

IMPLEMENTATION OF QUALITY MANAGEMENT TOOLS TO REDUCE OPERATIONAL COSTS OF A TEXTILE COMPANY IN THE CITY OF TRUJILLO, 2023

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Juan Diego Cáceres-Cedrón, estudiante de Ingeniería Industrial¹, and Paul Eduardo Salas-Santos, estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Univeersidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00221138@upn.pe, n00248569@upn.pe

Abstract- The purpose of this research is to implement improvements with quality management tools in production processes, to reduce operational costs in a textile company. By design, this research is diagnostic and propositional in nature, based on formal and exact science. Firstly, a diagnosis of the company's areas was carried out, using the Ishikawa diagram. Among the main causes evaluated that generate large economic losses for the company we have: lack of an adequate maintenance plan, lack of standardization of processes, lack of training for operators, lack of required raw materials. In this research, different engineering methodologies are applied such as: Quality House (QFD), failure mode and effects analysis (FMEA), DMAIC Six sigma. This allows improving processes within the company to guarantee the manufacturing of products in the estimated time to meet customer demands, avoiding delays and high costs due to unscheduled repairs, emergency raw material purchases, etc. The results of the engineering methodologies applied were: implementation of preventive maintenance on machinery, standardization in production processes to avoid waste, regular training plan for operators, raw material purchase order plan, in which a comparison from current losses of S/ 116,553.38 to S/ 36,664.38 of improved losses. Likewise, the economic/financial evaluation of the improvement proposal was made, obtaining a Van of S/.168,030.66, with an IRR of 88.14%, with a recovery period of the total investment in 2.5 years and a B/C. of S/1.8, meaning that the proposal is feasible.

Keywords: QFD, FMEA, Six sigma, Management and quality.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS DE UNA EMPRESA TEXTIL EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2023

Implementation of quality management tools to reduce operational costs of a textile company in the city of Trujillo, 2023

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Juan Diego Cáceres-Cedrón, estudiante de Ingeniería Industrial¹, Paul Eduardo Salas-Santos, estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Univeersidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00221138@upn.pe, n00248569@upn.pe

Resumen- La presente investigación tiene como propósito implementar mejoras con herramientas de gestión de la calidad en los procesos de producción, para la reducción de costos operacionales en una empresa textil. Por diseño, esta investigación es de carácter diagnóstica y propositiva, basada en ciencia formal y exacta. En primer lugar, se realizó un diagnóstico de las áreas de la empresa, con el uso del diagrama de Ishikawa. Entre las principales causas evaluadas que generan grandes pérdidas económicas para la empresa tenemos: falta de un plan de mantenimiento adecuado, falta de estandarización de procesos, falta de capacitación a los operarios, falta de materia prima requerida. En esta investigación se aplicaron distintas metodologías de la ingeniería como: Casa de calidad (QFD), análisis de modos de fallos y efectos (AMFE), DMAIC Six sigma. Esto permite mejorar los procesos dentro de la empresa para garantizar la fabricación de los productos en el tiempo estimado para cumplir con las demandas de los clientes, evitando demoras y los altos costos por reparaciones no programadas, compras de materia prima de emergencia, etc. Los resultados de las metodologías de la ingeniería aplicadas fueron: implementación de mantenimiento preventivo a la maquinaria, estandarización en los procesos productivos para evitar merma, plan de capacitación regular a operarios, plan de órdenes de compra de materia prima, en el que se realizó una comparación de las pérdidas actuales de S/ 116,553.38 a un S/ 36,664.38 de pérdidas mejoradas. Así mismo, se hizo la evaluación económica/financiera de la propuesta de mejora, obteniendo un Van de S/.168,030.66, con un TIR del 88.14%, con un periodo de recuperación del total de la inversión en 2.5 años y un B/C de S/1,8, significando que la propuesta es factible.

Palabras clave: QFD, AMFE, Six Sigma, Gestion, Calidad.

Abstract- The purpose of this research is to implement improvements with quality management tools in production processes, to reduce operational costs in a textile company. By design, this research is diagnostic and propositional in nature, based on formal and exact science. Firstly, a diagnosis of the company's areas was carried out, using the Ishikawa diagram. Among the main causes evaluated that generate large economic losses for the company we have: lack of an adequate maintenance plan, lack of standardization of processes, lack of training for operators, lack of required raw materials. In this research, different engineering methodologies are applied such as: Quality House (QFD), failure mode and effects analysis (FMEA), DMAIC Six sigma. This allows improving

processes within the company to guarantee the manufacturing of products in the estimated time to meet customer demands, avoiding delays and high costs due to unscheduled repairs, emergency raw material purchases, etc. The results of the engineering methodologies applied were: implementation of preventive maintenance on machinery, standardization in production processes to avoid waste, regular training plan for operators, raw material purchase order plan, in which a comparison. from current losses of S/ 116,553.38 to S/ 36,664.38 of improved losses. Likewise, the economic/financial evaluation of the improvement proposal was made, obtaining a Van of S/.168,030.66, with an IRR of 88.14%, with a recovery period of the total investment in 2.5 years and a B/C. of S/1.8, meaning that the proposal is feasible.

Keywords: QFD, FMEA, Six sigma, Management and quality.

I. INTRODUCCIÓN

La industria textil en la ciudad de Trujillo, Perú, ha sido parte importante en el desarrollo y crecimiento económico de la ciudad, teniendo consigo una evolución constante a lo largo de los años [1]. En sintonía con las tendencias globales y el crecimiento poblacional, el ámbito textil ha experimentado un aumento constante en la demanda. Surge entonces la siguiente interrogante, ¿Qué tanto han aprovechado este crecimiento las empresas dedicadas al rubro textil en la ciudad?

El sector textil no solo ha sido un motor económico, sino también un generador significativo de empleo en esta ciudad. No obstante, a pesar de estos beneficios, se observan áreas con oportunidad de mejora en términos de eficiencia y calidad. La implementación de un sistema de gestión de la calidad se presenta como una propuesta estratégica para elevar los estándares de producción, asegurar la satisfacción del cliente y fortalecer la competitividad de las empresas textiles trujillanas en el mercado nacional e internacional [2]. Este proyecto busca demostrar que, mediante la implementación de sistemas de gestión de la calidad y herramientas de mejora, se puede reducir desperdicios y aumentar la productividad.

Se utilizarán diversos diagramas para el diagnóstico con el propósito de detectar las causas fundamentales que impactan los procedimientos y los gastos operativos de la empresa. El diagrama de Ishikawa, reconocido como una

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

herramienta de diagnóstico, facilita la identificación de las causas raíz predominantes [3]. Este instrumento de calidad se destaca como una de las más empleadas en los procesos de la mayoría de las organizaciones [4].

De igual manera, se elabora para la empresa el diagrama de Pareto, que es una herramienta gráfica que busca identificar y priorizar las causas más significativas de un problema específico [5]. Basándose en la ley de Pareto, que sugiere que aproximadamente el 80% de las pérdidas provienen del 20% de las causas, este diagrama organiza las barras de manera descendente, mostrando la frecuencia o impacto de cada categoría o causa [6].

También se halló la estadística descriptiva, que es una rama de la estadística que se enfoca en la recopilación, organización, resumen y presentación de datos de manera ordenada [7]. A través de medidas como la media, la mediana, la moda, la desviación estándar y los cuartiles, la estadística descriptiva ofrece una visión detallada de la distribución y variabilidad de los datos. Esta herramienta resulta esencial tanto en la investigación científica como en la toma de decisiones en diversos campos, ya que brinda una comprensión concisa y visualmente accesible de la información estadística [8].

Las gráficas de control desempeñan un papel crucial en la evaluación del desempeño de los procesos industriales. De acuerdo con [9], estos gráficos ofrecen la capacidad de identificar de manera efectiva puntos críticos en la línea de producción, destacando alteraciones inusuales. Al detectar estos cambios, se posibilita la comprensión de las causas que impactan el proceso industrial. Esta capacidad de identificación temprana no solo facilita la corrección oportuna de problemas potenciales, sino que también contribuye a una gestión más eficiente y a la mejora continua de los procesos industriales [10].

El propósito fundamental de la Casa de Calidad está en elevar tanto la calidad como el diseño de un producto, otorgando prioridad a los requisitos expresados por los clientes [11]. En este contexto, [12] destaca que escuchar la voz del cliente constituye un punto de partida esencial para mejorar la calidad del servicio. Con este fin, se recurre a la herramienta QFD (Despliegue de la Función de Calidad), la cual se revela como un instrumento valioso para tener comprensión de las necesidades y deseos del cliente. La aplicación de esta herramienta permite una identificación clara de los aspectos que demandan atención especial, proporcionando un enfoque estratégico para abordar y resolver eficazmente los problemas identificados.

Se recurre a la herramienta de Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE) para detectar posibles fallos en los procesos, llevando a cabo una identificación, evaluación, elaboración y prevención de situaciones problemáticas que podrían surgir [13]. El propósito principal es definir acciones específicas destinadas a reducir o minimizar los riesgos asociados con estos posibles fallos. Esta metodología se posiciona como un instrumento esencial para mejorar la calidad de los procesos y disminuir los riesgos [14].

De igual manera, se aplican la herramienta DMAIC Six Sigma, una metodología reconocida en la gestión de calidad, que se centra en Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar para optimizar los procesos y reducir variabilidades [15]. A través de este enfoque, se busca identificar oportunidades de mejora, medir la eficacia de los procesos actuales, analizar datos para comprender las causas de cualquier variación y, finalmente, implementar medidas de mejora y controles para mantener resultados. La combinación del Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE) y la metodología DMAIC Six Sigma brinda un enfoque para garantizar

A continuación, también se muestran unos de los antecedentes más importantes para la presente investigación.

[17] En su tesis titulada " Propuesta de mejora en la gestión de calidad para reducir los costos operativos de la línea de producción de cuero liso negro de la empresa de cuero para calzado de la ciudad de Trujillo " Echa para lograr por su título profesional en la carrera de ingeniería industrial. Tiene como objetivo principal implementar herramientas lean para reducir los costos operativo de la empresa. De manera que las herramientas utilizadas son Control Estadístico de la Calidad (variable y atributo), VSM y MRP permitieron desarrollar de manera efectiva la investigación obteniendo un VAN de S/114,999.67, un TIR de 40% y un B/C de S/2.22 indicando la factibilidad de la implementación de las herramientas.

[18] En su tesis titulada " Propuesta de mejora mediante la implementación de un sistema de gestión de calidad para reducir las pérdidas económicas de la empresa EASY PUBLICIDAD S.A.C. " Tiene como objetivo principal reducir el costo de pérdidas ocasionadas por problemas en el proceso productivo. En el cual se determinó mediante el uso de indicadores como el VAN, TIR y PRI, obteniendo como resultados los siguientes valores: S/. 15,022.59, 78.07% y 2.9 años, respectivamente; con lo que concluye que la propuesta de mejora es factible y rentable para la empresa.

[19] En su tesis titulada " Diseño del Sistema de Gestión De Calidad para reducir los costos en la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. " Tiene como objetivo principal implementar el diseño de gestión de calidad con el fin de reducir los costos de la empresa. Donde se obtuvo la reducción de costos de la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. pasando inicialmente de un valor de S/9,285,856.14 nuevos soles a S/3,244,820.00 nuevos soles, así se alcanzó un beneficio de S/6,041,036.14 nuevos soles, representando una reducción de un 65.06%.

[20] En su tesis titulada " 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. ". Su objetivo principal es implementación de mejora en Gestión de Producción, para la reducción de costos operativos, sobre la rentabilidad de la empresa. Donde 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 rentable.

La importancia científica de este proyecto se destaca al analizar la influencia generada al aplicar un sistema de gestión de calidad en la disminución de los costos operativos de una empresa textil, contribuyendo así a la eficiencia y rentabilidad de la empresa.

II. METODOLOGIA

El informe siguió una metodología con un enfoque de ciencia formal exacta en su naturaleza, siendo una investigación diagnóstica y propositiva en términos de diseño. Está orientado a la aplicación de herramientas de mejora de gestión de calidad en las áreas de producción, con el fin de optimizar los costos operativos de la empresa y su rentabilidad.

En cuanto a los recursos utilizados para el procesamiento y seguimiento de la investigación, se empleó una laptop ASUS Core i5 y el programa Microsoft Office Excel. La información recopilada se basa en tesis físicas y virtuales, artículos web y libros, asegurando así la precisión del análisis aplicado a los diversos procesos de producción. Cada dato recolectado será perfeccionado mediante la aplicación de herramientas de calidad para obtener un entendimiento más profundo. Por ende, en la tabla 1 detalla los procedimientos implementados durante el desarrollo de esta investigación.

TABLA I
PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Etapa	Técnica	Descripción
Diagnóstico	Diagrama de ishikawa	Se identificaron las causas raíz de la problemática
	Matriz de indicadores	Se clasificaron las causas raíz realizando una monetización
	Diagrama de Pareto	Se hallaron las principales causas del problema
Solución propuesta	QFD	Se tomaron en cuenta los requerimientos de los clientes
	AMFE	Se identificaron las fallas en el proceso y se formularon recomendaciones con el fin de eliminarlas.
	Six Sigma	Se analizó estadísticamente con el objetivo de identificar problemas y lograr un control más efectivo
Evaluación económica	VAN	Se determina el valor actual neto lo que nos indica cuanto se va ganar en el proyecto
	TIR	Se indica la tasa interna del retorno
	PRI	Medimos el periodo de recuperación de la inversión

A. Diagnóstico de la empresa

En la presente etapa de la investigación se puede observar la herramienta de diagnóstico diagrama de Ishikawa, la cual nos permitió encontrar las causas raíz que generan costos operacionales excesivos en la empresa textil. En esta empresa encontramos 4 causas raíz que estaban afectando a la utilidad de la empresa las cuales se detallan en la posterior figura.

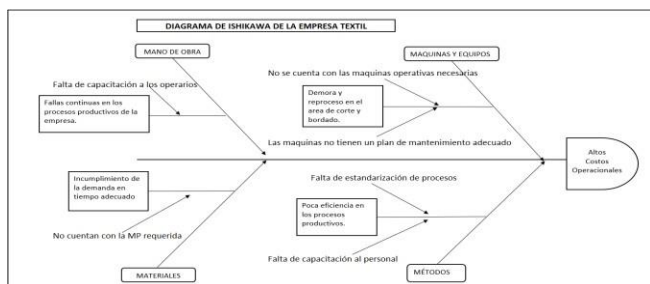


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa

Las causas raíz encontradas son las siguientes: Falta de un plan de mantenimiento adecuado para la maquinaria, Falta de estandarización de procesos, Falta de capacitación a los operarios y Falta de MP requerida. Las cuáles serán especificadas y debidamente monetizadas en los siguientes párrafos.

Con respecto a la primera causa raíz identificada como, falta de un plan de mantenimiento adecuado a maquinaria. Esta ocasiona pérdidas por paradas inoportunas en las máquinas de trabajo, ocasionando costos por tiempo de producción perdido, dando como pérdidas anuales el monto de S/.54,604.80 nuevos soles.

La Segunda causa raíz identificada como, falta de estandarización de procesos ocasiona pérdidas económicas por procedimientos inadecuados, estas pérdidas estiman a un monto anual de S/.25,385.10 nuevos soles

La tercera causa raíz identificada como, Falta de capacitación al personal operativo ocasiona costos por productos defectuosos y reprocesos innecesarios, esta causa ocasiona un costo anual a la empresa de S/.16,620.48 nuevos soles.

Por último, la cuarta causa raíz identificada fue la falta de materia prima o insumos requerida. Esta ocasiona pérdidas por paradas de la línea de producción y horas hombre desperdiciadas, esta causa genera un costo anual a la empresa que estima los S/.19,943.0 nuevos soles.

TABLA II
MONETIZACIÓN DE COSTOS POR CADA CR

CAUSA RAÍZ	Descripcion	Perdidas actuales (S./AÑO)	Perdidas mejoras (S./AÑO)
CR - 1	Las maquinas no tienen un plan de mantenimiento adecuado	S/54,604.80	S/ 12,633.60
CR - 2	No se cuenta con una estandarización de procesos	S/25,385.10	S/ 10,267.40
CR - 3	Falta de capacitación a los operarios	S/16,620.48	S/ 3,384.88
CR - 4	Falta de MP requerida	S/19,943.00	S/ 10,378.50
Total		S/116,553.38	S/36,664.38

A continuación, se utilizó el diagrama de Pareto con el propósito de representar de manera evidente cuál es la causa principal del problema y organizarlas gráficamente en orden de mayor a menor importancia. En este análisis, se identificó que la CR-1 denominada "Las máquinas no tienen un plan de mantenimiento adecuado" requiere atención prioritaria en

cuanto a mejora de calidad. Posteriormente en la figura 2 y tabla III se presenta a detalle lo mencionado.

TABLA III
DATOS DEL DIAGRAMA DE PARETO

	CR	COSTO PERDIDA	Costo ACUMULADO	% Costo ACUMULADO	80 - 20	% N° de causas acumulado
1	CR1	S/54,604.80	S/54,604.80	46.85%	80%	25.00%
2	CR2	S/25,385.10	S/79,989.90	68.63%	80%	50.00%
3	CR4	S/19,943.00	S/99,932.90	85.74%	80%	75.00%
4	CR3	S/16,620.48	S/116,553.38	100.00%	80%	100.00%
	Total	S/116,553.38				

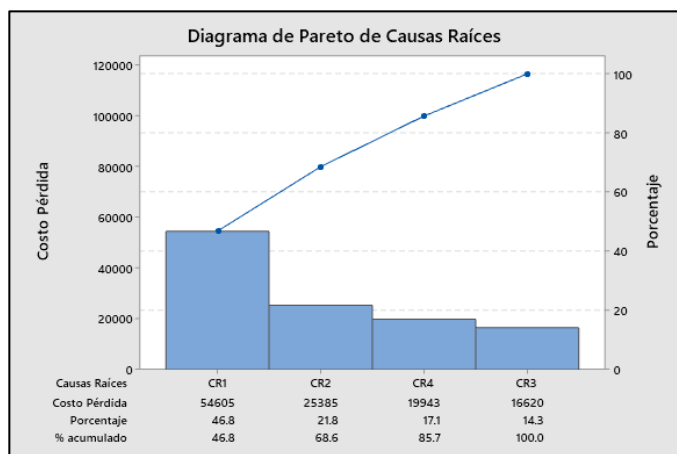


Fig. 2 Diagrama de Pareto

Se examinaron las razones detrás de las principales pérdidas económicas de las causas raíz con el fin de evaluar la baja rentabilidad. Los datos fueron sometidos a un análisis mediante herramientas de estadística descriptiva, como histogramas, gráficos de control, curva de distribución y cálculos de capacidad de proceso. Esta información se procesó utilizando Microsoft Office Excel y se aplicó en Minitab para obtener una evaluación más precisa y detallada. A continuación, en las siguientes figuras se presentará la gráfica de control de cada causa raíz.

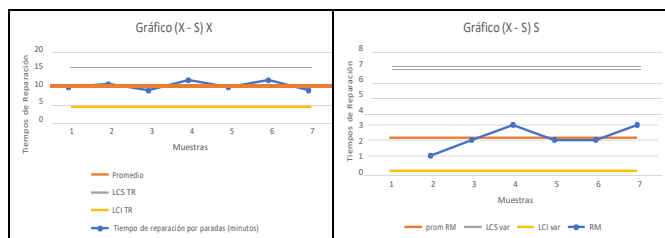


Fig. 3 Gráfica de control MR (CR1, variable)

Nota. En la presente figura se muestra las horas por paradas de las máquinas bajo control estadístico.

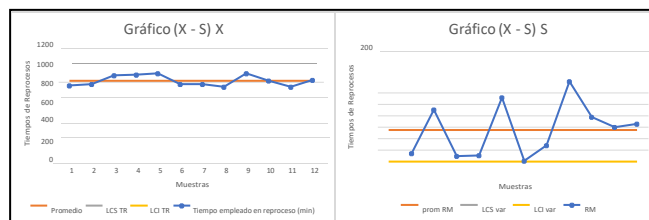


Fig. 4 Gráfica de control MR (CR2, variable)

Nota. En la presente figura se muestra los tiempos de procesos bajo control estadístico

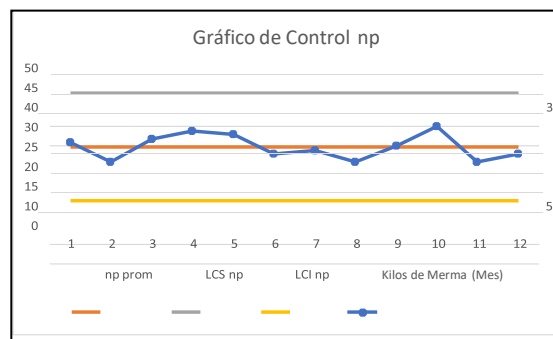


Fig. 5 Gráfica de control NP (CR3, Atributo)

Nota. En la presente figura se muestra el número de merma bajo control estadístico

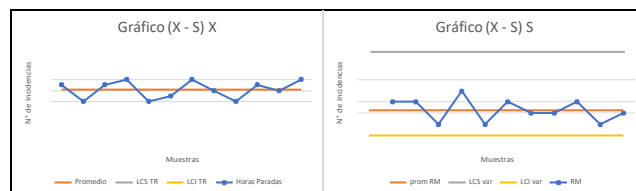


Fig. 6 Gráfica de control MR (CR4, variable)

Nota. En la presente figura se muestra las horas por paradas por desabastecimiento bajo control estadístico

B. Propuesta de solución

La estrategia sugerida se basa principalmente en la implementación de tres herramientas fundamentales: la Casa de Calidad (QFD), el Análisis de Modo de Fallas y Efectos (AMFE), y el enfoque DMAIC Six Sigma. En una primera fase, se llevó a cabo la aplicación de la herramienta QFD, permitiendo así la identificación de los requisitos técnicos y las expectativas del cliente.

Los requerimientos del cliente son los siguientes:

- Planificación de pedidos de MP.
- Estandarizar procesos en el corte de tela.
- Plan de capacitación para los operarios
- Plan de mantenimiento correctivo y preventivo para las máquinas.

Los requerimientos recomendados por el personal fueron los siguientes:

- Programar pedidos de MP.

- Programar plan de mantenimiento.
- Estandarizar procesos.
- Comprometerse con los clientes.
- Diseñar indicadores.

Import. ponderada de los req técnicos	12	10	8	10	14				
Req. ponderado del cliente / Requerimientos técnicos	1.5	1.25	1	1.25	1.75				
Programar pedidos de MPP	3	9	1	3	3	9	B	A	C
Plan de capacitación para todos los operarios	1	3	9	3	3	3	A	B	C
Plan de mantenimiento correctivo y preventivo	3	1	9	3	1	3	C	A	B
Importancia ponderada por req cliente	sum	35	39	45	21	45			
	relat	1.66666667	1.857142857	2.142857143	1	2.142857143			
Evaluación ponderada de los req técnicos del producto o serv	sum	52.5	48.75	45	26.25	78.75			
	relat	2	1.857142857	1.714285714	1	1			

Fig. 7 Casita de calidad

El Análisis de Modo de Fallas y Efectos (AMFE) fue empleado con el objetivo de identificar posibles fallos que la empresa podría experimentar en diversas etapas relacionadas con la fabricación de sus productos textiles, abarcando desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento de los productos terminados. Posteriormente, se planificaron soluciones alternativas con el fin de elevar la calidad del proceso productivo, contribuyendo así a mejorar la calidad y satisfaciendo de manera más efectiva los requisitos del cliente.

TABLA IV
MATRIZ AMFE

Proceso	Modo de falla	Efectos	ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS POTENCIALES				Acción y estado recomendado	Área responsable de la acción correctiva	Acción emprendida	Matriz AMFE			N° Prioridad de riesgo (NRP)		
			Causa del modo de falla	Método de detección	Gravedad	Frecuencia				Detectabilidad	Gravedad	Frecuencia		Detectabilidad	
Bovido de paradas	Feridas de maquina bordadora	Retraso en el proceso de producción	Mantenimiento deficiente	Cantidad de paradas en la maquina	5	6	9	270	Capacitar al personal sobre la maquina y mantenimiento autonomo	Recursos Humanos	TPM (Mantenimiento autonomo)	3	2	3	18
Cortado de tela	Aumento del tiempo de producción	Aumento del costo de producción	Falta de estandarización de tiempos en procesos	Tiempos excesivos de producción	7	6	9	378	Controlar, estandarizar y eliminar tiempos muertos en los procesos	Ingenieros	SMED	3	4	6	72
Confecion de prendas	Realización de procesos de habilitación deficiente	Menor calidad de prendas	Personal no capacitado	Prendas con detalles inadecuados	8	5	8	320	Capacitar al personal	Recursos Humanos	Capacitación a los operarios	4	3	3	36
Confecion de prendas	Paradas por desajustes de MPP	Retraso en el proceso	Falta de un plan de mantenimiento de materiales	Paradas excesivas	7	5	9	315	Realizar mantenimiento a las maquinas	Operarios	TPM (Mantenimiento autonomo)				
			No existe una programación de procesos de producción	Sobrepoducción					Elaborar un plan de producción	Ingenieros	MSP	4	2	6	48

Según lo presentado en la tabla IV, el proceso con mayor número de prioridad (NRP) es causada por falta de estandarización de procesos en el cortado de tela, lo que ocasiona excesivas pérdidas económicas en cuanto a merma y desperdicios de tela, teniendo consigo un NRP de 378, sin embargo, tras las acciones inmediatas de mejora propuestas y aplicadas se logró reducir el número de prioridad al valor de 72. De igual manera se fue aplicando mejoras para cada causa raíz detectada, dando solución y reduciendo el NRP considerablemente en cada una de ellas tal cual como se muestra en la anterior tabla.

La metodología Six Sigma se utilizó para analizar la variabilidad de los datos recopilados de las variables y atributos relacionados con las causas identificadas. Se calculó el nivel Z para identificar las oportunidades de mejora que posibilitarían alcanzar un nivel Six Sigma, aprovechando el ciclo DMAIC como guía para el proceso de mejora continua.

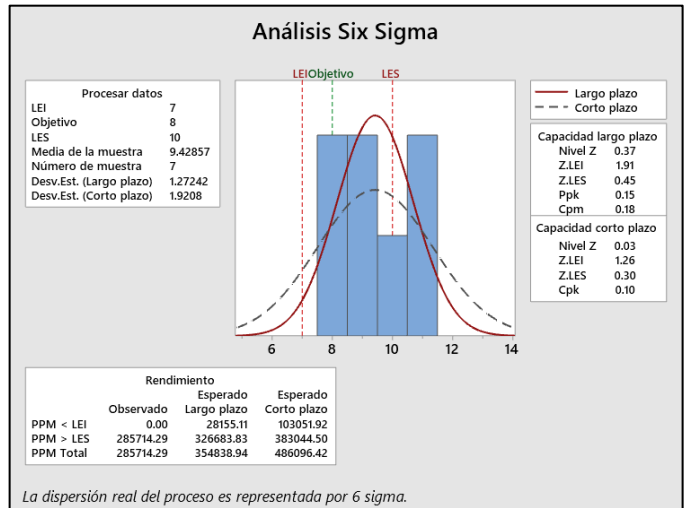


Fig. 8 Gráfica Six Sigma – CR1

TABLA V
METODOLOGIA DMAIC CR1

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir)	Se realizo un diagrama de Ishikawa identificando la causa raíz
	Tiempos de reparación por paradas
M (medir)	Se realizo la monetización de las pérdidas por paradas
	Se elaboro un histograma con los tiempos de parada
	Se realizaron gráficos de control con los datos de tiempos de parada
A (analizar)	Se realizo analisis de capacidad Six sigma del proceso
	Herramienta QFD para analizar los requerimientos técnicos y del cliente
I (optimizar)	La herramienta AMFE, con la que se determinó el personal no capacitado y la falta de un plan de mantenimiento preventivo
	Implementar plan de capacitación para los operarios
	Implementar TPM (Total productive maintenance)
C (controlar)	Determinar maquinaria en mal estado o crítico
	Documentar el mantenimiento de las maquinas
	Realizar un plan de monitoreo para la maquinaria
	Plan de capacitaciones periódicas para los operarios
	Corrección de malas costumbres con la maquinaria

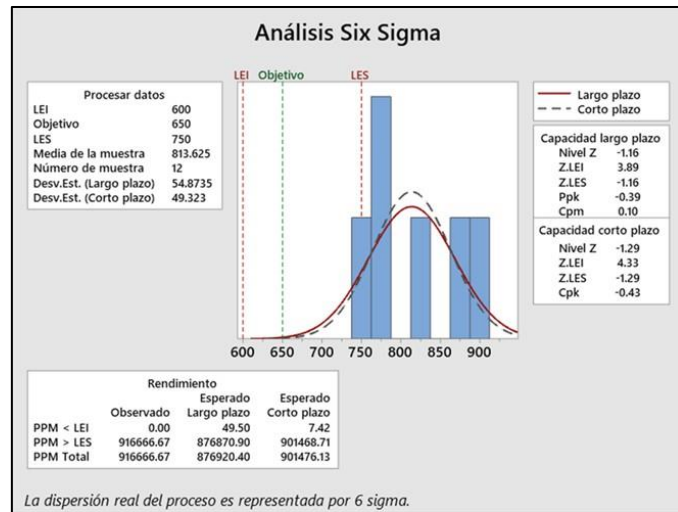


Fig. 9 gráfica Six Sigma – CR2

TABLA VI
METODOLOGIA DMAIC CR2

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir)	Se realizó un diagrama de Ishikawa identificando la causa raíz Tiempos empleado en reprocesos
M (medir)	Se realizó la monetización de las pérdidas por reprocesos Se elaboro un histograma con los tiempos empleados en reprocesos Se realizaron gráficos de control con los datos de tiempos en reprocesos Se realizó análisis de capacidad Six sigma del proceso
A (analizar)	Herramienta QFD para analizar los requerimientos técnicos y del cliente La herramienta AMFE, con la que se determinó el personal no capacitado y la falta de estandarización de los procesos
I (optimizar)	Implementar plan de capacitación para los operarios Implementar PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) Determinar parte del proceso productivo más complicado
C (controlar)	Documentar la mejora de los operarios Realizar un plan de supervisión a los operarios Plan de capacitaciones periódicas para los operarios Corrección de malos hábitos en los procesos

TABLA VII
METODOLOGIA DMAIC CR3

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir)	Se realizó un diagrama de Ishikawa identificando la causa raíz Niveles de Merma en los procesos
M (medir)	Se realizó la monetización de las pérdidas por merma de los rollos de tela utilizados Se elaboro un histograma con la merma de la tela Se realizaron gráficos de control con los datos de niveles de merma Se realizó análisis de capacidad Six sigma del proceso
A (analizar)	Herramienta QFD para analizar los requerimientos técnicos y del cliente La herramienta AMFE, con la que se determinó exceso en de merma por kilos en rollo de tela
I (optimizar)	Implementar plan de capacitación para los operarios Implementar Poka Yoke Determinar errores comunes en el proceso productivo
C (controlar)	Documentar la disminución de merma Realizar un plan de supervisión en las áreas de trabajo Plan de capacitaciones periódicas para el correcto uso de la tela Corrección de malos hábitos en los procesos

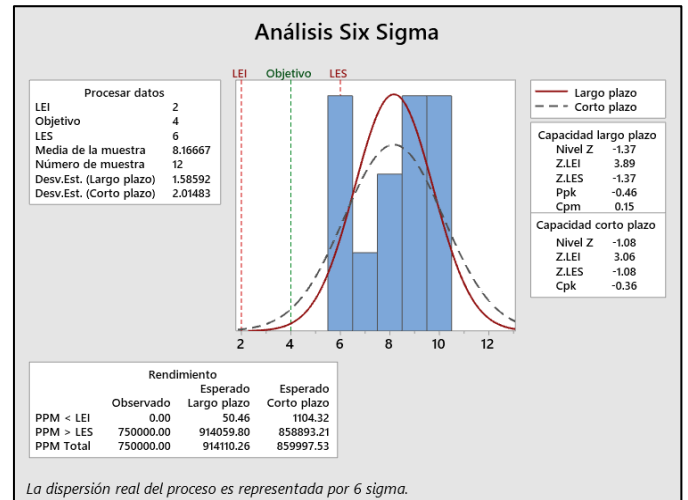


Fig. 11 gráfica Six Sigma – CR4

TABLA VIII
METODOLOGIA DMAIC CR4

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir)	Se realizó un diagrama de Ishikawa identificando la causa raíz Falta de planificación en la producción
M (medir)	Se realizó la monetización de las pérdidas por la falta de planificación en la producción Se elaboro un histograma con los datos por incidencias por las faltas de planificación Se realizaron gráficos de control con los datos de incidencias por falta de planificación Se realizó análisis de capacidad Six sigma del proceso
A (analizar)	Herramienta QFD para analizar los requerimientos técnicos y del cliente La herramienta AMFE, con la que se determinó la mala planificación de la producción
I (optimizar)	PMP (Plan Maestro de Producción) MRP (Material Requirement Planning) BOM (Lista de Materiales)
C (controlar)	Documentar las órdenes de materia prima Mantener un plan de órdenes de materia prima Corregir el problema para evitar perjudicar a los clientes Armar un inventario diario

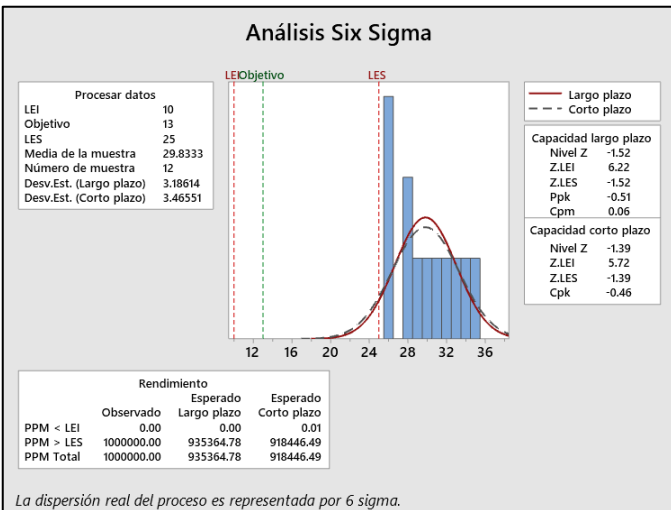


Fig. 10 gráfica Six Sigma – CR3

C. Evaluación económica

En la presente investigación se llevó a cabo la implementación de 3 herramientas de gestión de la calidad. A continuación, se detalla los presupuestos destinados a la aplicación de cada una de ellas, teniendo en cuenta cada material empleado y todos los costos que genera su aplicación en la empresa.

TABLA IX
INVERSION TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN

N°	Herramienta	Costo anual (S/.)
1	Casa de calidad (QFD)	S/3,280.00
2	AMFE	S/3,280.00
3	Six Sigma	S/33,080.00
4	Consultoria	S/15,000.00
Total		S/ 54,640.00

En la evaluación, que abarca estados de resultado y flujo de caja, se determine el costo de oportunidad al 20% y la inversión presentada en la tabla IX. Tras efectuar el análisis de estados de resultado y flujo de caja, procedimos a realizar el cálculo de los indicadores económicos valor actual neto (VAN), tasa de retorno interna (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (PRI). Estos indicadores proporcionan una evaluación económica más profunda y precisa de la viabilidad financiera del proyecto, permitiendo tomar decisiones con respecto a estas.

TABLA X
INVERSION TOTAL DE L

INDICADORES ECONÓMICOS	
VAN	S/. 1 6 8 , 0 3 0 . 6 6
TIR	88.14 %
PRI	2.5 años

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del análisis estadístico comparando los costos de pérdida actual y los costos de pérdida mejorada de cada causa raíz, dándonos un beneficio total de S/.79,889.00 nuevos soles. En la siguiente tabla se especifica el beneficio detallado por cada CR.

TABLA XI
OPERALIZACIÓN DE INDICADORES

CAUSA RAÍZ	Descripción	Perdidas actuales (S/.AÑO)	Perdidas mejoras (S/.AÑO)	Beneficio (S/.AÑO)
CR - 1	Las maquinas no tienen un plan de mantenimiento adecuado	S/54,604.80	S/ 12,633.60	S/ 41,971.20
CR - 2	No se cuenta con una estandarización de procesos	S/25,385.10	S/ 10,267.40	S/ 15,117.70
CR - 3	Falta de capacitación a los operarios	S/16,620.48	S/ 3,384.88	S/ 13,235.60
CR - 4	Falta de MP requerida	S/19,943.00	S/ 10,378.50	S/ 9,564.50
Total		S/116,553.38	S/36,664.38	S/ 79,889.00

Adicionalmente, gracias a la implementación de la herramienta DMAIC Six Sigma, se logró mejorar los costos asociados con las causas raíz identificadas. A continuación, se presentan los gráficos de las capacidades actuales hacienda contraste con sus capacidades mejoradas mediante la aplicación de esta herramienta de gestión de la calidad.

TABLA XII
COMPARACIÓN DE CAPACIDAD SIX SIGMA

CR	Descripción	Indicador %	ACTUAL			Mejorado		
			S/. Pérdida	Cpk 1	Z 1	S/. Pérdida	Cpk 2	Z 2
CR - 1	Las maquinas no tienen un plan de mantenimiento adecuado	% de fallas	S/54,604.80	0.15	0.37	S/12,633.60	0.88	2.62
CR - 2	No se cuenta con una estandarización de procesos	%abastecimiento	S/25,385.10	-0.39	-1.16	S/10,267.40	0.50	1.45
CR - 3	Falta de capacitación a los operarios	% de merma	S/16,620.48	-0.51	-1.52	S/3,384.88	0.45	1.35
CR - 4	Falta de MP requerida	Abastecimiento Efectivo	S/19,943.00	-0.46	-1.37	S/10,378.50	0.39	0.90

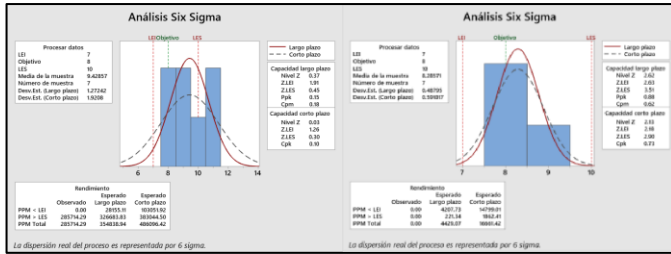


Fig. 12 Gráficas Six sigma actual y mejorada CR1

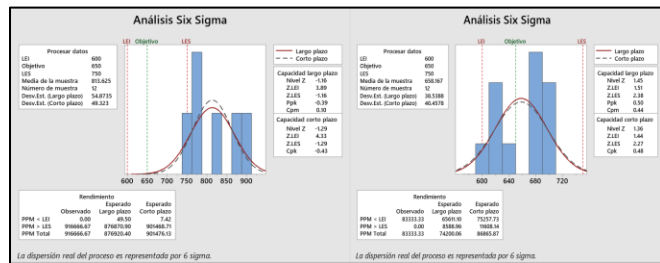


Fig. 13 Gráficas Six sigma actual y mejorada CR2

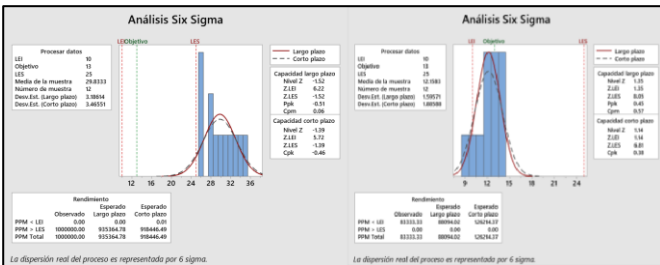


Fig. 14 Gráficas Six sigma actual y mejorada CR3

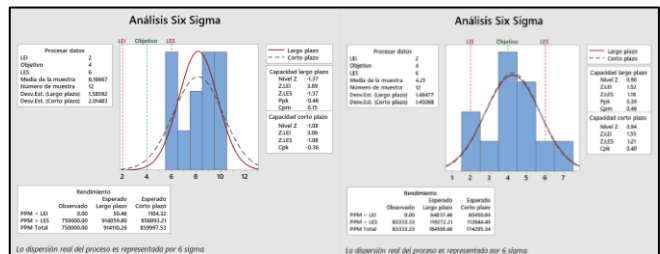


Fig. 15 Gráficas Six sigma actual y mejorada CR4

En la siguiente tabla se detalla la comparativa en resumen de todas las causas raíz, en la cual se detalla la perdida, Cpk y nivel Z, en los valores actuales y mejorados.

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se determinó que las principales causas raíz (Tabla II), que afecta los procesos son: falta de mantenimiento a la maquinaria, falta de estandarización en los procesos, falta de capacitación a los operarios y falta de materia prima requerida.

En, la tabla 12 muestra las capacidades reales de los indicadores de las causas raíz, la capacidad del indicador 1, mejora con relación al actual (0.15 a 0.88) esto debido a la gestión de un plan de mantenimiento productivo total para mantener una producción sin paradas. Se trata de mejorar la disponibilidad de las máquinas, y para eso, se utilizan determinadas herramientas de diagnóstico y se realiza el análisis de las causas que generan las paralizaciones no programadas en los equipos. [18]

En la capacidad del indicador 2, no se cuenta con estandarización de procesos mejora con relación al actual (-0.39 a 0.50) esto debido a la estandarización de los procesos productivos. Se logra reducir defectos, reprocesos y retrasos que se ven reflejado en los costos de producción, logrando así entregar productos de mayor calidad a un nivel de servicio mucho más alto. [19]

En la capacidad del indicador 3, falta de capacitación a los operarios mejora con relación al actual (-0.51 a 0.45). La aplicación de un sistema modular le otorga mayor dinamismo y flexibilidad a la capacitación, los operarios tendrán la capacidad de trabajo en equipo y bajo presión. [20]

En la capacidad del indicador 4, falta de materia prima requerida mejora con relación al actual (-0.46 a 0.39), esto debido a la implementación de la planificación de requerimientos de materiales. El MRP como herramienta de planificación y control logra la necesaria conectividad entre los departamentos de compras, ventas, contabilidad y producción, por lo que su implantación lo convierte en una herramienta eficaz a la hora de cumplir con las expectativas de los clientes de la empresa. [21]

V. CONCLUSIONES

Se llevaron a cabo análisis de los inconvenientes en la empresa textil, empleando herramientas de mejora que lograron reducir los costos y se logró optimizar la rentabilidad. Este enfoque permitió identificar eficientemente áreas de oportunidad como calidad, producción, recurso humano, procesos e implementar herramientas efectivas para mejorar la eficiencia y la eficacia operativa en la producción prendas de vestir, contribuyendo así a maximizar la utilidad de la empresa.

Con la aplicación de las herramientas de diagnóstico en el área operativo de la empresa se logró identificar las causas raíz que causaban excesivos costos a la empresa textil. Las causas principales fueron: Las máquinas no tienen plan de mantenimiento, falta de estandarización de procesos, falta de capacitación a los operarios y falta de materia prima requerida cada una trayendo consigo un costo anual de S/.54,604.80 S/.25,385.10, S/.16,620.48 y S/.19,943.0 respectivamente.

Al analizar las causas raíz que diagnosticamos previamente propusimos como soluciones esenciales la aplicación de herramientas de mejora, tales como, Casa de calidad (QFD), Análisis de modo de fallos y efectos (AMFE) y DMAIC Six Sigma, trayendo consigo la reducción de los costos y aumento de la rentabilidad de la empresa.

Al realizar la evaluación económica de la propuesta de implementación, se calculó un valor actual neto (VAN) de S/.168,030.66, una tasa interna de retorno (TIR) con valor del 88.14% y un periodo de recuperación (PRI) de 2.5 años, con lo que se concluye que la propuesta de mejora de esta investigación resulta ser factible para la empresa textil, reduciendo sus costos y aumentando sus utilidades.

REFERENCIAS

- [1] Troncos Rangel, E. O. (2019). Análisis de la industria textil para la creación de una escuela de modas con centro de producción y difusión textil en la ciudad de Trujillo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37483>
- [2] Gutierrez, L. A. B., Escobar, C. R., Toledo, M. R., Pérez, A. M., Alayo, M. I., & Martínez, P. J. (2020). Análisis de los factores de competitividad para la productividad sostenible de las PYMES en Trujillo (Perú). *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 29, 208-236. <https://upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/3513>
- [3] Loayza Alvarado, A. C. (2021). Propuesta de un sistema de gestión en el área de almacén para aumentar la rentabilidad en la empresa Repelsa SA en la ciudad de Trujillo en el año 2021. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28709>
- [4] Botero, L. F. B. (2021). Principios, herramientas e implementación de Lean Construction. Universidad EAFIT. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=I61BEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=Principios,+herramientas+e+implementaci%C3%B3n+de+Lean+Construction.+Universidad+EAFIT&ots=7HB1Of7bQH&sig=PtjSeIDfyzklt6rsb84egsjEQ#v=onepage&q=Principios%2C%20herramientas%20e%20implementaci%C3%B3n%20de%20Lean%20Construction.%20Universidad%20EAFIT&f=false>
- [5] Sales, M. (2013). Diagrama de Pareto. EALDE Business School. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44144377/Diagrama_de_pareto-libre.pdf?1459094480=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiagrama_de_Pareto.pdf&Expires=1701557655&Signature=P2liRN9PjAjNTDWM2XUeMgCTnAzXyex7LXxE2~HXHFQKYsvG4f4OMZimqTlkwZm0aV7ST8KN3NAI0VHvXT6VboUFDfDKlWjlmXsWhb0heBomuNokgWpvztoTQlhkVzryAjkW3

- Y41U9~pdK5ACR5nTUC9STk~8-5alX1ysPdmZENJEBUmePY56~XTgLOuiG4i3RtQniU95U0nwRdRbQfY3JnNhPHN9iQ~GwdthLlILtU9bSFrPQwSfsQYIFcP0SAqsZ~y5cftKs-QCUIBMSvSkC4L5FGyVklbml~RP3K2AKZ8yZT267o2C2q4nb5Mv65ORfTiXETeYeCEHsQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- [6] Ceballos-Espinoza, F. (2021). De la criminología clásica a la criminología moderna: La investigación criminal multifactorial en la era digital-De la Criminología Clásica. <https://www.aacademica.org/fceballose/22/1.pdf>
 - [7] Betanzos, F. G., & López, J. K. C. (2017). Estadística aplicada en psicología y ciencias de la salud. Editorial El Manual Moderno. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=c75ZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&dq=Estad%C3%ADstica+aplicada+en+psicolog%C3%ADa+y+ciencias+de+la+salud.+Editorial+El+Manual+Moderno.&ots=w99YUfaMHY&sig=YE6jQ4-6FN1prZrVm3C4vLsUmh4#v=onepage&q=Estad%C3%ADstica%20aplicada%20en%20psicolog%C3%ADa%20y%20ciencias%20de%20la%20salud.%20Editorial%20El%20Manual%20Moderno.&f=false>
 - [8] Mendenhall, W., Beaver, R. J., Beaver, B. M., & Frago, F. S. (1982). Introducción a la probabilidad y estadística (No. QA 273. M4418a 1982). Wadsworth Internacional/Iberoamérica. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62133550/Introduccion_a_la_probabilidad_y_estadistica_-_William_Mendenhall-mibibliotecavirtual.com20200218-130229-1x8vtgy-libre.pdf?1582053038=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIntroduccion_a_la_estadistica.pdf&Expires=1701557746&Signature=KZR1d9DlkK7UUI1g2dG7CTIuK8InzQNB5412LxANGOf5X6~IAJIDOsSO26ikPxiuBxh3AzpcouBcbA6l2sXrJz66RVvThqKhhKCLDDzbj5aGQKNk43Y~4v1gq-RpClOpYf7-0SG5dWwuDFP~Rut3W58i0G8pilMBrKV0UJXYVXgEMZsV9StrqRVvz-UiV3ouWacE9uWRWp~3-VXr15VWJxDSx~8PoKEX5gNeVYEEYkFhJB LrlifX~iilgvSmfvDxoowg7G4YTva41QExBM712KMGtqw-TIVZvPIIu-T5AVCiLUD7WoHks30F6zIAYkNcX3v1hxqjmkyopuz3A_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
 - [9] Moro, M. F., do Reis, C. C. C., de Almeida Flores, S., Pizzolato, M., & Weise, A. D. (2018). Monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos por meio de gráficos de controle. *Exacta*, 16(2), 43-66. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/810/81058960003/>
 - [10] Martínez, J. M. (2002). Innovación y mejora continua según el modelo EFQM de excelencia. Ediciones Díaz de Santos. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Y40kIEWbNwEC&oi=fnd&pg=PA175&dq=Innovaci%C3%B3n+y+mejora+continua+seg%C3%B3n+el+modelo+EFQM+de+excelencia.+Ediciones+D%C3%ADaz+de+Santos&ots=jjWX7NLUz-&sig=3spv6hTmDL8jJg_Jenk1-fCMESM#v=onepage&q=Innovaci%C3%B3n+y+mejora%20continua%20seg%C3%B3n+el+modelo%20de+EFQM%20de+excelencia.%20Ediciones%20D%C3%ADaz+de+Santos&f=false
 - [11] 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_ork_for_Robust_Design_and_Variation_Management.pdf
 - [12] Moreira, L. M., & Loos, M. J. (2018). Analysis of product supply breaks in a bakery through the ishikawa diagram. [Análise de rupturas de abastecimento de produtos em uma padaria por meio do Diagrama de Ishikawa] *Espacios*, 39(3) Retrieved from www.scopus.com
 - [13] González, J. C., Myer, R. A., & Pachón-Muñoz, W. (2017). La evaluación de los riesgos antrópicos en la seguridad corporativa: del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) a un modelo de evaluación integral del riesgo. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 269-289.
 - [14] Padilla Bernal, S. G., & Vásquez Trejo, A. F. (2018). Propuesta de aplicación del Método Six Sigma para mejorar la calidad de servicio de los procesos administrativos en una Universidad. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28510>
 - [15] Martínez, J. M. (2007). Metodologías avanzadas para la planificación y mejora: planificación estratégica, BSC. Ediciones Díaz de Santos.

- [16]Tovar Hernández, F. A. Integración del enfoque ambiental a la metodología Lean Six Sigma caso específico: reducción del consumo de energía eléctrica.
https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569684/DocsTec_10479.pdf?sequence=1
- [17]Briceño, L. (2020) “Propuesta de mejora en la gestión de calidad para reducir los costos operativos de la línea de producción de cuero liso negro de la empresa de cuero para calzado de la ciudad de Trujillo”. Universidad Privada del Norte.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24742/Brice%c3%b1o%20Esquivel%20Luis%20Leandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [18]Gamarra, J. L. (2018) “Propuesta de Mejora en la Gestión de Mantenimiento del área de Hilandería en las etapas de Prehilado para una Empresa Textil basado en la implementación de TPM”. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625101/Gamarra_AJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- [19]Becerra, K. M. (2019) “Propuesta de implementación de herramientas lean: 5s y estandarización en el proceso de desarrollo de producto en pymes peruanas exportadoras del sector textil de prendas de vestir de tejido de punto de algodón”. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625143/Becerra_GK.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [20]Huaman, W. (2003) Ingeniería en la capacitación de operarios para la industria de la confección textil.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3300>
- [21]Bustos, C. E., Chacón. G. B. (2007) El MRP En la gestión de inventarios. Visión gerencial, (1), 5-17.
<https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545875010.pdf>
- [22] Rodríguez-Alza, M. A., Aguirre-Irigoyen, A. G., Salinas-Hernández, L. F. (2022). Proposal for improvement through quality management to reduce costs in the company EASY PUBLICIDAD S.A.C. company Trujillo, 2022. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-December. Doi: 10.18687/LEIRD2022.1.1.120. Retrieved from www.scopus.com
- [23] Rodríguez-Alza, M. A., Lara-Guerra, B. A., Sotomayor-Montenegro, C. A. Diseño del Sistema de Gestión De Calidad para reducir los costos en la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. Trujillo, 2022. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-December. Doi: 10.18687/LEIRD2022.1.1.204. Retrieved from www.scopus.com
- [24]Rodríguez-Alza, M. A., Reyes-Hanco, A. S., Salazar-Bacón, M. A. 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. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July. Doi. 10.18687/LACCEI2022.1.1.250. Retrieved from www.scopus.com