Los resultados de las metodologías de ingeniería fueron: mejora en el control de tiempo en la fermentación de la masa de pan, mejora en el control de tiempo en el tostado de pan, disminución de unidades de producto desechadas por infestación de plagas, y mejora del operario en la realización del proceso, estimándose una reducción de las pérdidas actuales de S/ 72,080.72 a S/ 56,016.22. Asimismo, se hizo la evaluación económica/financiera de la propuesta de mejora, obteniendo un VAN positivo igual a S/ 40,431.66, con una TIR del 86.34%, recuperándose el total de la inversión en 2.5 años y un B/C de S/ 3.30, lo que significó que la propuesta fue viable.

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

Abstract– This research focuses on analyzing the application of quality management tools to reduce operational costs in a bakery located in Laredo, Peru. The study was designed to be diagnostic and purposeful, with a formal and precise approach. Initially, a comprehensive assessment of the company's areas was conducted using the Ishikawa diagram to identify the primary causes of economic losses. Key issues included inadequate control over fermentation time of the bread dough, improper toasting duration, lack of oversight in various areas, and insufficient staff capacity. The engineering methodologies applied in this investigation included Quality Function Deployment (QFD), Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), and the DMAIC Six Sigma framework. These methodologies enabled us to optimize operational processes, ensure product quality meets customer needs, and minimize faults and defects, along with their associated costs. The results from implementing these methodologies included improved time management in dough fermentation and toasting, a reduction in product losses due to pest infestations, and enhanced operational procedures. Financial projections indicated a decrease in costs from S/ 72,080.72 to S/ 56,016.22. Furthermore, an economic evaluation of the proposed improvements yielded a positive Net Present Value

(NPV) of S/ 40,431.66, an Internal Rate of Return (IRR) of 86.34%, a payback period of 2.5 years, and a Benefit-Cost ratio (B/C) of S/ 3.30, confirming the proposal's viability.

Keywords: QFD, AMFE, Six sigma, Gestión, Calidad.

I. INTRODUCCIÓN

El sector de las panificadoras ha experimentado un notable crecimiento debido a la globalización y el aumento de la población en los últimos años. Esta investigación busca proponer herramientas de gestión de calidad para reducir los costos operativos de una panificadora en Trujillo. Se realizará una evaluación para calcular las pérdidas económicas de las principales causas raíz identificadas, aplicando metodologías de ingeniería industrial para mejorar la calidad del producto y aumentar la rentabilidad.

Se sabe que la panificadora fabrica y comercializa pan. Este tiene un proceso de producción específico que abarca desde la obtención de la materia prima hasta la elaboración final del producto. Sin embargo, los procesos de producción presentan deficiencias a la hora de generar el producto solicitado por el cliente, lo cual afecta la satisfacción y fidelidad de los clientes hacia la marca.

Numerosos estudios se centran en los diagnósticos para identificar los problemas que afectan tanto a la producción como al servicio al cliente [1]. Estas deficiencias también causan pérdidas financieras que disminuyen las ganancias de la empresa [2], por lo que implementar una propuesta de mejora puede aumentar su eficiencia [3].

Otras investigaciones han desarrollado estrategias para mejorar el ámbito económico [4]. Además, la gestión de calidad es un aspecto crucial que influye considerablemente en la competitividad del sector alimenticio [5]. De igual manera, se busca la mejora continua y la estandarización en el proceso productivo [6].

El rubro de las panificadoras en Perú es un sector dinámico y relevante dentro de la industria alimentaria del país. Se caracteriza por la presencia de numerosos establecimientos, tanto grandes cadenas como pequeñas panaderías artesanales, que ofrecen una amplia variedad de panes, pasteles y otros productos horneados. [7].

Se emplearon diversas metodologías para identificar las causas raíz que están afectando el proceso y los costos operacionales de la empresa. El diagrama de Ishikawa es una herramienta diagnóstica que permite la fácil identificación de las principales causas raíz en un problema. Es una de las herramientas más usadas en los procesos de distintas

textura del producto final. A través de pruebas de calidad en distintos lotes de producción y el análisis de los tiempos de tostado, se verificó que la ausencia de un temporizador genera panes de molde quemados, lo que resulta en un producto no conforme y su rechazo por parte de los clientes, ocasionando una pérdida económica de S/ 720.28 mensuales.

La segunda causa raíz es la falta de control en el proceso de fermentación. Se observó que una fermentación inadecuada de la masa provoca deformaciones que afectan negativamente la apariencia del pan. Mediante pruebas de calidad en distintos lotes de producción y el análisis de los tiempos de fermentación, se verificó que la ausencia de un temporizador genera variaciones en el inflado de la masa, resultando en productos que no cumplen con los estándares de presentación y estructura requeridos, lo que genera una pérdida económica de S/ 4,849.68 mensuales.

La tercera causa raíz es la falta de capacitación del personal. Esto se evidencia en la repetición de errores humanos, como el rompimiento excesivo de tostadas durante la producción. A través del análisis de las operaciones diarias, se determinó que muchos de estos errores son consecuencia de la falta de un programa de capacitación para los operarios. La observación directa del manejo de los equipos y la revisión de los procedimientos revelaron que los operarios no seguían de manera constante las mejores prácticas, resultando en defectos de producción y un uso ineficiente de los recursos, lo que ocasiona una pérdida económica de S/ 183.81 mensuales.

Finalmente, se identificó la ausencia de un control de plagas como la cuarta causa raíz. El análisis mostró que insectos como hormigas contaminaban los productos, generando riesgos para la seguridad alimentaria. Este problema se detectó mediante inspecciones periódicas y reportes de calidad que evidenciaron la presencia recurrente de plagas en las áreas. Se identificó que los tratamientos aplicados no eran adecuados para las condiciones específicas de la panificadora, lo que permitía que las infestaciones persistieran. Esto ocasiona una pérdida económica mensual de S/ 252.95.

TABLA II
MONETIZACIÓN DE PERDIDAS

CAUSAS - RAÍZ	DESCRIPCIÓN	Perdidas Actuales S./mes
CR - 1	Falta de control en el tiempo de tostado de pan	S/ 720,28
CR - 2	Falta control en el tiempo en el proceso fermentación	S/ 4.849,68
CR - 3	Falta de capacitación del personal	S/ 183,81
CR - 4	Ausencia de control de plagas	S/ 252,95
Total		S/ 6.006,73

Después de obtener la monetización de las pérdidas de cada causa raíz, en la tabla 2, se comenzó con la realización del diagrama Pareto para dar con el % de cada causa raíz, para estimar con precisión cuál de las causas raíz son las más trascendentes.

TABLA III
DATOS EN EL PARETO

CAUSA - RAÍZ	Pérdida Económica	Pérdida Económica Acumulada	% Costo ACUMULADO	% N° de causas acumulado
CR - 2	S/ 4.849,68	S/ 4.849,68	80,74%	25%
CR - 1	S/ 720,28	S/ 5.569,96	92,73%	50%
CR - 4	S/ 252,95	S/ 5.822,91	96,94%	75%
CR - 3	S/ 183,81	S/ 6.006,73	100,00%	100%

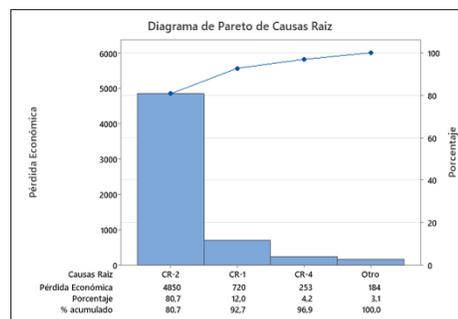


Fig. 2 Diagrama de Pareto

Se analizaron las principales causas que generaban pérdidas económicas permitiéndonos evaluar la baja rentabilidad. Los datos fueron observados, evaluados y puestos en diagramas con la aplicación de la estadística descriptiva, gráficos de control, histogramas, curva de distribución y el cálculo de capacidades del proceso. Esta información fue procesada en aplicaciones como Microsoft Excel y Minitab. Se estableció que el valor del Cp debe superar 1 para garantizar que el proceso pueda cumplir con las especificaciones.

TABLA IV
ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO

CAUSA RAÍZ	DESCRIPCION	Cp	Cpk
CR - 1	Falta de control en el tiempo de tostado de pan	0,36	-0,45
CR - 2	Falta control en el tiempo en el proceso fermentación	0,49	0,47
CR - 3	Falta de capacitación del personal	0,24	-1,03
CR - 4	Ausencia de control de plagas	0,45	0,14

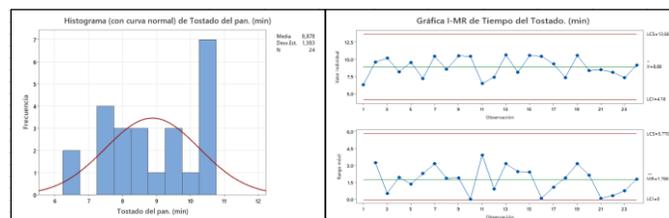


Fig. 3 Histograma y Gráfica de control I-MR (CR1, Variable)

Nota. La presente figura muestra que el tiempo de tostado del pan en el proceso se encuentra bajo control estadístico.

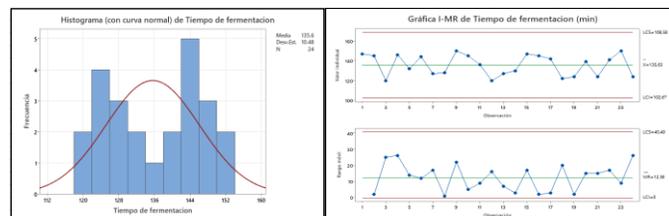


Fig. 4 Histograma y Gráfica de control I-MR (CR2, Variable)

Nota. La presente figura muestra que el tiempo de fermentación de la masa del pan en el proceso se encuentra bajo control estadístico.

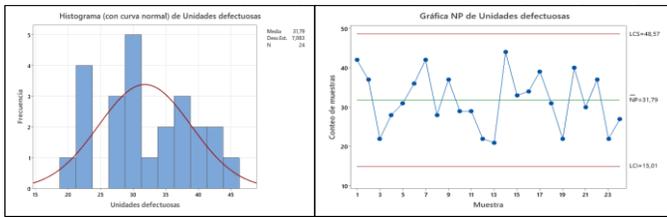


Fig. 5 Histograma y Gráfica de control NP (CR3, Atributo)

Nota. La presente figura muestra que las unidades defectuosas por falta de capacitación al personal se encuentran bajo control estadístico.

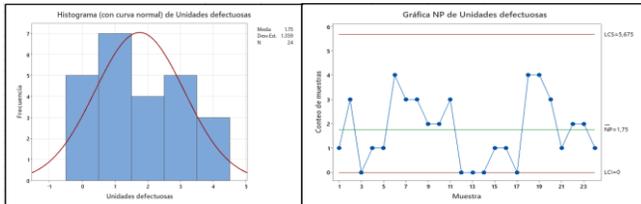


Fig. 6 Histograma y Gráfica de control NP (CR4, Atributo)

Nota. La presente figura muestra que las unidades defectuosas por ausencia de control de plagas se encuentran bajo control estadístico.

B. Propuesta de Solución

La propuesta de solución se basa en la implementación de tres herramientas principales: la casa de calidad (QFD), el Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), y el método DMAIC de Six Sigma. En primer lugar, se utilizó QFD para identificar tanto los requerimientos técnicos como del cliente.

Se identificaron los siguientes requerimientos del cliente:

- El pan debe tener una textura uniforme.
- Las tostadas deben presentar un tostado uniforme y constante.
- El producto debe estar completamente libre de bichos y gusanos.
- Se debe cumplir con los pedidos del cliente.

Se identificaron los siguientes requerimientos técnicos:

- Instalar un temporizador para monitorear y controlar los tiempos.
- Implementar tratamientos preventivos y métodos de control de plagas adecuados.
- Establecer un programa de capacitación.
- Mantener registros detallados de cada lote de producción.
- Implementar un sistema para recopilar opiniones de los clientes sobre la calidad del producto.

Import. ponderada de los req. técnicos	5					1,825
	15	6	14	8	13	
Instalar un temporizador para monitorear y controlar los tiempos.	1,875	1	1,75	1	1,825	1,825
Implementar tratamientos preventivos y métodos de control de plagas adecuados.	1	1	1	1	1	1,825
Establecer un programa de capacitación.	1	1	1	1	1	1,825
Mantener registros detallados de cada lote de producción.	1	1	1	1	1	1,825
Implementar un sistema para recopilar opiniones de los clientes sobre la calidad del producto.	1	1	1	1	1	1,825
El pan debe tener una textura uniforme.	5	9	3	3	9	B A A C
Las tostadas deben presentar un tostado uniforme y constante.	4	9	3	3	3	C B A A
El producto debe estar completamente libre de bichos y gusanos.	3	9	3	3	3	A C B B
Cumplir con los pedidos del cliente.	4	9	3	3	3	B C A A
Importancia ponderada por requerimiento del cliente	81	27	72	48	69	
Nota	3	1	2,66666667	1,77777778	2,55555556	
Evaluación ponderada de los req. técnicos del producto o servicio.	151,875	27	126	48	112,125	
Nota	5,625	1	4,66666667	1,77777778	4,15277778	

Fig. 7 QFD - Casita de calidad

El Análisis de Modo de Falla y Efecto (AMFE) se aplicó para evaluar el proceso productivo en la panificadora. Este método permitió identificar posibles fallos, sus causas, efectos y método de detección. Con esta información, se calculó el NPR para cada fallo, priorizando los más críticos. Para estos, se propusieron acciones correctivas con el fin de mejorar el proceso, aumentar la satisfacción del cliente y reducir costos.

Tabla V ANÁLISIS DE MODO FALLA Y EFECTOS

Proceso	Fallos potenciales		Condiciones existentes				Acción y estado recomendados	Área responsable de la acción correctiva	Resultados						
	Modos de falla	Efectos	Causas del modo de fallo	Método de detección	Gravidad	Frecuencia			Nº Prioridad de riesgo (NPR)	Acción emprendida	Gravidad	Frecuencia	Nº Prioridad de riesgo (NPR)		
Fermado	Realización del proceso Inadecuada	Producto Inadecuada	Falta de control de Tiempo	País de molde deformado	7	8	1	56	Instalar un temporizador para controlar los tiempos de fermentado.	Muestro pondero	Instalar temporizador	1	3	1	9
Tostado	Realización del proceso Inadecuada	Producto Inadecuada	Falta de control de Tiempo	Tostados quemados	7	9	1	63	Instalar un temporizador para controlar el tiempo de Tostado.	Muestro pondero	Instalar temporizador	2	3	1	6
Enfriamiento y Envasado	Mal control de plagas en el proceso	Contaminación del producto	Uso de tratamientos que no son efectivos para las plagas específicas presentes.	País de molde ineficaz	3	2	8	48	Implementación de tratamiento preventivo y métodos de control de plagas.	Limpieza	Implementación de tratamientos preventivos	1	1	4	4
Embalado	Realización del proceso Inadecuada	Perfilado de producto por norma	Operarios sin capacitación	Bolitas con tostados rotos	9	1	6	54	Establecer un programa de capacitación.	Muestro pondero	Capacitación del colaborador	3	1	4	12
	Realización del proceso Inadecuada	Perfilado de producto por norma	Operarios sin motivación	Bolitas con tostados rotos	8	5	2	80	Establecer un programa de bonos por productividad.	Administrador	Implementación de un programa de bono por productividad.	2	1	1	2

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

La metodología Six Sigma se empleó para analizar la dispersión en los datos recopilados de variables y atributos asociados a las causas identificadas. Se calculó el nivel Z para determinar las oportunidades de mejora, con el objetivo de alcanzar el estándar Six Sigma. Este proceso se llevó a cabo siguiendo las etapas del ciclo DMAIC.

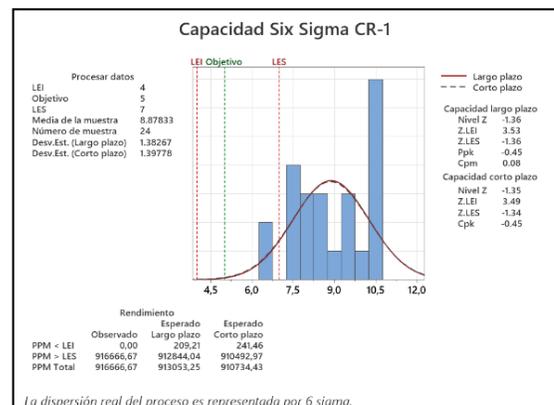


Fig. 8 Gráfica Six Sigma - CR1

TABLA VI
METODOLOGIA DMAIC CR-1

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D(definir)	Plan de organización y acción para los trabajadores
	Falta de interés por la planificación
	Plan de actividades por turno
	Baja demanda
M (medir)	Definir las operaciones de proceso a cada persona
	Diagramas de control
	Plan de recolección de datos
	Elaborar un VSM
A(analizar)	Identificación de cada puesto y área con restricciones
	Analizar el problema determinando causa-raíz
	Priorizar las oportunidades de mejora
	Ejecutar un plan de proyecto
I(optimizar)	Instalar un temporizador para controlar el tiempo de Tostado.
	Establecer un programa de capacitación para estandarizar el tiempo de Tostado del pan
C(controlar)	Mantener un orden estándar para mejorar el desempeño y rendimiento
	Corregir el problema de acuerdo al nivel que lo amerite
	Realizar documentación
	Armar un organigrama de las áreas y sus procesos

TABLA VIII
METODOLOGIA DMAIC CR-3

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D(definir)	Plan de organización y acción para los trabajadores
	Falta de interés por la planificación
	Plan de actividades por turno
	Baja demanda
M (medir)	Definir las operaciones de proceso a cada persona
	Diagramas de control
	Plan de recolección de datos
	Elaborar un VSM
A(analizar)	Identificación de cada puesto y área con restricciones
	Analizar el problema determinando causa-raíz
	Priorizar las oportunidades de mejora
	Ejecutar un plan de proyecto
I(optimizar)	Establecer un programa de capacitación al nuevo personal para evitar unidades defectuosas.
	Establecer un programa de bonos por productividad para evitar unidades defectuosas.
C(controlar)	Mantener un orden estándar para mejorar el desempeño y rendimiento
	Corregir el problema de acuerdo al nivel que lo amerite
	Realizar documentación
	Armar un organigrama de las áreas y sus procesos

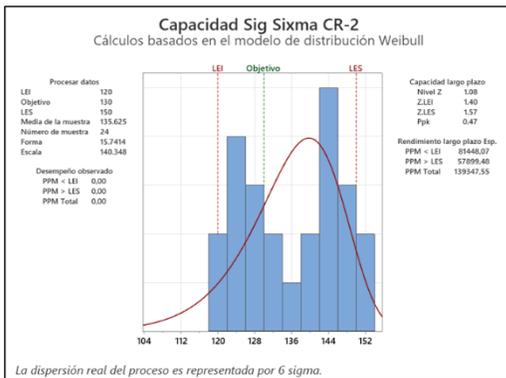


Fig. 9 Gráfica Six Sigma – CR

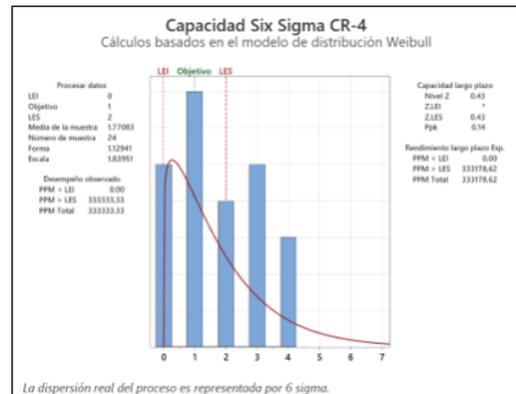


Fig. 11 Gráfica Six Sigma – CR4

TABLA VII
METODOLOGIA DMAIC CR-2

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D(definir)	Plan de organización y acción para los trabajadores
	Falta de interés por la planificación
	Plan de actividades por turno
	Baja demanda
M (medir)	Definir las operaciones de proceso a cada persona
	Diagramas de control
	Plan de recolección de datos
	Elaborar un VSM
A(analizar)	Identificación de cada puesto y área con restricciones
	Analizar el problema determinando causa-raíz
	Priorizar las oportunidades de mejora
	Ejecutar un plan de proyecto
I(optimizar)	Instalar un temporizador para controlar los tiempos de fermentado de la masa del pan
	Establecer un programa de capacitación para estandarizar el tiempo de fermentación de los moldes
C(controlar)	Mantener un orden estándar para mejorar el desempeño y rendimiento
	Corregir el problema de acuerdo al nivel que lo amerite
	Realizar documentación
	Armar un organigrama de las áreas y sus procesos

TABLA IX
METODOLOGIA DMAIC CR-4

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D(definir)	Plan de organización y acción para los trabajadores
	Falta de interés por la planificación
	Plan de actividades por turno
	Baja demanda
M (medir)	Definir las operaciones de proceso a cada persona
	Diagramas de control
	Plan de recolección de datos
	Elaborar un VSM
A(analizar)	Identificación de cada puesto y área con restricciones
	Analizar el problema determinando causa-raíz
	Priorizar las oportunidades de mejora
	Ejecutar un plan de proyecto
I(optimizar)	Implementación de tratamientos preventivos y métodos de control de plagas
	Establecer un programa de capacitación para efectuar correctamente el uso de químicos en los tratamientos de control de plagas
C(controlar)	Mantener un orden estándar para mejorar el desempeño y rendimiento
	Corregir el problema de acuerdo al nivel que lo amerite
	Realizar documentación
	Armar un organigrama de las áreas y sus procesos

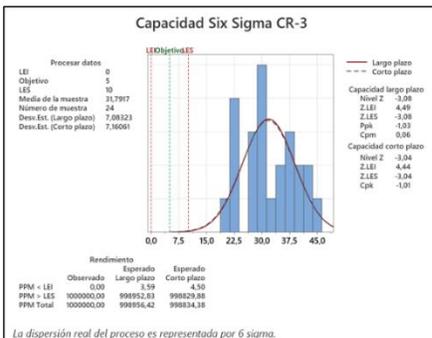


Fig. 10 Gráfica Six Sigma – CR3

C. Evaluación económica

Se efectuó una evaluación económica exhaustiva de las herramientas propuestas para la mejora del proceso, considerando varios factores clave. En primer lugar, se analizó el costo de los materiales necesarios para implementar dichas herramientas, asegurando que se seleccionaran opciones de calidad a precios competitivos. Además, se incluyó la depreciación de los equipos, calculando el desgaste esperado a lo largo de su vida útil, lo que permite una estimación precisa del costo real a largo plazo. También se consideró el costo de la consultoría. Este enfoque integral permitió determinar de manera clara y detallada el monto total de la inversión requerida, asegurando que todas las variables relevantes fueran tenidas en cuenta para una toma de decisiones informada.

TABLA X
INVERSIÓN TOTAL

N°	Herramienta	Costo anual (S/.)
1	Casa de calidad (QFD)	S/ 4.430,00
2	AMFE	S/ 4.580,00
3	Six Sigma	S/ 4.560,00
Total		S/13.570,00

En la evaluación económica, que abarcó estados de resultados y flujos de caja, se aplicó un costo de oportunidad del 20%. La inversión requerida se especificó en la TABLA X.

ESTADO DE RESULTADOS											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	S/ 14.025,50	S/ 13.897,21	S/ 13.773,11	S/ 13.654,51	S/ 13.541,20	S/ 13.433,09	S/ 13.329,97	S/ 13.231,77	S/ 13.138,40	S/ 13.049,79	S/ 12.965,87
Costos operativos	S/ 1.336,00										
Depreciación de activos	S/ 1.013,00										
Impuesto	S/ 113,50										
Utilidad antes de impuestos	S/ 11.550,00	S/ 10.438,71	S/ 9.300,61	S/ 8.145,01	S/ 6.975,20	S/ 5.793,09	S/ 4.600,97	S/ 3.399,77	S/ 2.188,40	S/ 1.000,79	S/ -120,00
Utilidad neta	S/ 8.662,50	S/ 7.829,03	S/ 6.975,46	S/ 6.111,76	S/ 5.248,50	S/ 4.384,80	S/ 3.520,73	S/ 2.656,37	S/ 1.791,70	S/ 926,84	S/ 60,00
Flujo de caja	S/ 8.662,50	S/ 7.829,03	S/ 6.975,46	S/ 6.111,76	S/ 5.248,50	S/ 4.384,80	S/ 3.520,73	S/ 2.656,37	S/ 1.791,70	S/ 926,84	S/ 60,00
Saludabilidad de inversión	S/ 8.662,50	S/ 7.829,03	S/ 6.975,46	S/ 6.111,76	S/ 5.248,50	S/ 4.384,80	S/ 3.520,73	S/ 2.656,37	S/ 1.791,70	S/ 926,84	S/ 60,00

Fig. 12 Estados de resultados

FLUJO DE CASH											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilidad después de impuestos	S/ 8.113,18	S/ 8.624,21	S/ 9.160,83	S/ 9.724,27	S/ 10.313,88	S/ 10.927,06	S/ 11.563,31	S/ 12.221,17	S/ 12.899,27	S/ 13.596,33	S/ 14.311,99
Depreciación	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00	S/ 1.013,00
Inversión	S/ -13.570,00	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	S/ 0,00
Flujo de caja	S/ -13.570,00	S/ 9.137,18	S/ 10.177,21	S/ 11.173,83	S/ 12.127,27	S/ 13.050,88	S/ 13.936,31	S/ 14.784,17	S/ 15.592,27	S/ 16.369,33	S/ 17.104,99

Fig. 13 Flujo de Caja

Tras elaborar el estado de resultados y el flujo de caja, se procedió a calcular los indicadores económicos clave. Estos incluyeron el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

TABLA XI
INDICADORES ECONÓMICOS

INDICADORES ECONOMICOS	
VAN	S/. 40.431,66
TIR	86,34%
PRI	2,5 años

III. RESULTADOS

El análisis estadístico reveló una comparación entre las pérdidas actuales y las proyectadas tras las mejoras para cada causa raíz identificada, obteniendo un beneficio económico total de S/ 16,064.50 anuales para la panificadora.

TABLA XII
OPERALIZACIÓN DE INDICADORES

CR	Descripción	Pérdida Actual (S./AÑO)	Pérdida mejorada (S./AÑO)	Beneficio (S./)
CR - 1	Falta de control en el tiempo de tostado de pan	S/ 8.643,32	S/ 2.206,80	S/ 6.436,52
CR - 2	Falta control en el tiempo en el proceso fermentación	S/ 58.196,18	S/ 51.236,51	S/ 6.959,67
CR - 3	Falta de capacitación del personal	S/ 2.205,76	S/ 332,45	S/ 1.873,31
CR - 4	Ausencia de control de plagas	S/ 3.035,45	S/ 2.240,45	S/ 795,00

Los datos recopilados se visualizaron en gráficos comparativos, contrastando los costos actuales y optimizados para cada causa raíz. La Figura 15 evidencia que la causa CR2 representa la mayor fuente de pérdidas, seguida por la causa CR1.

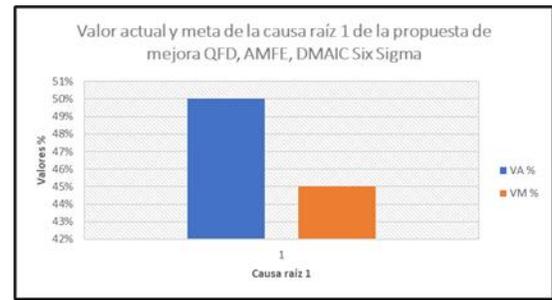


Fig. 14 Comparación del % entre el VA y VM- CR1



Fig. 15 Comparación de la pérdida actual y mejorada con las herramientas propuesta-CR1

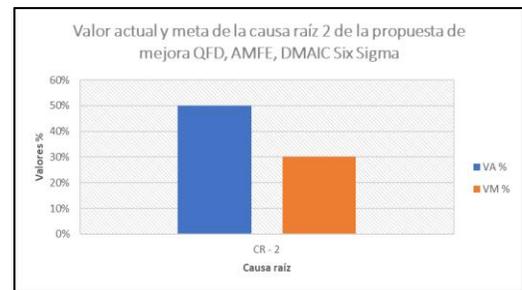


Fig. 16 Comparación del % entre el VA y VM- CR2



Fig. 17 Comparación de la pérdida actual y mejorada con las herramientas propuesta-CR2

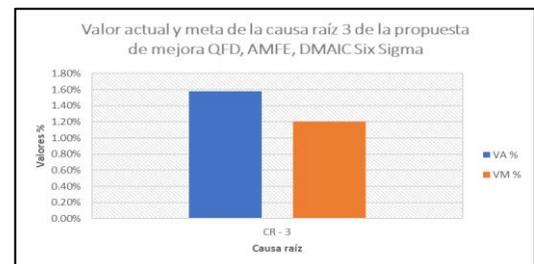


Fig. 18 Comparación del % entre el VA y VM - CR3

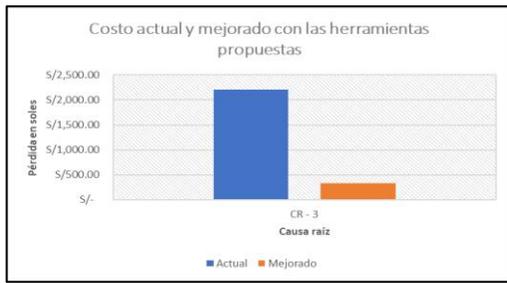


Fig. 19 Comparación de la pérdida actual y mejorada con las herramientas propuesta – CR3

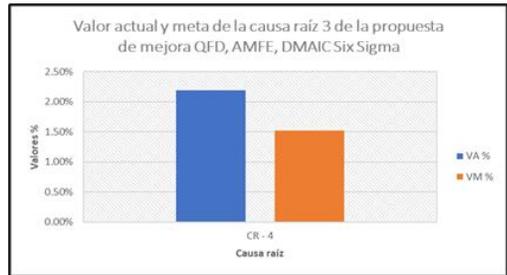


Fig. 20 Comparación del % entre el VA y VM – CR4

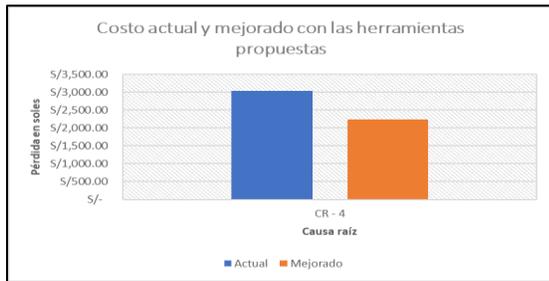


Fig. 21 Comparación de la pérdida actual y mejorada con las herramientas propuesta – CR4

La implementación de las metodologías DMAIC y Six Sigma resultó en una notable reducción de costos de las causas raíz. Los gráficos de capacidad presentados a continuación muestran la mejora de la situación, empleando estas herramientas en el proceso.

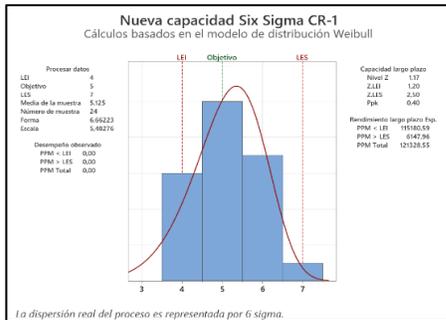


Fig. 22 Gráfica Six sigma mejorada CR-1

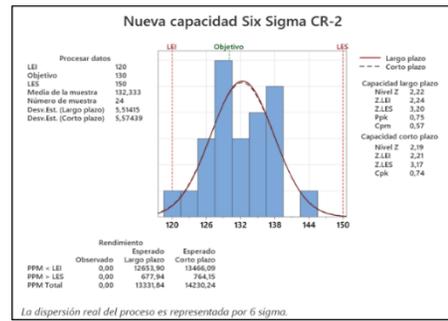


Fig. 23 Gráfica Six sigma mejorada CR-2

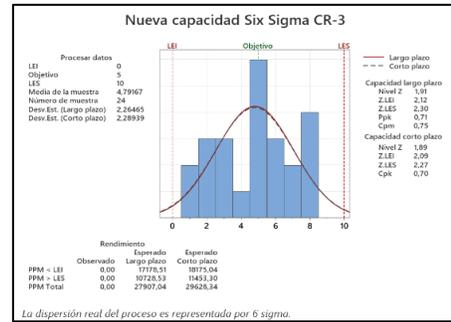


Fig. 24 Gráfica Six sigma mejorada CR-3

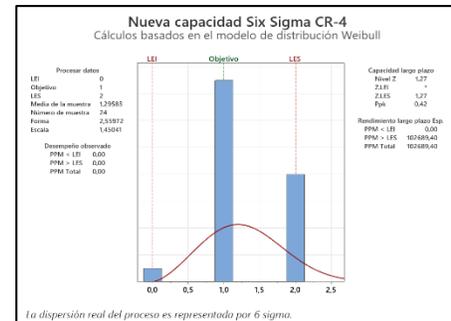


Fig. 25 Gráfica Six sigma mejorada CR-4

En la TABLA XII se visualizan la capacidad Six sigma de todas las causas raíz, exhibiendo una comparativa entre los estados actual y mejorado. Esta incluye métricas clave como pérdidas, Cpk y nivel Z.

TABLA XIII
COMPARACIÓN DE CAPACIDAD SIX SIGMA

CAUSA	INDICADOR	INICIAL		MEJORA			
		S/	Cpk	Z	S/	Cpk	Z
CR - 2	Falta control en el tiempo en el proceso fermentación	\$/ 4.849,68	0,47	1,08	\$/ 4.269,71	0,75	2,22
CR - 1	Falla de control en el tiempo de tostado de pan	\$/ 720,28	-0,45	-1,36	\$/ 183,90	0,40	1,17
CR - 4	Ausencia de control de plagas	\$/ 252,95	0,14	0,43	\$/ 186,70	0,42	1,27
CR - 3	Falta de capacitación del personal	\$/ 183,81	-1,03	-3,08	\$/ 27,70	0,70	1,91

VI. DISCUSIÓN

El estudio identificó las causas raíz fundamentales que impactan los procesos, según se detalla en la Tabla II. Estas incluyen: falta de control en el tiempo de tostado de pan, falta de control en el tiempo en el proceso de fermentación, falta de capacitación del personal, ausencia de control de plagas.

La tabla 12 señala las capacidades reales de los indicadores

vinculados a las causas raíz. La capacidad del indicador 2, tiempo de fermentación para masa de pan, muestra una mejora significativa (0.47 a 0.75); esto debido a la implementación de controles más estrictos y estandarizados, como sugiere [3] al utilizar el diagrama de Ishikawa para identificar las causas raíz.

En la capacidad del indicador de la causa 1, tiempo de tostado de pan, mejora con relación al actual (-0.45 a 0.40); esto debido a la optimización de los parámetros de control y la implementación de procedimientos más rigurosos, lo cual se alinea con los principios del análisis de capacidad. La implementación de esta herramienta permite determinar si un proceso es capaz de cumplir con las especificaciones técnicas deseadas, garantizando la calidad de los productos [8].

En la capacidad del indicador de la causa 3, unidades desechadas por contaminación de plagas, mejora con relación al actual (0.14 a 0.42); esto debido a la efectividad de las medidas de control implementadas. Esto se relaciona con el enfoque de AMFE, que permite identificar y mitigar los fallos potenciales en los productos y procesos [15].

En la capacidad del indicador de la causa 4, unidades defectuosas por falta de capacitación, mejora con relación al actual (-1.03 a 0.70), este progreso se atribuye al programa de capacitación para efectuar correctamente el uso de químicos en los tratamientos de control de plagas, implementado a partir del DMAIC. La metodología DMAIC, en su etapa "I", optimiza el proceso mediante planes de acción con actividades que las personas involucradas tienen que seguir [16].

Los resultados de este estudio tuvieron implicaciones importantes para la industria panadera en términos de gestión de calidad. Las mejoras en los indicadores clave demostraron que la implementación de controles rigurosos, la capacitación del personal y el uso de herramientas como el diagrama de Ishikawa, el AMFE y la metodología DMAIC fueron efectivos para optimizar procesos, reducir pérdidas y mejorar la calidad del producto [3]. Esto no solo disminuyó los costos, sino que también aumentó la satisfacción del cliente.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que son 4 causas raíz principales que afectan el rendimiento de la empresa, las cuales se identificaron gracias a las herramientas diagnósticas que se emplearon, estas son: falta de control de tiempo en la fermentación de la masa del pan, falta de control en el tiempo de tostado, ausencia de control de plagas y falta de capacitación del personal. Estas causas generan pérdidas económicas significativas de S/ 58,196.18, S/ 8,643.32, S/ 3,035.45 y S/ 2,205.76; respectivamente, resultando en un total de S/ 72,080.72 soles.

Al examinar los problemas y proponer soluciones, se implementaron diversas herramientas de mejora, incluyendo la Casa de calidad (QFD), Análisis de Modo de Fallos y Efectos (AMFE) y la metodología DMAIC; en conjunto con los principios de Lean Six Sigma. Estas intervenciones resultaron en una disminución significativa de los gastos operativos de la panificadora, lo que a su vez incrementó su rentabilidad. Tras la implementación de estas herramientas, se determinó una pérdida mejorada de S/ 56,016.22 soles, lo cual representa un beneficio de S/ 16,064.50 soles para la empresa.

Se procedió a realizar una evaluación económica de la

propuesta de mejora, los resultados arrojaron un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 40,431.66 soles, una Tasa Interna de Recuperación (TIR) del 86,34%, y un Periodo de Recuperación de Inversión de 2,5 años. Estos indicadores financieros demuestran que la implementación de las mejoras propuestas es económicamente viable y beneficiosa para la empresa panificadora.

REFERENCIAS

- [1] Enrique, S. G. C. (2023). Propuesta de herramientas de gestión de calidad para incrementar la productividad en una empresa del rubro panadería de la ciudad de Trujillo - 2022. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33701>
- [2] Óscar, G. R. (2020). Propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad, para incrementar la rentabilidad de una panadería de Trujillo. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25254>
- [3] Rodríguez-Alza, M. A., & Pierre, A. G. G. (2023). Costeo de pérdidas por problemas en la calidad y gestión de procesos productivos de una empresa Panadera. <https://lacccei.org/LEIRD2023-VirtualEdition/meta/fp374.html>
- [4] Pabón, Z. M., Estrada, L. O., De los Reyes Royero, A., Osorio, G. L., Carmona, R. R., & Palacio, A. T. (2020). Aplicación de herramientas de control de calidad en una pequeña panadería. Un estudio de caso. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 2(1), 31-37. <https://doi.org/10.17981/bilo.2.1.2020.6>
- [5] Michael, M. S. (2021). Diseño de proceso para el mejoramiento de la productividad en una empresa de elaboración de pan. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21364>
- [6] González, M. B., Rodríguez, M. S., & Simiti, M. Á. (2019). Gestión de la calidad en la Panadería Isabel ubicada en el municipio de la Trinidad, departamento de Estelí, en el primer semestre del año 2019 - Repositorio Institucional UNAN-Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/11473/>
- [7] Rodríguez, B. G. C. (2023). Estudio de prefactibilidad para la apertura de una sucursal de la "Pastelería Kekes" en San Pedro Sula, Cortés, Honduras 2023. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/12897>
- [8] Rodríguez-Alza, M. A., Tejada-Villegas, G. D., & Chilon-Ahon, L. E. (2023). Aplicación de las herramientas de gestión de calidad para reducir costos operacionales de una fábrica de ladrillos en la ciudad de Trujillo, 2023. In *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development: "Igniting the Spark of Innovation: Emerging Trends, Disruptive Technologies, and Innovative Models for Business Success"*, LEIRD 2023 Artículo 367 (Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology). <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.367>
- [9] Rodríguez-Alza, M. A., Gonzales-Ticona, R. R., & Méndez-Hoyos, L. D. (2023). Mejora en la gestión de la calidad para reducir costos en la empresa SERGECOR S.A.C. In *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development: "Igniting the Spark of Innovation: Emerging Trends, Disruptive Technologies, and Innovative Models for Business Success"*, LEIRD 2023 Artículo 391 (Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology). <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.391>
- [10] Rendón-Macías, M. E., Villasis-Keeve, M. Á., & Miranda-Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755026009>
- [11] Huang, Q., Jiang, Y., Yang, X., Li, Y., Xin, B., & Xu, Y. (2024). An Investigation of Unidirectional Water Transport Performance Evaluation of Textile Based on Single-Sided Imaging. In *Advances in transdisciplinary engineering*. <https://doi.org/10.3233/atde240089>
- [12] Rendón-Macías, M. E., Villasis-Keeve, M. Á., & Miranda-Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755026009>
- [13] Paisan, Y. P., Pérez, F. L., Tarrago, J. C. P., & Danger, A. H. G. (2023). Implementación del análisis de capacidad de procesos en la fabricación de calibres // Implementation of the process capability analysis in the gauges manufacturing. <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/761>

- [14] Howard, T. J., Eifler, T., Pedersen, S. N., Göhler, S. M., Boorla, S. M., & Christensen, M. E. (2017). The variation management framework (VMF): A unifying graphical representation of robust design. *Quality Engineering*, 29(4), 563-572. <https://doi.org/10.1080/08982112.2016.1272121>
- [15] Guerra, R. M., Meizoso, M. C., & Almirall, A. (2013). Utilización del AMFE y el DFC para la Evaluación de los Riesgos. En *IFMBE proceedings* (pp. 499-502). https://doi.org/10.1007/978-3-642-21198-0_128
- [16] Medina, J. C., López, N. A. S., Manzanilla, F. o. C. G., Fierro-Xochitotl, M. C., & Fernández, V. G. L. (2022). Optimización del proceso de barrenado para el incremento de productividad y reducción de rechazos a través de la metodología DMAIC: Caso empresa del sector automotriz. *Estudios de Administración/Estudios de Administración*, 29(1), 142-164. <https://doi.org/10.5354/0719-0816.2022.66714>
- [17] Romero, R. M., & Torres, F. (2021). Gestión de costos en las cadenas productivas: reflexiones sobre su génesis. *Retos*, 11(21), 131-146. <https://doi.org/10.17163/ret.n21.2021.08>
- [18] Proaño, D. X., Gisbert, V., & Pérez, E. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua - 3Ciencias. *3Ciencias*. <https://3ciencias.com/articulos/articulo/metodologia-elaborar-plan-mejora-continua/>