

Herramientas sistémicas para mejorar la productividad en el sector alimenticio Systemic tools to improve productivity in the food sector

Miriam López-Desposorios ^a, Abigail Escalona-Veloz ^{a,*}, Asel Juárez-Vite ^a, Héctor Rivera-Gómez ^a
José R. Corona-Armenta ^a

^a Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

La industria del sector de alimentos, para competir dentro de su mercado altamente demandado, implementa herramientas de mejora continua especializadas como seis sigma. Esta investigación se desarrolló para mejorar la productividad dentro del proceso de elaboración de alta repostería mediante la implementación de herramientas de seis sigma con base en su metodología de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), con el objetivo de identificar y reducir la merma generada. Los resultados mostraron que, en un período de 4 meses, se logró una reducción significativa en el porcentaje de merma semanal de piezas de alta repostería. El análisis de los datos recopilados mostró una disminución del 33.3%. Como consecuencia, se obtuvo una mejora de la disposición del producto fabricado. Esto constituye un mayor flujo en la operación, generando métodos de trabajo diferentes, logrando una mayor continuidad y beneficios económicos para la empresa.

Palabras Clave: DMAIC, seis sigma, alta repostería, merma.

Abstract

The food industry, to compete within its highly demanded market, implements specialized continuous improvement tools such as six sigma. This research was developed to improve productivity within the high-end pastry production process through the implementation of six sigma tools based on its DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), methodology to identify and reduce the waste generated. The results showed that, in 4 months, a significant reduction was achieved in the percentage of weekly shrinkage of high pastry pieces. Analysis of the collected data showed a decrease of 33.3%. As a result, an improvement in the layout of the manufactured product was obtained. This constitutes a greater flow in the operation, generating different working methods, and achieving greater continuity and economic benefits for the organization.

Keywords: DMAIC, six sigma, haute pastry, shrinkage.

1. Introducción

En la actualidad, en el mercado internacional, la alimentación es primordial para las necesidades del ser humano, una gran parte de los alimentos tienen como base de composición la harina. De acuerdo a FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, 2021), el efecto del ambiente mundial ha generado un aumento de producción industrial de la harina a lo largo de los años. Durante el ciclo comercial 2020 - 2021, la producción mundial creció 1.6 % la tasa anual, al ubicarse en 775.8 millones de toneladas. Las empresas en la actualidad tienden a tener más productividad. Esto significa que pueden producir más con menos recursos, lo que resulta en mayores márgenes de ganancia y una mejor posición competitiva. Por tanto, reducir los defectos es crucial

para las organizaciones y la metodología seis sigma es una de las herramientas esenciales, siendo uno de sus enfoques la reducción de defectos y la mejora de la calidad en los procesos. Al minimizar los errores y mejorar la calidad de los productos y servicios, así como al optimizar los procesos, las empresas pueden mejorar su eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la productividad (McShane, 2022). A propósito de esto, los países con una larga tradición en el cultivo de cereales suelen ser los principales productores de harina a nivel mundial. Dentro de los principales productores de harina se encuentran China, India, Estados Unidos, Rusia y Francia. Estos países no sólo fabrican harina para el consumo nacional, sino que también desempeñan un papel destacado como exportadores, suministrando productos a mercados internacionales (FIRA, 2021). En México existen varias

*Autor para la correspondencia: es352565@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: lo353499@uaeh.edu.mx (Miriam López-Desposorios), es352565@uaeh.edu.mx (Abigail Escalona-Veloz), ju100906@uaeh.edu.mx (Asel Juárez-Vite), hriver06@hotmail.com (Héctor Rivera-Gómez), jrcorona@uaeh.edu.mx, (José Ramón Corona-Armenta).

empresas dedicadas a la producción de harina, algunas de las cuales operan múltiples plantas de fabricación en todo el país. Empresas como Grupo Maseca (parte de Gruma) y Grupo Bimbo tienen una presencia significativa en la industria de la harina en México, aunque de igual manera existen otras empresas más pequeñas y regionales. Es importante mencionar que cada tipo de harina tiene propiedades únicas debido a las diferencias en los granos utilizados y los procesos de molienda. La harina de trigo es la que más contenido de gluten tiene, por lo que le da miga y volumen al pan. Además, es la que tiene más cantidad de proteínas y menos almidón que las otras lo que nos lleva a una alimentación más adecuada (Villanueva, 2014).

La reducción de merma en una empresa es esencial para optimizar sus procesos y maximizar sus ganancias. La merma representa desperdicio, ya sea de materiales, tiempo o recursos, y puede tener un impacto significativo en la rentabilidad y eficiencia de una empresa (Mauricio y Domínguez, 2021). Buscar herramientas para reducir la merma no sólo ayuda a minimizar pérdidas económicas, sino que igualmente contribuye a una operación más sostenible y responsable; una de las posibilidades con las que se cuenta actualmente, es la metodología seis sigma que se define como una gestión disciplinada de datos que se centra en el proceso de mejora continua de la calidad y la productividad que conduce a la rentabilidad organizacional (Harris 2002). Es importante la aplicación de un método de mejora de procesos con resultados de éxito probado, que mida y mejore la calidad, seis sigma, además de ayudar a corregir los problemas antes de que se presenten y presentar niveles de merma muy bajos que se encuentren dentro de los niveles predeterminados (Delgado 2015).

Por otra parte, la metodología seis sigma tiene el potencial para aumentar la calidad, el rendimiento, la productividad y presentar ventajas competitivas tales como la reducción de los costos y los desperdicios, minimizándolos y no permitir su impacto en diversas áreas, entre ellas el ambiental (Fuentes 2011).

2. Metodología y resultados

3.1 Fase de definir.

3.1.1. Contexto de la empresa.

La investigación se enfoca en una empresa especializada en la alta repostería y otros productos de venta directa y bajo pedido. Aunque las condiciones económicas y sociales han cambiado, la empresa ha logrado persistir y adaptarse a las diferentes tendencias de repostería que han surgido, ofreciendo productos de alta calidad a precios asequibles. La estructura de la empresa está diseñada para la fabricación de sus productos, entre los procesos clave se destacan: pedido, recepción de materiales, proceso de transformación de las materias primas, almacenamiento, logística y atención al cliente. La empresa tiene aproximadamente 100 clientes que compran o realizan pedidos continuamente para eventos privados y públicos. La investigación se enfocó en el tratamiento de las incidencias negativas más frecuentes, específicamente la generación de mermas. Considerando los datos actuales, se indica que existen pérdidas semanales de producto terminado que ascienden a 20 unidades.

3.1.2 Herramientas aplicadas

Para cumplir con el propósito de esta fase de definir, en este estudio se consideraron 2 herramientas para establecer la Y bajo estudio, como son las técnicas de 5W y SMART que se pueden visualizar en la Figura 1.



Figura 1. Aplicación de 5W's y SMART

Como resultado de las herramientas anteriores, se estableció la Y de la investigación como: Reducir en un 50% el porcentaje de merma semanal del producto de exhibición en un periodo de 4 meses.

3.2. Fase de medir.

Se realizó el mapeo de proceso, el cual evidenció las variables del proceso que influyen en la generación de merma de productos terminados. El diagrama de flujo se divide en diferentes áreas de la empresa, por lo que es posible identificar el área responsable de cada variable. El mapeo de procesos se tomó en consideración desde el pedido de materia prima hasta llegar a la entrega final al cliente. Además, se realizó un diagrama de Pareto con el objetivo de determinar la importancia de las diferentes causas, así como su frecuencia de ocurrencia. Detonando que las principales causas que generan el desperdicio son materias primas de mala calidad (fruta deteriorada o en mal estado, leche de baja calidad y crema batida defectuosa), variaciones de temperatura en la vitrina refrigeradora (uso inadecuado, falta de mantenimiento y variación en la energía eléctrica) y el transporte inadecuado del producto (mal acomodo del producto, condiciones viales inadecuadas y altas temperaturas). Lo anterior se puede visualizar en la Figura 2.

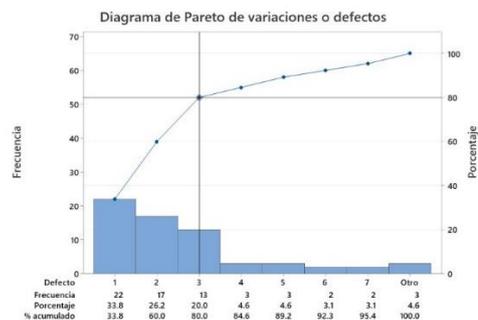


Figura 2. Diagrama de Pareto

A continuación, en la Figura 3 se muestra el desarrollo de la matriz de priorización donde se consideran las diversas causas y se les ha asignado una ponderación en función al impacto que éstas tienen sobre los CTQ's (Critical to Quality). Entendiéndose como los factores de los que se deriva el problema en esta investigación (costos, sabor y diseño). Para el cálculo de CTQ's se multiplicó el valor obtenido en costo por la ponderación asignada sumado al valor obtenido en sabor multiplicado por la ponderación asignada y de igual forma para diseño.

Ponderación	5	3	10		
CTQ's	Costos	Sabor	Diseño	Total	
Fruta deteriorada o en mal estado	10	10	10	180	11.80%
Crema batida defectuosa	9	6	10	163	10.69%
Condiciones viales inadecuadas	8	7	10	161	10.56%
Altas temperaturas	8	7	10	161	10.56%
Mal acomodo del producto en el vehículo	8	7	10	161	10.56%
Leche de baja calidad	10	10	8	160	10.49%
Falta de mantenimiento de la vitrina	9	8	8	149	9.77%
Variación en la energía eléctrica	9	8	8	149	9.77%
Malas prácticas de uso de la vitrina	10	9	7	147	9.64%
Alta competitividad en la zona	9	3	7	124	8.13%
Personal poco capacitado	6	7	6	111	7.28%
Mala ubicación de exhibición	5	2	6	91	5.97%
Errores de empaquetado	0	0	8	80	5.25%
Sobreproducción de productos de exhibición	9	2	2	71	4.66%

Figura 3. Matriz de priorización

Como resultado, es posible concluir que los tres factores con mayor influencia en los CTQ's son las materias primas de mala calidad, las variaciones de temperatura en la vitrina refrigeradora y el transporte inadecuado del producto, los cuales representan el 50.77% del total de puntos obtenidos con la matriz. Posteriormente, se utilizó la herramienta de estudios R y R, con la cual se obtuvo información que permite conocer cómo se van a realizar las mediciones necesarias para determinar la variabilidad entre los procesos y cómo influyen los operarios en dichas diferencias.

3.3. Fase de analizar.

En esta fase, se recopilan y analizan datos para identificar patrones, tendencias y relaciones que puedan existir en el proceso. Se identificaron 19 X's que podrían estar relacionadas con el problema o la variación en el proceso. Estas variables se sometieron a pruebas de hipótesis utilizando diversas herramientas estadísticas puntuales con el fin de determinar su influencia en el resultado del proceso, como la prueba Z, la regresión lineal simple, la prueba de 2 varianzas y la prueba t de 2 muestras. Como resultado, se presentan algunas de las validaciones realizadas en la Figura 4.

En este apartado se estudió la relación entre la Y de la investigación y cada una de las X's a validar, mediante una prueba de hipótesis estableciendo el tipo de datos, sean continuos o discretos, para determinar la herramienta estadística a utilizar, donde el método de aceptación fue si el P-value era mayor a un alfa de 0.05 se aceptaba, entendiéndose como la existencia en la relación de las variables.

3.4. Fase de mejorar.

A partir de la información obtenida durante la fase de análisis, utilizando herramientas tales como Matriz de priorización, Pruebas R y R, además de las pruebas de hipótesis concluyentes, se identificaron las variables X vitales que presentan una mayor intervención en la cantidad de merma de productos de exhibición caducados que deben desecharse en la

empresa de forma semanal, las cuales se describen a continuación.

Variable X y Y	Hipótesis a probar	Tipo de datos	Herramienta estadística a utilizar	P-value y conclusiones
Y: Cantidad de merma en productos terminados en una semana X1: Materias primas de mala calidad	H0: $\mu = 5.2$ H1: $\mu < 5.2$	Y-Continua X-Discreta	Prueba Z de una muestra	P=0.009 P<0.05 Existe relación entre las variables
Y: Cantidad de merma en productos terminados en una semana X2: Variaciones de temperatura en la vitrina refrigeradora	H0: No existe una relación matemática entre X y Y. H1: Existe una relación matemática entre X y Y.	Y-Continua X-Continua	Regresión	P=0.0 P<0.05 Existe relación entre las variables
Y: Cantidad de merma en productos terminados en una semana X3: Transporte inadecuado del producto	H0: $\mu = 5.2$ H1: $\mu < 5.2$	Y-Continua X-Discreta	Prueba Z de una muestra	P=0.001 P<0.05 Existe relación entre las variables
Y: Cantidad de merma en productos terminados en una semana X7: Mala ubicación de exhibición	H0: $\mu = 5.2$ H1: $\mu < 5.2$	Y-Continua X-Discreta	Prueba Z de una muestra	P=0.991 P>0.05 No existe relación entre las variables
Y: Cantidad de merma en productos terminados en una semana X9: Errores de empaquetado	H0: $\mu = 5.2$ H1: $\mu < 5.2$	Y-Continua X-Discreta	Prueba Z de una muestra	P=1.000 P>0.05 No existe relación entre las variables

Figura 4. Validación de X's.

X1: Materias primas de baja calidad (una variable discreta identificada mediante una prueba Z).

El estado actual implica que existen materias primas de baja calidad ingresando al área de producción; las más habituales son las frutas como kiwi y fresa, leche y crema batida, en el estado futuro todas las materias primas que ingresan a producción están adecuadamente verificadas y son de alta calidad. La transición del estado actual al estado futuro se llevó a cabo mediante la aplicación de las herramientas 5's y poka-yoke, la primera apoya al proceso a través del orden y la limpieza, es una metodología básica que ayuda a crear un ambiente óptimo para la puesta en marcha de otras herramientas lean; además, gracias a sus beneficios, es apta para optimizar el área de almacenaje, la cual tiene una relación directa con las materias primas. Asimismo, la implementación de un poka-yoke informativo de advertencia, impulsa el aseguramiento de la calidad de la materia prima y evita el error que produce el defecto, lo anterior se puede visualizar en la Figura 5.

En el estado actual existe una alta variabilidad en la temperatura interna de la vitrina refrigeradora, se determinó que una de las principales causas es el mal uso del equipo por parte del personal, no existe un plan de mantenimiento y hay variaciones en la energía eléctrica suministrada a los equipos. En el estado futuro las variaciones no existen ya que el personal se ha capacitado y utiliza correctamente el equipo, se estableció un plan de mantenimiento y se utilizó un regulador de voltaje para eliminar las variaciones en la energía eléctrica.

X2: Variaciones de temperatura en la vitrina refrigeradora (una variable continua identificada mediante regresión).

Para llegar al estado futuro, se implementó la herramienta TPM, donde el personal se capacitó para realizar los mantenimientos adecuados de acuerdo con el plan establecido y así no depender de los tiempos del personal de mantenimiento, además de un poka-yoke físico preventivo, que emitirá una alerta cuando el equipo no se esté usando de forma correcta. Se puede observar en la Figura 6.



Figura 5. Mejora en la X1

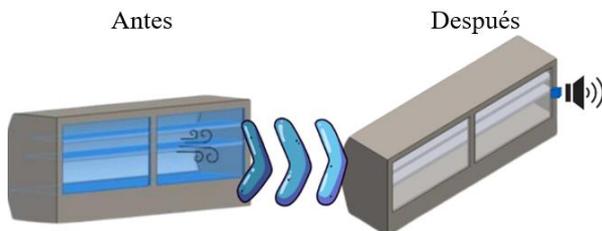


Figura 6. Mejora en la X2

X3: Transporte inadecuado del producto (una variable discreta identificada mediante una prueba Z). En la Figura 7 se muestra el antes y el ahora del transporte del producto, con la implementación de las mejoras mencionadas.

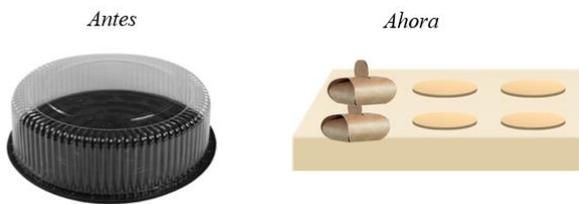


Figura 7. Mejora en la X3

3.5. Fase de control

Para poder asegurar estas mejoras, inicialmente se documentaron, donde se indican las actividades que se realizarán periódicamente, además, se realizó un plan de auditorías, estableciendo fechas de dichas actividades. De inicio se realizan en periodos muy cercanos y conforme pasa el tiempo éstas van teniendo mayor tiempo. Además, se implementaron Poka Yokes que implica el uso del método PEPS; este consiste en colocar una etiqueta a cada arribo de materia prima que ingrese con el fin de identificar la calidad del producto desde el momento de ser aceptado y las caducidades. Del mismo modo, se puso en práctica un Poka Yoke que consiste en el uso del sistema Jidoka donde la apertura y cierre de la puerta son controlados mediante la emisión de un sonido, además de un sistema Andon que permite mediante una señal luminosa saber el estado, teniendo

una luz roja cuando la puerta se encuentre cerrada y verde cuando esté abierta.

Para la X1. Mala calidad de la materia prima, se implementó OPL (Lección de un punto), donde permite identificar la materia prima que presenta defectos. Esta se puede visualizar en la Figura 8.

LA ANÁLISIS - Manual de Operación		FECHA: 23.08.24		FECHA DE EMISIÓN: 26.01.24		
APROBADO: Manuel Castaño Galán		FECHA: 22.08.24		REV: 3		
PROYECTO: Llavero a mano		PROB: 1	FORM: 1	LA ENTREGA: 24.08.24		
DE PAR:	CARACTERÍSTICA	APARIENCIA	INSPECCIONAR	EQUIPO	METODO	FRECUENCIA
REQUISITO DE FABRICA	CADUCIDAD	VER BUENAS VISUALES	VER BUENAS VISUALES	VISUAL	VISUAL	DIFERENTE
REQUISITO DE FABRICA	QUE EL PRODUCTO	VER BUENAS VISUALES	VER BUENAS VISUALES	VISUAL	VISUAL	ALTERNAR

AYUDA VISUAL						
CORRECTO						✔
INCORRECTO						✘

Figura 8. Hoja de instrucción de inspección

Por otro lado, para el monitoreo y control de las variables de proceso se implementaron gráficas de control, donde las variables presentan especificaciones y tolerancias permitidas, dentro de las variables estudiadas se encuentran la temperatura, defectos de materia prima, transporte inadecuado del producto y productos entregados en mal estado. Algunas de estas gráficas se muestran en la Figura 9.

Dentro de los resultados obtenidos es posible identificar que el límite central de control para la materia prima defectuosa fue del 0.892%, el límite superior del 1.33% y el límite inferior de 0.44%, además se puede afirmar que la temperatura de la vitrina refrigeradora se encuentra controlada al identificar que las mediciones realizadas abrazan el límite central y no existe ningún punto fuera de control. Además, es posible identificar que el valor del Cp es 1.48, valor que es mayor a 1.33, lo cual indica que el proceso es potencialmente hábil y no requiere alguna modificación. Por otra parte, el valor obtenido de Cpk fue de 1.34, el cual refleja la capacidad global del proceso y al ser ésta positiva es posible asumir que éste opera dentro de las especificaciones, y en cuanto a los productos entregados en mal estado, el procedimiento se encuentra bajo control pues los puntos se hallan abrazando a la línea central, sin superar los límites establecidos. Todas estas mejoras una vez implementadas se capacitó al personal para su operación óptima.

3.6. Resultados globales de la implementación.

El objetivo principal de esta investigación fue reducir en un 50% el porcentaje de merma semanal de piezas producidas de alta repostería. A lo largo de esta indagación se emplearon diversos métodos para identificar las principales causas de la merma y se llevaron a cabo pruebas de hipótesis para validar las soluciones propuestas. Al finalizar el período de 4 meses, se logró una reducción significativa en el porcentaje de merma semanal de piezas de alta repostería en ambas ubicaciones. El análisis de los datos recopilados mostró una disminución del 33.3% en la merma, lo que equivale a 96 piezas de alta repostería anuales.

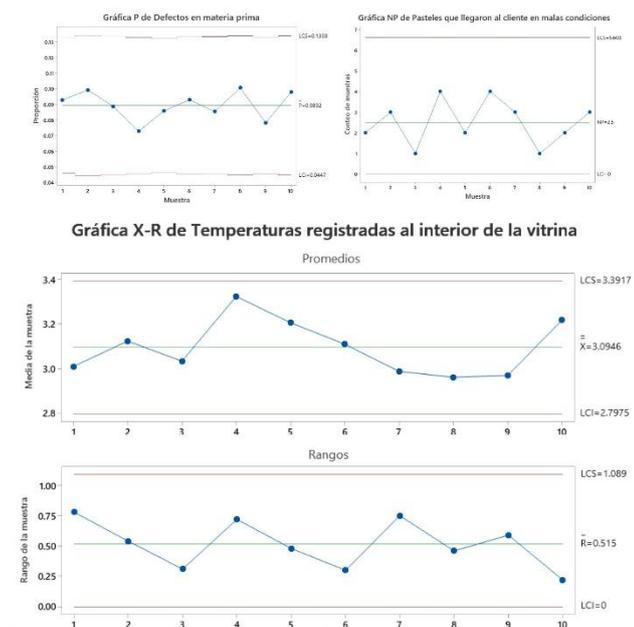


Figura 9. Gráficas de control aplicadas

Basado en los resultados obtenidos, se concluye que las implementaciones de las soluciones propuestas han sido efectivas para reducir la merma de piezas de alta repostería que se tiene en exhibición, teniendo un ahorro monetario significativo. Al realizar la implementación se tuvo una reducción de \$115,200 pesos por año, esta reducción de costos no sólo se traduce en un ahorro financiero significativo, sino que paralelamente puede mejorar la competitividad de la empresa, mediante nuevos métodos de trabajo con un enfoque sistémico que permite a la empresa estandarizar sus procesos y mejorar sus estándares establecidos. Además de lograr una mayor satisfacción del cliente gracias a la mejora en la calidad del producto y una cultura organizacional centrada en la mejora continua y la excelencia.

Conclusiones, limitaciones y trabajos futuros

La implementación de seis sigma en el sector alimenticio, también específicamente en alta repostería, ha sido fundamental para resolver las principales causas que originaban las mermas, identificando que esto se debe a la mala calidad de la materia prima, las variaciones de temperatura en la vitrina refrigeradora y el transporte inadecuado del producto. Utilizando herramientas en respuesta de la metodología de seis sigma, se tomaron medidas específicas para resolver estos problemas, para lograrlo se implementaron controles de calidad más estrictos en la selección de la materia prima, se estabilizó la temperatura en la vitrina refrigeradora y se mejoraron los procesos de transporte para garantizar la integridad de los productos. Estas acciones no sólo han resultado en una notable reducción de las mermas, sino que de igual manera han establecido un marco para la mejora continua. Se han implementado medidas para mantener bajo control los procesos críticos, lo que ha contribuido a una mayor estandarización y reducción de la variabilidad en la producción. Con la implementación de la metodología se ha logrado minimizar las pérdidas, así como optimizar los recursos y maximizar las ganancias. Además, se ha puesto en

marcha una cultura de calidad en toda la empresa, donde la búsqueda constante de la excelencia operativa y la mejora continua son valores fundamentales.

3. Referencias

- Aizaga, R. y Arreaga, A. (2021). Diseño e implementación de seis sigma para la mejora del proceso de secado de la empresa secado y tratado de madera CIA.LTDA. [Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil].
- Alama, Y. y Jara, Y. (2017). Análisis del proceso productivo de las panificadoras del sector nueva Prosperina y su incidencia en la optimización de recursos. [Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil].
- Alarcón, L. y Cevallos, U. (2023). Plan de mejoramiento basado en Lean Manufacturing-Kaizen en una fábrica de plásticos para la reducción de scrap en las áreas de producción [Bachelor's thesis].
- Blandón, M. (2021). Estudio de caso: Desarrollo de una metodología (DMAIC o Seis Sigma) para evaluación de mermas de materia prima en la planta de alimentos balanceados de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano [Tesis Doctoral, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano].
- CANAIMPA. (2023). Conoce más sobre la industria panificadora en México. gov.mx. <https://www.gob.mx/se/articulos/conoce-mas-sobre-la-industria-panificadora-en-mexico>
- Cárdenas, G. (2019). Aplicación de Six Sigma para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa Palomino. [Trabajo de investigación para obtener el grado académico de Bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo].
- Castelo, Á., Pérez, R., Alarcón, P. y Castelo, W. (2018). Aplicación seis sigma, a los procesos productivos, para optimizar la materia orgánica desperdiciada. *Sathiti: sembrador*, 13(1), 269-280. <https://doi.org/10.32645/13906925.532>
- Delgado, E. (2015). "Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología six sigma en una planta de productos plásticos. [Tesis para optar el grado de maestro, Pontificia universidad católica del Perú].
- FIRA. (2021). Panorama Agroalimentario Trigo 2021. <https://www.fira.gob.mx>
- Fuentes, A., Chávez, N. y Rasgado, J. (2011). Ventajas de Seis Sigma. <http://seisigmaspaces.blogspot.mx/2011/11/ventajas-de-seis-sigma.html>.
- Gutiérrez De la Cruz, C. y Ibáñez, M. (2021). Lean Six Sigma y su importancia en la gestión de cadenas de suministro en las pymes en tiempos de COVID 19. *Revista de Investigación Multidisciplinaria CTSCAFE*, 5(15), 18. Recuperado a partir de <https://www.ctscafe.pe/index.php/ctscafe/article/view/162>
- Harris, B. (2002). *Transactional Six Sigma and Lean Servicing: Leveraging Manufacturing Concepts to Achieve World-Class Service*. Editorial St Lucie Press.
- Harry, M. y Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Doubleday, New York.
- Izaguirre, E. y Rivera, J. (2023). Plan de implementación de metodología seis sigma en planta procesadora de pollo cadeca (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC).
- Lima, K. (2021). Implementación de seis sigma para la mejora de calidad en el proceso de moldeado de la panadería Panif-Bod Lima, 2021. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad César Vallejo].
- Marín, C., Valenzuela, A., Cuamea, G. y Brau, A. (2023). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 24 (01), 1-12. <https://doi.org/10.22201/ifi.25940732e.2023.24.1.007>
- Martínez, J., García, E. y Carlos, C. (2019). Efecto de seis sigma en el almacén de una empresa manufacturera. *Conciencia Tecnológica*, (58), 32-39.
- Mauricio, J. y Domínguez, S. (2021). Propuesta de metodología lean seis sigma para el control de merma en la cadena de suministro de la industria alimentaria. En asocio con goddard catering group. ITCA Editores. Zacatecoluca, La Paz.
- McShane, M. (2022). *Certified Six Sigma Black Belt Handbook* (Cuarta ed.). EUA: ASQ.
- Meléndez, V. (2017). Reducción de la merma en el proceso de fabricación de la empresa Nexpol S.A.C. [Bachelor's thesis, Universidad San Ignacio de Loyola].
- Muñoz, E. (2019). Metodología Seis Sigma para mejorar la calidad en los procesos de la industria de alimentos. Revisión de la literatura científica (Trabajo de investigación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/22080>

- Palacios, L. (2020). Disminución de los retrasos en los eventos realizados por una empresa de catering a través de metodologías Seis Sigma. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/154
- Pérez, E. y García, M. (2016). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Revista Tecnología En Marcha*, 27(3), pág. 88–106. <https://doi.org/10.18845/tm.v27i3.2070>
- Ramírez Pérez, J. F., López Torres, V. G., Hernández Castillo, S. A. y Morejón Valdés, M. (2021). Lean six sigma e industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones: lean six sigma e industria 4.0 en la administración de operaciones. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(4), 151-168. <https://doi.org/10.47230/unsum-ciencias.v5.n4.2021.584>
- Reinoso, A. y Vieyra, E. (2021). Tema: análisis del proceso de prensado mediante la metodología lean six sigma, en una industria productora de alimentos balanceados para el sector acuícola de la provincia del Guayas. [Trabajo de proyecto técnico para la obtención del título de Ingeniero Industrial, Universidad Estatal de Milagro].
- Rodríguez, M. y Gómez, L. (2023). Implementación de Herramientas de Gestión de la Calidad para Reducción de Costos y Mejora de Productividad en Almacén de una Empresa Avícola. Trujillo, Perú. *Proceedings/Memorias*. <https://doi.org/10.54808/cisci2023.01.170>
- Scott, E. (2020). *Seis Sigma: Una guía esencial para principiantes Seis Sigma*. EUA: Publicación Independiente.
- Teiler, J., Traverso, M. y Bustos, C. (2021). Optimización de procesos relacionados con la gestión del inventario de una farmacia hospitalaria mediante el uso de la metodología Lean Six Sigma. *Deleted Journal*, 31(1), 58-63. <https://doi.org/10.4321/s1699-714x20210001000013>
- Vargas, E. (2021). *La metodología six sigma y el nivel de productividad en una empresa de comida rápida, Cajamarca 2020*. [Tesis para optar el grado de Maestro, Universidad Privada Del Norte].
- Villanueva Flores, R. (2014). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial*, (32), ISSN 1025-9929 231-246