

Evaluación de la calidad de la producción de pastas comestibles mediante Seis Sigma

Quality Assessment of Edible Pasta Production Using Seis Sigma

Tomas José Fontalvo Herrera



Jose Morelos Gomez



Nestor Garcia



Universidad de Cartagena, Colombia

OPEN ACCESS

Recibido: 14/12/2021

Aceptado: 31/03/2022

Publicado: 18/05/2022

Correspondencia de autores:

tfontalvo@unicartagena.edu.co



Copyright 2020
by Investigación e
Innovación en Ingenierías

Resumen

Objetivo: Evaluar las diferentes dimensiones de calidad de la producción de una empresa de pastas comestibles. **Método:** La investigación fue de corte evaluativa con aplicación de los conceptos y teorías relacionadas de Seis Sigma, se consideraron 12 periodos de estudios, al proceso productivo se le aplicaron las métricas de seis sigma asociadas a los defectos en partes por millón (DPMO), rendimiento y el nivel sigma Z. **Resultados:** Los resultados de esta investigación permitieron valorar el desempeño de las etapas productivas del proceso obteniéndose un promedio global de los 12 periodos del rendimiento Y de 96,89 % y un nivel sigma promedio Z de las etapas del proceso de 3,67. **Discusión:** Lo que evidencia que el sistema productivos analizado posee un buen desempeño y los criterios de calidad del proceso productivo cumplen con las exigencias de control del sistema productivo de pastas comestible para los clientes. **Conclusiones:** Como contribución única se aporta un método estructurado que permite evaluar un sistema productivo de alimentos de forma global y puntual por medio de las métricas de seis sigma.

Palabras clave: Calidad del producto, Seis Sigma, Industria, Pasta, Control Calidad.

Abstract

Objective: To evaluate the different quality dimensions of a pasta company's production. **Method:** The investigation was of evaluative cut with application of the concepts and related theories of Six Sigma, 12 periods of studies were considered, to the productive process the metrics of six sigma were applied to him associated to the defects in parts by million (DPMO), yield and the level sigma Z. **Results:** The results of this investigation allowed to evaluate the performance of the productive stages of the process obtaining a global average of the 12 periods of the performance Y of 96,89 % and a level sigma average Z of the stages of the process of 3,67. **Discussion:** What evidences that the productive system analyzed has a good performance and the criteria of quality of the productive process fulfill the demands of control of the productive system of edible pastas for the clients. **Conclusions:** As a unique contribution, a structured method is provided that allows the evaluation of a food production system in a global and punctual way by means of the six sigma metrics.

Keywords: Product Quality, Six Sigma, Industry, Pasta, Quality Control.

Introducción

Analizar en la actualidad las razones por las cuales las empresas compiten fuertemente por los mercados, implica detenerse en el contexto empresarial y estudiar el panorama respecto a lo que concebimos como calidad, lo cual ha cambiado con el tiempo, y permanece en evolución constante. El concepto de calidad puede ser ampliamente entendido de acuerdo con la definición registrada en las normativas referentes al concepto del estándar ISO 9000 (por sus siglas en inglés Internacional Estándar Organization), el cual exigen hoy día, no solo que los procesos realizados en la organización cumplan con los requerimientos mínimos de calidad enfocados a una tasa sobre lo producido, sino que también mejoren continuamente el sistema responsable de esto en cada periodo, mejorando continuamente la forma de realizar los procesos y sus resultados operacionales [1].

En este sentido, la calidad consiste en cumplir con los requisitos mínimos o básicos para que un bien o servicio pueda ser llamado como tal (Plataforma de navegación en línea [2]. Garantizar la calidad en cada etapa del proceso productivo, y a lo largo de la cadena de valor de la organización, se ha vuelto imprescindible, no solo para asegurar la satisfacción del cliente, sino también, para mantener e incluso aumentar, el grado de productividad, rentabilidad y competitividad en las organizaciones [3]. La complejidad para cumplir con la anterior, y su clara importancia en la actualidad, evidencian la necesidad de sistemas de control robustos [4, 5].

La compañía objeto de esta investigación muestra un sistema de producción y distribución de pastas con procesos eficientes y eficaces regularmente, no obstante, el panorama actual respecto al control de la calidad presenta oportunidades de mejoras, lo cual exige que haya una mejora en los procesos de medición. Lo anterior, constituye la base para implementar criterios y estructuras de Seis Sigma [6], que permitan establecer criterios claros y métricas para medir el proceso de pastas comestibles generando de esta manera oportunidades de mejora. Consecuentemente con lo anterior y partiendo de las necesidades de la línea de producción, es necesario tener criterios claros de medición enfocándonos en los niveles de humedad y temperatura, evaluados en un tramo clave del proceso total de la producción de pasta. Considerando lo expuesto anteriormente, es importante darles respuesta a las siguientes preguntas problemas de esta investigación: ¿Cómo contextualizar las diferentes métricas de Seis Sigma en las etapas del proceso de producción de pastas? ¿Cómo valorar la calidad en las diferentes etapas del proceso productivo de pastas utilizando las métricas de Seis Sigma?, ¿Cómo analizar el desempeño de las métricas de Seis Sigma en las diferentes etapas del proceso productivo de pastas en los 12 periodos objeto de esta investigación?, con lo cual se pueda alcanzar los niveles máximo de satisfacción de la calidad y el cumplimiento de las especificaciones técnicas del producto terminado.

Para dar respuesta a los interrogantes de investigación planteados previamente, se proponen los siguientes objetivos e intencionalidades de esta investigación: i) Contextualizar las diferentes métricas de Seis Sigma a las etapas del proceso productivo de pastas. ii) Valorar la calidad en las diferentes etapas del proceso productivo de pastas utilizando las métricas de Seis Sigma. iii) Analizar el desempeño de las métricas de Seis Sigma en las diferentes etapas del proceso productivo de pastas en los 12 periodos objeto de esta investigación. De igual manera, en esta investigación se aplicaron las métricas de Seis Sigma, con el propósito de medir y tomar decisiones para reducir las no conformidades en las etapas del sistema productivo, así como también mejorar el nivel de calidad y satisfacción de dichos bienes. La aplicación de la técnica Seis Sigma fue analizada en 12 periodos de estudios en el sistema de producción objeto de esta investigación, a los que se les aplicaron los métodos y métricas básicas asociadas a los defectos por partes por millón, evaluación del rendimiento y cálculo del nivel sigma Z en los procesos analizados.

Para lograr las intencionalidades de esta investigación, este artículo presenta la siguiente estructura de desarrollo de cada una de las partes que definen el artículo de investigación. Inicialmente, se muestra la pertinencia de los elementos y conceptos teóricos de estudios internacionales aplicados de autores internacionales reconocidos, relacionados con la teoría Seis Sigma, control de la producción y calidad de productos. Seguidamente, se presenta la metodología utilizada mediante la aplicación de herramienta de mejora Seis Sigma, la cual permitió evaluar la calidad y efectividad de los procesos productivos a partir de la identificación de las dimensiones de la cadena productiva que contribuyen en mayor medida a la calidad del producto y a las métricas definidas por la técnica de Seis Sigma. El horizonte de tiempo definido para este estudio fue 12 periodos o meses, para el año 2019, de la empresa objeto de estudio. Finalmente, se presentan los resultados por cada periodo (mes) de tiempo definido de la evaluación, rendimiento y nivel Z obtenido, en el proceso de producción de pastas comestibles.

Marco referencial

Herramientas para el control de los procesos

La búsqueda constante de nuevas formas de mejorar el rendimiento y seguir siendo competitivos en el mercado, ha llevado a que las empresas tomen iniciativas relacionadas con la mejora continua para ayudar a las organizaciones a alcanzar dicho propósito, integrando de esta forma, sus procesos operativos y mejora de su capacidad para hacer rápidos cambios en las estructuras productivas [7]. En este sentido, variados han sido los métodos que apoyan la prevención y el control de errores en los procesos industriales, entre los cuales podemos mencionar el índice de capacidad de procesos [8], el cual tiene como objetivo facilitar el cumplimiento de la mejora de las especificaciones estadísticas de los procesos. Otra herramienta para la mejora y el control de tolerancias está referida a la herramienta de optimización Seis Sigma, dado su aporte y contribución para alcanzar la eficiencia de los sistemas y el cumplimiento de requisitos de calidad en las organizaciones [9, 10, 11].

En cuanto a la efectividad de la herramienta Seis Sigma, ésta ha sido implementado por muchas organizaciones manufactureras con el propósito de reducción las no conformidades en las dimensiones de calidad evaluadas en los diferentes contextos utilizada [12], en la reducción de residuos infecciosos en puntos médicos [13] y en el control de fallos en pruebas de laboratorio [14], incluso en el sector de la educación [15]. También ha sido de gran utilidad en procesos productivos, como en el sector automotriz [16, 17], en el ámbito de la minería [18], contribuyendo a la realización de los procesos con mejor desempeño y eficiencia en los costos del proceso [19]. Sin embargo, en el campo la industria alimentaria su adopción ha sido muy baja [20, 21, 22], como se evidencia en los resultados de estudios realizados en Canadá, Malasia y Brasil, los cuales para el caso de Canadá el 45% de las empresas registradas en el clúster alimentación no han aplicado herramienta alguna para la mejora continua de sus procesos [23, 24]. Asimismo, Malasia muestra que 70% de las empresas del sector de comidas no tiene implementado la herramienta Lean Supply Chain Management, para el desarrollo y eficiencia de sus actividades productivas [25]. Brasil por su parte, muestra que 76% de la industria alimentaria no tiene implementado la metodología Seis Sigma en sus procesos de elaboración de alimentos [26].

En este orden de ideas, el Seis Sigma tiene como propósito responder a las necesidades y expectativas de los clientes, minimizando defectos y no conformidades encontradas en los productos, a fin de responder con mayor calidad, innovación y generación de valor agregado [27, 28]. Así pues, la técnica Seis Sigma integra una serie de herramientas comúnmente aplicadas para la gestión de calidad, la resolución de problemas y gestión de riesgos dentro de un marco lógico efectivo que tiende a mejorar los resultados operacionales

de las organizaciones [29]. Las metodologías Seis Sigma y Lean Seis Sigma son una secuencia de procesos centrados en mejorar los productos existentes mediante las siguientes 5 fases: definición, medida, análisis, mejora y control, o, para crear nuevos productos a partir de las fases: definir, medir, analizar, prueba de diseño y verificación [30, 31]. Autores plantean la pertinencia de la combinación de las herramientas Lean y Seis Sigma, en razón a su poderosa contribución en el mejoramiento del rendimiento de las organizaciones a través de una mayor satisfacción del cliente y mejores resultados finales [32, 33, 34].

Seis Sigma en el control de la calidad

La metodología Seis Sigma es un sistema de gestión que busca mejorar la eficiencia de los procesos, reduciendo defectos para lograr una mejor calidad y satisfacción del cliente [35, 36]. El método estadístico Seis Sigma, proporciona un enfoque estructurado para identificar las causas de los defectos de producción y ha demostrado su efectividad para este fin, tal es el caso de las características del conjunto de datos de los procesos de manufactura de alimentos que han sido adecuadamente estudiadas mediante la anunciada herramienta de control [37, 38, 39, 40, 41, 42]. Otros sectores como el de la gestión de procesos han aplicado igualmente la técnica Seis Sigma, identificando los errores de raíz que disminuyen la calidad de los productos, y por consiguiente, tomando las decisiones necesarias para mejorar el objeto de estudio [43]. Asimismo, Priya [44], muestra la pertinencia de la herramienta Lean Sig Sigma, en la implementación de una planta de ensamblaje automotriz para eliminar procesos sin valor agregado en la línea de ensamblaje, en la cual se detectaron de fallas en el proceso operativo, lo que permitió optimizar la ocurrencia de defectos, mejorar y mantener el rendimiento durante todo el proceso de ensamblaje automotriz.

En este sentido, se destaca la relevancia del Seis Sigma, dado que es una herramienta que se mejora y adapta constantemente a nuevos entornos, esto gracias a múltiples estudios y pruebas realizadas en diferentes escenarios productivos, como la modelación de procesos de producción biofarmaceuticos de grandes volúmenes de datos en línea [45, 46]. Asimismo, la hace aplicable para ambientes más versátiles, especialmente, en áreas donde su manejo no era tan eficiente. Aplicaciones en los procesos de gestión organizacional, en áreas funcionales del talento humano, esta técnica ha tenido mayor relevancia, logrando controlar la cantidad de caídas por parte del personal, durante la realización de un proceso [47]. Seis Sigma, igualmente, ha sido utilizada, para controlar y mejorar procesos que minimicen el impacto ambiental, en relación con, la reducción del dióxido de carbono producido en hornos industriales [48], o reduciendo contaminantes en general dentro de las fábricas [49].

Estrategia Lean Seis Sigma para la mejora de procesos

Las metodologías Lean Seis Sigma, representan la combinación perfecta en términos de estrategia constituida [50], la cual refleja la integración sinérgica entre dos poderosos enfoques de mejora continua [51]. Este enfoque de calidad se ha convertido en una de las estrategias comerciales más utilizadas en las organizaciones con el objetivo de mejorar los procesos y reducir los costos de producción [52, 53, 54] y maximizar el valor por medio del cumplimiento de los requisitos del cliente y el control estadístico de los procesos [55].

En razón de lo anterior, las técnicas Lean Seis Sigma, son desarrolladas definiendo una hoja de ruta bien establecida en sus fases (definir-medir-analizar-mejorar-controlar) en la cual, se muestran las actividades requeridas para implementar el modelo analizado y de esta forma generar mejora y evolución en el contexto intervenido [56, 52].

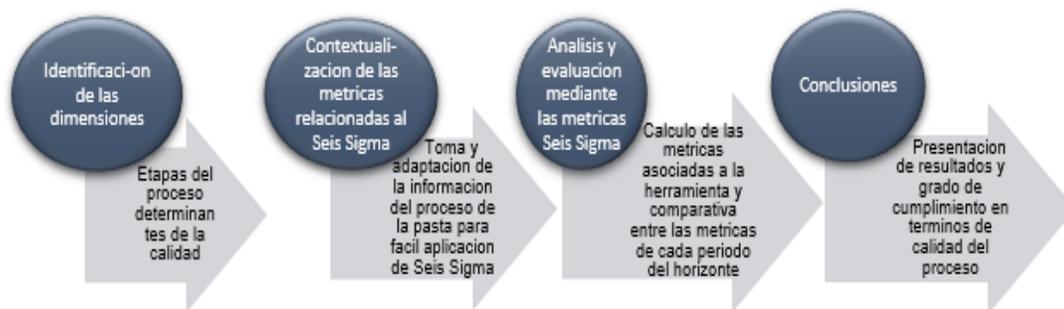
Metodología

El propósito de esta investigación es evaluar la calidad y efectividad de los procesos productivos, con base en las métricas de seis sigma. Por lo anterior, se procedió a analizar el proceso de producción de pastas para la organización, esto implicó identificar las dimensiones objeto de estudio (pre- secado, apéndice, humidificación, enfriamiento y anti-condensación) o partes de la cadena productiva que aportaran más a la calidad del bien y son más pertinentes para su evaluación. A partir de la información suministrada por la propia organización, por medio de fuentes primarias, se identificaron las dimensiones claves a medir, cada una correspondiente a las etapas productivas del proceso, en las cuales se enfocó, para determinar si se cumple con los requisitos mínimos de calidad, en términos de temperatura y humedad, e identificar posibles mejoras al sistema.

Se determinó como horizonte de estudio el año 2019, compuesto por 12 periodos (meses), cuyos niveles de rendimiento, DPMO y, claramente, nivel sigma se compararon entre sí, para así determinar su trayectoria, en términos de calidad. Las dimensiones de calidad sometidas a evaluación fueron i) Procesado en donde se extrae parte considerable de la humedad de la masa de la pasta, ii) Apéndice, se aplica mayor calor en menor tiempo, proceso para asegurar la menor presencia de humedad posible iii) Humidificación, se aplica vapor a la mezcla para secarla, se realiza con vapor (humedad) para no dañar la mezcla iv) Enfriamiento, se extrae el calor de la mezcla y al mismo tiempo extrae humedad y v) Anti-condensación, proceso desarrollado a lo largo de la cadena cuyo fin es evitar la condensación de vapor cual pueda dañar el producto. En estos periodos, se determinaron como óptimos aquellos que mostraran un rendimiento igual o superior a 95%, como también, aquellos que presentaran un nivel Sigma igual o mayor a 3.

Una vez definidas las dimensiones, se adaptó la información respectiva disponible para aplicar la herramienta de evaluación, cuyas métricas obtenidas (valor de defectos por partes por millón, rendimiento y nivel Z), sirvieron para evaluar el proceso de acuerdo al criterio proporcionado por los fundamentos y teorías del método implementado. Por último, se presentan las conclusiones haciendo uso de los resultados de las métricas de Seis Sigma obtenidas en el proceso, y las acciones de control del proceso de manufactura de las pastas, para mejorar y optimizar el sistema productivo. En la Figura 1 se presenta el método de evaluación aplicado al proceso de producción.

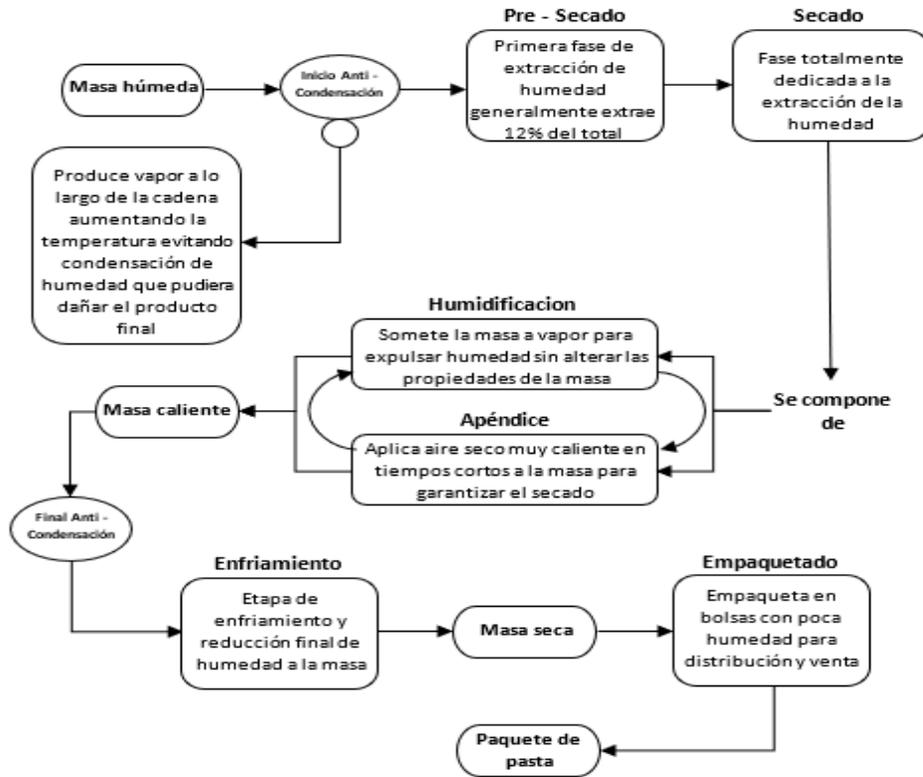
Figura 1. Método de evaluación y análisis de la calidad de la producción



Fuente: Autores.

Para continuar con el desarrollo de la presentación de la investigación, es necesario explicar la estructura o proceso a analizar, esto con el fin de facilitar la comprensión de la información al momento de comparar las métricas con el panorama evaluado. Mediante la Figura 2, se puede contemplar la secuencia y funciones de cada etapa del proceso objeto de estudio.

Figura 2. Esquema de proceso secado de la pasta



Fuente: Autores.

Definición de las métricas Seis Sigma en la calidad del proceso productivo

Con base en la información de los registros de la industria alimenticia objeto de esta investigación, se pudo evaluar el desempeño de las dimensiones estudiadas con base en las métricas de evaluación para el proceso, dichas métricas se describen a continuación así: O: oportunidad de error; U: producción por periodo; n: cantidad de fallas identificadas en la producción durante el periodo; Y: rendimiento productivo de la etapa; DPMO: Defectos de partes por millón por etapa.

Las fórmulas para obtener las métricas DPMO, Y (rendimiento) y Z (nivel Sigma), se presentan a continuación:

$$Y = 1 - \frac{n}{U \times O} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$DPMO = \frac{n}{U \times O} * 1000000 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$Z = 0,8406 + \sqrt{29,3 - \ln(DPMO) * 2,221} \quad \text{Ecuación 3}$$

Teniendo en cuenta que el proceso consiste en la regulación y constante extracción de la humedad del producto en proceso para asegurar su calidad, se determina como fallas en la cadena aquellos que incumplieran con los requerimientos claves en cuanto humedad y temperatura óptimos, por lo anterior, se determina como número de oportunidades de error, al número de aspectos claves a cumplir de una etapa en el proceso, para que sea considerado óptimo.

Resultados

Los resultados consolidados anuales del análisis y tabulación del proceso de pasta se pueden apreciar por etapa en la Tabla 1. donde se presenta el producto conforme y no conforme por periodo en cada etapa.

Tabla 1. Consolidado producto conforme y no conforme en la fase de Pre-secado

Pre - Secado			
Periodos	Total	Producto Conforme	Producto no Conforme
Enero	44640	40984,70431	3655,295692
Febrero	41760	37097,47573	4662,524272
Marzo	44640	39642,87448	4997,125524
Abril	43200	37862,39219	5337,607811
Mayo	44640	39651,18539	4988,814613
Junio	43200	38408,98511	4791,014894
Julio	44640	39223,28467	5416,715333
Agosto	44640	38611,7726	6028,227403
Septiembre	43200	37543,94904	5656,050955
Octubre	44640	38002,2371	6637,762904
Noviembre	43200	42052,5	1147,5
Diciembre	44640	40648,75	3991,25
Apéndice			
Periodos	Total	Producto Conforme	Producto no Conforme
Enero	44640	42715,4616	1924,5384
Febrero	41760	41760	0
Marzo	44640	42286,27169	2353,728307
Abril	43200	41280,78112	1919,218877
Mayo	44640	42837,94753	1802,052474
Junio	43200	41377,58607	1822,413933
Julio	44640	42280,58901	2359,410991
Agosto	44640	42012,64985	2627,350146
Septiembre	43200	40965,49432	2234,505677
Octubre	44640	42495,35564	2144,644356
Noviembre	43200	43200	0
Diciembre	44640	44640	0
Humidificación			
Periodos	Total	Producto Conforme	Producto no Conforme
Enero	44640	42270,82687	2369,173134
Febrero	41760	41383,52288	376,4771151
Marzo	44640	42663,51492	1976,485075
Abril	43200	41890,6428	1309,357201

Mayo	44640	43426,56975	1213,430247
Junio	43200	41668,23472	1531,76528
Julio	44640	42606,45905	2033,540949
Agosto	44640	42745,07875	1894,921251
Septiembre	43200	41591,58128	1608,418721
Octubre	44640	42594,1055	2045,894498
Noviembre	43200	43027,5	172,5
Diciembre	44640	44113	527
Enfriamiento			
Periodos	Total	Producto Conforme	Producto no Conforme
Enero	44640	42450,00803	2189,991972
Febrero	41760	39674,89598	2085,104022
Marzo	44640	42295,70277	2344,297226
Abril	43200	39282,47356	3917,526444
Mayo	44640	41408,60872	3231,391283
Junio	43200	40398,9908	2801,009197
Julio	44640	40779,90852	3860,091484
Agosto	44640	40506,69385	4133,306152
Septiembre	43200	39638,8812	3561,118804
Octubre	44640	40746,97674	3893,023256
Noviembre	43200	43027,5	172,5
Diciembre	44640	43175,25	1464,75
Anti - Condensación			
Periodos	Total	Producto Conforme	Producto no Conforme
Enero	44640	32478,24458	12161,75542
Febrero	41760	41760	0
Marzo	44640	43814,10678	825,8932182
Abril	43200	42317,72172	882,278275
Mayo	44640	44349,30747	290,6925342
Junio	43200	42522,60112	677,3988769
Julio	44640	43998,05	641,9499969
Agosto	44640	43490,71779	1149,282215
Septiembre	43200	42028,91166	1171,088341
Octubre	44640	43649,96937	990,0306296
Noviembre	43200	43200	0
Diciembre	44640	44640	0

La Tabla 1, muestran detalladamente la relación, entre lo obtenido por los datos disponibles del registro, y, lo que, siguiendo una dinámica, se obtendría en el periodo total, esto con el fin de hacer posible una evaluación comparativa del desempeño general de cada área a lo largo del horizonte. Es así como, en la Tabla 1, se observa la cantidad de producto procesado por etapa y periodo, de forma tal, que se puede

establecer una relación entre unidades conformes y no conformes en cada paso. En este sentido, es necesario reiterar que, para garantizar la calidad del producto, se debe cumplir tanto con la temperatura y humedad exigida. Son considerados productos no conformes aquellos que no hayan cumplido con los dos aspectos anteriores, no obstante, la etapa de anti-condensación es la única que exceptúa a la regla, dado que solo requiere cumplir con la temperatura óptima. Se acepta un error o diferencia de 5 grados tanto por encima, como por debajo entre el grado requerido y la variable en todas las etapas.

Asimismo, se observa que, en la primera etapa de pre-secado de la masa, una vez comienza a procesar el material, éste tiende a aumentar el producto no conforme hasta llegar a un punto en el que se permite variar, y el apéndice, muestra una tendencia menos pronunciada, demostrando que es una de las etapas que mayor control mantienen durante la producción, llegando incluso a generar registros muy bajos de producto no conforme en ocasiones (Tabla 1). La etapa de humidificación muestra una clara variabilidad en cuanto a producto no conforme, no obstante, siempre son niveles aceptables.

En la etapa de enfriamiento, tiende a incrementar sus fallos a lo largo del horizonte, esto último, no es razón de alarma, es normal, dado que esta fase requiere de una mayor adaptabilidad, en razón a que la temperatura tiende a reducir en el material, siendo esta comúnmente variable, sin embargo, esta etapa no cuenta con una capacidad de adaptación ideal, para alcanzar los niveles de humedad y temperatura requeridos para procesar efectivamente la masa, lo que es aceptado, dado que la función clave de esta fase es meramente reducir el exceso de calor (Ver Tabla 1). Por último, en la etapa de anti-condensación, y quizás la más importante, se observa que es la fase que menos fallos presenta, y contrariamente, la de mayor control, la cual es aplicado a lo largo del proceso, generando un mayor impacto a lo largo de toda la cadena productiva.

En cuanto al cálculo de las métricas de Seis Sigma, respecto a los registros obtenidos sobre el proceso productivo evaluado en la fábrica, se muestran consolidadas de forma anual en las Tablas 2, 3, 4, 5 y 6. En cada una de estas tablas, se presentan las métricas de evaluación y análisis de las dimensiones de calidad de la cadena productiva. Se puede observar que, los criterios analizados, alcanzan el nivel mínimo Sigma $Z=3$, concretamente el 95% de los registros totales, encontrando que el desempeño promedio por etapa más alto encontrado representa un Sigma Promedio $Z= 4,068$, en la etapa de humidificación. En resumen, en términos de nivel sigma, el proceso ha demostrado un desempeño bueno a lo largo del horizonte de los 12 meses de evaluación, a excepción de agosto y octubre en cuanto la fase de pre-secado, y en mes enero, respecto a la etapa de anti-condensación.

Tabla 2. Cálculo de las métricas de Seis Sigma a etapa Pre-Secado.

Pre-secado						
Periodos	U	O	n	DPMO	Y	Z
Enero	33633	2	2754	40941,932	95,91%	3,23082588
Febrero	1442	2	161	55825,2427	94,42%	3,08214216
Marzo	33133	2	3709	55971,388	94,40%	3,08084652
Abril	24580	2	3037	61777,8682	93,82%	3,03137194
Mayo	37009	2	4136	55878,2999	94,41%	3,08167148
Junio	36861	2	4088	55451,5613	94,45%	3,08546706
Julio	31918	2	3873	60671,0947	93,93%	3,04051647
Agosto	30413	2	4107	67520,4682	93,25%	2,98584282
Septiembre	32499	2	4255	65463,5527	93,45%	3,00179836
Octubre	35260	2	5243	74347,7028	92,57%	2,93538772
Noviembre	5760	2	153	13281,25	98,67%	3,70653526
Diciembre	5760	2	515	44704,8611	95,53%	3,18961955

Tabla 3. Cálculo de las métricas de Seis Sigma a etapa Apéndice.

Apéndice						
Periodos	U	O	n	DPMO	Y	Z
Enero	33633	2	1450	21556,2097	97,84%	3,51229065
Febrero	1442	2	0	0	100,00%	6
Marzo	33133	2	1747	26363,4443	97,36%	3,42726031
Abril	24580	2	1092	22213,1814	97,78%	3,49978262
Mayo	37009	2	1494	20184,2795	97,98%	3,53948562
Junio	36861	2	1555	21092,7539	97,89%	3,52130941
Julio	31918	2	1687	26427,0944	97,36%	3,42622484
Agosto	30413	2	1790	29428,205	97,06%	3,37960702
Septiembre	32499	2	1681	25862,3342	97,41%	3,43548616
Octubre	35260	2	1694	24021,5542	97,60%	3,46689477
Noviembre	5760	2	0	0	100,00%	6
Diciembre	5760	2	0	0	100,00%	6

Tabla 4. Cálculo de las métricas de Seis Sigma a etapa Humidificación

Humidificación						
Periodos	U	O	n	DPMO	Y	Z
Enero	33633	2	1785	26536,4374	97,35%	3,42445087
Febrero	1442	2	13	4507,62829	99,55%	4,09844558
Marzo	33133	2	1467	22138,0497	97,79%	3,50119712
Abril	24580	2	745	15154,5972	98,48%	3,65494228

Mayo	37009	2	1006	13591,2886	98,64%	3,69757981
Junio	36861	2	1307	17728,7648	98,23%	3,59234163
Julio	31918	2	1454	22777,1164	97,72%	3,48929225
Agosto	30413	2	1291	21224,4764	97,88%	3,51872922
Septiembre	32499	2	1210	18615,9574	98,14%	3,57256432
Octubre	35260	2	1616	22915,485	97,71%	3,48675176
Noviembre	5760	2	23	1996,52778	99,80%	4,36512194
Diciembre	5760	2	68	5902,77778	99,41%	4,00519491

Tabla 5. Cálculo de las métricas de Seis Sigma a etapa Enfriador.

Enfriador						
Periodos	U	O	N	DPMO	Y	Z
Enero	33633	2	1650	24529,48	97,55%	3,45803227
Febrero	1442	2	72	24965,3259	97,50%	3,45054921
Marzo	33133	2	1740	26257,8094	97,37%	3,42898342
Abril	24580	2	2229	45341,7413	95,47%	3,18292257
Mayo	37009	2	2679	36193,8988	96,38%	3,28742439
Junio	36861	2	2390	32419,0879	96,76%	3,3369128
Julio	31918	2	2760	43235,7917	95,68%	3,20536308
Agosto	30413	2	2816	46295,9918	95,37%	3,17302739
Septiembre	32499	2	2679	41216,6528	95,88%	3,2277168
Octubre	35260	2	3075	43604,6512	95,64%	3,20137036
Noviembre	5760	2	23	1996,52778	99,80%	4,36512194
Diciembre	5760	2	189	16406,25	98,36%	3,62345239

Tabla 6. Cálculo de las métricas de Seis Sigma a etapa Anti – Condensación.

Anti-Condensación						
Periodos	U	O	n	DPMO	Y	Z
Enero	33633	1	9163	272440,758	72,76%	2,06689241
Febrero	1442	1	0	0	100,00%	6
Marzo	33133	1	613	18501,1922	98,15%	3,57507684
Abril	24580	1	502	20423,1082	97,96%	3,53464122
Mayo	37009	1	241	6511,92953	99,35%	3,97054096
Junio	36861	1	578	15680,5296	98,43%	3,6414483
Julio	31918	1	459	14380,6003	98,56%	3,67555253
Agosto	30413	1	783	25745,5693	97,43%	3,43742198
Septiembre	32499	1	881	27108,5264	97,29%	3,41526744
Octubre	35260	1	782	22178,1055	97,78%	3,50044249
Noviembre	5760	1	0	0	100,00%	6
Diciembre	5760	1	0	0	100,00%	6

Todo lo anterior, revela que la empresa está muy comprometida con su deber de producir con la mayor calidad, mejorar continuamente sus procesos y mantener satisfechos a sus clientes. Por lo que en términos globales se puede observar que el promedio global del rendimiento Y para todo el proceso alcanzo un valor de 96,89 %. Y el nivel sigma Z global promedio de las etapas del proceso evaluado alcanzó un valor de 3,67 a nivel global. Por lo que podemos señalar que tanto el desempeño periódico como el desempeño global de las etapas del proceso evaluado cumple con los criterios para afirmar que el proceso productivo evaluado tiene un desempeño bueno.

También de los datos calculados, se puede determinar que se ha mantenido un proceso productivo efectivo a lo largo del periodo de estudio, las métricas calculadas para el rendimiento estuvieron por encima del 95% en su mayoría. Salvo, para el caso del proceso pre-secado se alcanzó un rendimiento promedio por debajo del 95%, como se puede observar a continuación. Sin embargo, los valores están muy cerca de los valores mínimos establecidos. El rendimiento promedio anual para cada proceso fue el siguiente: Procesado 94,57%, Apéndice 98,19%, Humidificación 98,39%, Enfriamiento 96,81 y anticondensado 96,48%. El nivel sigma promedio anual fue: Procesado 3,12, Apéndice 4,1, Humidificación 3,7, Enfriamiento 3,41 y anticondensado 4,068.

De los resultados anuales se puede señalar que el proceso de producción y sus etapas cumplen las condiciones mínimas para aseverar que el proceso productivo está bajo control. Cuando se revisan los resultados de forma global la evidencia empírica, muestra en la totalidad de periodos de la investigación, que los procesos Pre-Secado poseen un Yde 94,5 % y Z de 3,12, El proceso de Apéndice posee un E igual a 98,19 % y Z de 4,1, el proceso de Humificación posee un Y de 98,39% y Z igual a 3,7, el proceso de Enfriador posee un Y de 96,81% y un Z igual a 3,41, y finalmente el proceso de Anti-Condensación posee un Y 96,48% y Z igual a 4,068, es claro que el desempeño del mes de enero para este proceso es un valor atípico y obedece a una causa atribuible en el proceso. Por todo lo anterior, se puede señalar que el desempeño del proceso productivo analizado de forma puntual y de forma integral evidenció un desempeño bueno en todo el sistema productivo.

Discusión

La evidencia empírica de los resultados muestra como hallazgo que el desempeño de las etapas de proceso productivo, en todas sus etapas está por encima de un nivel sigma de 3 y un rendimiento del 90% lo cual permite señalar que el proceso en su integralidad es bueno. En el proceso de procesado se observa un desempeño en las métricas que cumple de manera ajustada.

Este trabajo de investigación muestra la pertinencia para valorar las etapas de producción de un proceso de producción de alimentos. De igual forma esta investigación establece un precedente para la aplicación de Seis sigma en sectores de la producción de alimentos. La presente investigación muestra el proceso productivo de producción de la pasta, También se presentan los resultados de rendimiento promedio y el nivel sigma promedio, lo cual se constituye en un referentes para gestionar la evolución y mejorar el desempeño de estas métricas a futuro. En cuanto al factor humedad evaluado, se debe señalar que este el más relevante, esto en términos de salubridad, dado que, dependiendo del nivel presente y como se maneje en cada etapa, se reducirá o aumenta, el tiempo de caducidad del alimento, es decir, una mayor concentración(humedad) de éste en el producto contribuirá al crecimiento microbiano, aumentando el riesgo de generar problemas de salud a los cliente [57], la compañía evidenció por medio del uso de las métricas señaladas, que cumple con el control óptimo de este aspecto. Con esto demuestra el claro compromiso con el bienestar del cliente, entre otros aspectos claves a considerar en esta investigación.

Asimismo, el valor del método utilizado en esta investigación, se pudo comprobar, en relación con otras investigaciones similares, donde también se realizó evaluación de la calidad por medio de Seis Sigma en diferentes sectores, como en el manufacturero, en donde se demostró que la técnica Seis Sigma, es confiable dado que permitió identificar fallas en un proceso de producción, con lo cual, a partir de los análisis se logró disminuir la posibilidad de falla de 7.8% a 1.54% [58]. Otra evidencia de la confianza y utilidad del método empleado fue estudiada por Ben en India [59], en una fábrica manufacturera, en el cual se logró disminuir exitosamente los defectos internos a 6000 DPMO de 16,000 DPMO; y los impactos ambientales se redujeron a 33 puntos de 42 que estaban inicialmente. Asimismo, otras investigaciones relacionadas, identificaron en un conjunto empresas, la importancia de aplicación de Seis Sigma, lo cual permitió mejorar el rendimiento operacional de estas empresas, evidenciando que dichas compañías eran más efectivas operativamente, debido a la efectividad de Seis Sigma [60, 61, 62, 63].

Conclusiones

De los resultados y hallazgos de esta investigación, podemos señalar como las principales conclusiones las siguientes:

Como contribución teórica se aporta la articulación de los conceptos de un sistema productivo de pastas comestibles, los conceptos de Seis Sigma y sus métricas. Estructurado por medio de un método de valoración del desempeño y la evolución de las etapas del proceso productivo objeto de estudio, con el propósito de generar una mejora en este.

Así mismo como contribución práctica y única de esta investigación, se aporta un método para evaluar el desempeño de las métricas de Seis Sigmas en las diferentes etapas de un proceso productivo. Y como aporte diferenciador de este trabajo de investigación, se entrega al sector productivo un método de evaluación para las etapas de producción soportado en las métricas de Seis Sigma, es decir rendimiento Y, defectos en parte por millón DPMO y el nivel sigma Z del proceso. Lo que se constituye en una herramienta operativa, novedosa para valorar el desempeño de cada una de las etapas de un proceso productivo. Y en función de los resultados de las evaluaciones de todas las etapas, tomar las decisiones pertinentes referentes a la planeación, el control y mejora de dicho proceso de producción. Lo cual es replicable en otros sectores productivos

Finalmente, como futuras investigaciones se invita a la comunidad científica a aplicar el método propuesto en otros sistemas productivos, como las organizaciones de servicio, en donde también es aplicable. De igual manera, sería importante analizar estas dimensiones del sistema productivo con otras técnicas de calidad como los gráficos de control multivariantes, que permitirían evaluar el desempeño del servicio de forma periódica y de forma global. O utilizar un análisis de eficiencia que permite valorar el nivel de eficiencia de las métricas de Seis Sigma del proceso productivo objeto de esta investigación.

Referencias bibliográficas

1. ISO, ISO 9000: 2015, Quality management systems. *Fundamentals and vocabulary (ISO 9000: 2015)*, European Committee for Standardization, Brussels. 2018.
2. OPB, Plataforma de navegación en línea, ISO 9000:2015(es) Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>, 2015.
3. J. Morelos, T. J. Fontalvo and E. De La Hoz, "Behaviour of Productivity Indicators and Financial resources in the field of extraction and exploitation of minerals in Colombia". *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 25, n°. 3, pp. 349-367, 2018. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2018.095651>
4. A. C. Phan, M. H. Nguyen, H. Luong and Y. Matsui, "ISO 9000 implementation and performance: empirical evidence from Vietnamese companies". *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 18, n°. 1, pp. 53-77, 2016 <https://doi.org/10.1504/IJPM.2016.075705>
5. S. Akhmetova and M. Suleimenova, "Quality management system for improvement of quality and efficiency of food production: case of dairy products enterprise". *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, Vol. 6, n°.1, pp. 289-310, 2018. [https://doi.org/10.9770/jesi.2018.6.1\(18\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2018.6.1(18))
6. E. Cudney, S. Venuthurumilli, T. Materla, T. and J. Antony, "Systematic review of Lean and Seis Sigma approaches in higher education". *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 31, n°.3-4, pp. 231-244. 2020. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1422977>
7. G. Anand, P. Ward, M. Tatikonda and D. Schilling, "Dynamic capabilities through continuous improvement infrastructure". *Journal of operations management*, Vol. 27, n°.6, pp. 444-461. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.02.002>
8. A. Khamkanya, B. Cho and P. Goethals, "The development of target-based posterior process capability indices and confidence intervals". *International Journal of Quality Engineering and Technology*, Vol. 6, n°.4, pp. 269-301. 2017. <https://doi.org/10.1504/IJQET.2017.094313>
9. J. Garza, "Green lean and the need for Seis Sigma", *International Journal of Lean Seis Sigma*, Vol. 6, n°.3, pp. 226-248. 2015. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2014-0010>
10. P. Torres, (2017). Applying holonic manufacturing for effective Seis Sigma projects. *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 10, n°.3-4, pp. 201-220, 2017. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2017.086598>
11. J. Mahasneh and W. Thabet, "Utilising design for Seis Sigma to implement soft skills in construction education". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 10, n°. 3-4, pp. 157-178. 2017. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2017.086575>
12. E. Montella, M. Di Cicco, A. Ferraro, P. Centobelli, E. Raiola, M. Triassi and G. Improta, "The application of Lean Seis Sigma methodology to reduce the risk of healthcare-associated infections in surgery departments". *Journal of evaluation in clinical practice*, Vol. 23, n°.3, pp. 530-539, 2017. <https://doi.org/10.1111/jep.12662>
13. N. Nabiyouni and M. Franchetti, "Applying Lean Seis Sigma methods to improve infectious waste management in hospitals". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 11, n°.1, pp. 1-22, 2019. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2019.098706>
14. P. Sawalakhe, S. Deshmukh and R. Lakhe, "Review of Seis Sigma applications in clinical testing laboratory". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 10, n°.2, pp. 77-97, 2016. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2016.080801>

15. V. Wiegel and L. Brouwer-Hadzialic, "Lessons from higher education: adapting lean Seis sigma to account for structural differences in application domains". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 9, n°.1, pp. 72-85, 2015. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2015.070104>
16. A. Pugna, R. Negrea and S. Miclea, "Using Seis sigma methodology to improve the assembly process in an automotive company". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 221, (Supplement C), pp. 308-316, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.120>
17. K. Suresh, P. Asokan and S. Vinodh, "Application of design for Seis Sigma methodology to an automotive component". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 10, n°.1, pp. 1-23, 2016. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2016.080446>
18. S. Indrawati and M. Ridwansyah, "Manufacturing continuous improvement using lean Seis sigma: An iron ores industry case application". *Procedia Manufacturing*, Vol. 4, n°.1, pp. 528-534, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.072>
19. V. Surange, "Implementation of Seis Sigma to Reduce Cost of Quality: A Case Study of Automobile Sector", *Journal of Failure Analysis and Prevention*, Vol. 15, n°.2, pp. 282-294, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11668-015-9927-6>
20. M. Dora, D. Van Goubergen, M. Kumar, A. Molnar and X. Gellynck, "Application of lean practices in small and medium-sized food enterprises". *British Food Journal*, Vol. 116, n°.1, pp. 125-141, 2014. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2012-0107>
21. S. Lim, J. Antony, N. Arshed and S. Albliwi, "A systematic review of statistical process control implementation in the food manufacturing industry". *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 28, n°.1-2, pp. 176-189, 2017. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1050181>
22. J. Porter, A. Xie, K. Challinor, S. Cochrane, M. Howden, D. Iqbal, D. Lobell, and M. Travasso, "Food security and food production systems. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability". Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 485-533, 2017. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap7_FINAL.pdf
23. R. Cortese, M. Veiros, C. Feldman and S. Cavalli, "Food safety and hygiene practices of vendors during the chain of street food production in Florianopolis, Brazil: A cross-sectional study". *Food Control*, Vol. 62, n°.1, pp. 178-186, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.027>
24. B.Scott, A. Wilcock and V. Kanetkar, "A survey of structured continuous improvement programs in the Canadian food sector". *Food Control*, Vol. 20, n°.3, pp. 209-217, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.04.008>
25. M. Manzouri, M. Rahman, N. Saibani and C. Zain, "Lean supply chain practices in the Halal food". *International Journal of Lean Seis Sigma*, Vol. 4, n°.4, pp. 389-408, 2013. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2012-0011>
26. A. Santos and S. Antonelli, "Application of statistical approach in the context of quality management: A study in food industries in the state of São Paulo. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: Um survey com indústrias de alimentos de São Paulo". *Gestão & Produção*, Vol. 18, n° .3, pp. 509-524, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2011000300006>

27. A. Liverani, G. Caligiana, L. Frizziero, D. Francia, G. Donnici and K. Dhaimini, "Design for Seis Sigma (DFSS) for additive manufacturing applied to an innovative multifunctional fan". *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, Vol. 13, n°.1, pp. 309–330, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00548-9>
28. I. Vergara and J. López, "Lean, Seis Sigma y Herramientas Cuantitativas: Una Experiencia Real en el Mejoramiento Productivo de Procesos de la Industria Gráfica en Colombia//Lean, Seis Sigma and Quantitative Tools: A Real Experience in the Productive Improvement of the Processes". *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, Vol. 27, n°.1, pp. 259-284, 2019. Recuperado de <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/3218>
29. D. Prajogo, A. Oke and J. Olhager, "Supply chain processes: Linking supply logistics integration, supply performance, lean processes and competitive performance". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 36, n°.2, pp. 220-238, 2016. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-03-2014-0129>
30. G. Caligiana, A. Liverani, D. Francia, L. Frizziero and G. Donnici, (2017). "Integrating QFD and TRIZ for innovative design. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, Vol. 11, n° .2, JAMDSM0015, 2017. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2017jamdsm0015>
31. S. Albliwi, J. Antony and S. Lim, "A systematic review of Lean Seis Sigma for the manufacturing industry", *Business Process Management Journal*, Vol. 21, n° .3, pp. 665-691, 2015. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2014-0019>.
32. F. Aqlan and L. Al-fandi, "Prioritizing process improvement initiatives in manufacturing environments. *International Journal of Production Economics*, Vol. 196, n° .1, pp. 261–268, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.12.004>
33. A. D'Andreamatteo, L. Ianni, F. Lega and M. Sargiacomo, "Lean in healthcare: A comprehensive review". *Health Policy*, Vol. 119, n° .9, pp. 1197–1209, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2015.02.002>
34. N. Raak, C. Symmank, S. Zahn, J. Aschemann-Witzel and H. Rohm, "Processing-and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain". *Waste management*, Vol. 61, n° .1, pp. 461-472, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.027>
35. N. Mishra and S. Rane, "Prediction and improvement of iron casting quality through analytics and Seis Sigma approach". *International Journal of Lean Seis Sigma*, Vol. 10, n° . pp. 1, 189-210, 2019. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2017-0122>
36. R. Trehan, A. Gupta and M. Handa, "Implementation of Lean Seis Sigma framework in a large scale industry: a case study". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 11, n° .1, pp. 23-41, 2019. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2019.098710>
37. R. Babiceanu and R. Seker, "Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook". *Computers in Industry*, Vol. 81, n° .1, pp. 128-137, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.02.004>
38. M. Hou, C. Grazia and G. Malorgio, "Food safety standards and international supply chain organization: A case study of the Moroccan fruit and vegetable exports". *Food Control*, Vol. 55, n° . 1, pp. 190-199, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.023>
39. M. Webb, "Overview of Food Safety Standards". In: Hammoudi A., Grazia C., Surry Y., Traversac JB. (eds) *Food Safety, Market Organization, Trade and Development*. pp. 45-58, 2015. Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-15227-1_3
40. N. Sarkar, "Machine vision for quality control in the food industry". In *Instrumental methods for quality assurance in foods*, pp. 167-187, 2017. Routledge.

41. T. Singh and I. Ahuja, "Evaluating manufacturing performance through strategic total productive maintenance implementation in a food processing industry". *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 21, n°. 4, pp. 429-442, 2017. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2017.085253>
42. E. Ling and S. Wahab, "Integrity of food supply chain: going beyond food safety and food quality". *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 29, n°.2, pp. 216-232, 2020. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2020.105963>
43. A. Niñerola, M. Sánchez and A. Hernández, "Quality improvement in healthcare: Seis Sigma systematic review". *Health Policy*, Vol. 124, n°.4, pp. 438-445, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2020.01.002>
44. S. Priya, V. Jayakumar and S. Kumar, "Defect analysis and lean Seis sigma implementation experience in an automotive assembly line". *Materials Today: Proceedings*, Vol. 22, n°. 1, pp. 948-958, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.139>
45. W. Fahey, P. Jeffers and P.Carroll, "A business analytics approach to augment Seis sigma problem solving": A biopharmaceutical manufacturing case study. *Computers in Industry*, Computers in Industry, Vol. 116, n°.1, pp. 103-153, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103153>
46. V. Deshmukh, S. Mukti and A. Agrawal,"Applicability of Lean Seis Sigma in Hospitals". In: Shanker K., Shankar R., Sindhvani R. (eds) *Advances in Industrial and Production Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Singapore, Vol. 1, n°.1, pp. 861-870, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6412-9_80
47. A. Kubilius, K. Winfrey, C. Mayer, G. Johnson and T. Wilson, "Applying Lean Seis Sigma tools to reduce the rate of slips, trips and falls for Joint Commission field staff". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 9, n°. 1, pp. 37-55, 2015. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2015.070089>
48. P. Sen, "Application of ANN in Seis Sigma for CO modelling and energy efficiency of blast furnace: a case study of an Indian pig iron manufacturing organization". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 9, n°.2-4, pp. 109-125, 2015. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2015.074957>
49. S. Fatemi and M. Franchetti, "An application of sustainable lean and green strategy with a Seis Sigma approach on a manufacturing system". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 10, n°.1, pp. 62-75, 2016. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2016.080453>
50. A. Belhadi, S. Kamble, K. Zkik, A. Cherrafi and F. Touriki, "The integrated effect of Big Data Analytics, Lean Seis Sigma and Green Manufacturing on the environmental performance of manufacturing companies: The case of North Africa". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 252, n°.1, pp. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119903>
51. A. Cherrafi, S. Elfezazi, K. Govindan, J. Garza-Reyes, K. Benhida and A. Mokhlis, "A framework for the integration of Green and Lean Seis Sigma for superior sustainability performance". *International Journal of Production Research*, Vol. 55, n°.15, pp. 4481-4515, 2017. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1266406>
52. E. Gijo, R. Palod and J. Antony, "Lean Seis Sigma approach in an Indian auto ancillary conglomerate: a case study". *Production Planning & Control*, Vol. 29, n°.9, pp. 761-772, 2018. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1469801>
53. L. Ferryanto, "Structuring a design for Seis Sigma project: paper helicopter robust and optimal design". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 9, n°.2-4, pp. 150-173, 2015. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2015.074962>
54. E. Arnheiter and J. Maleyeff, "The integration of lean management and Seis Sigma", *The TQM Magazine*, Vol. 17,n°.1, pp. 5-18, 2005. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020>

55. A. Laureani and J. Antony, "Leadership and Lean Seis Sigma: a systematic literature review". *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 30, n°.1-2, pp. 53-81, 2019. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.12885>
56. [56]. M. Haerizadeh and M. Vijaya Sunder, "Impacts of Lean Seis Sigma on improving a higher education system: a case study". *International Journal Quality Reliable Management*, Vol. 36, n°.6, pp. 983-998, 2019. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2018-0198>
57. Ministerio de salud y protección social. *Calidad e inocuidad de alimentos*, 2020. Recuperado de: <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/HS/Paginas/calidad-inocuidad-alimentos.aspx> enero 5 de 2020
58. R. Misra and A. Chauhan, "Seis Sigma approach for reducing rejection of in-house cast component". *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 9, n°. 2-4, pp. 208-221, 2015. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2015.074964>
59. R. Ben, S. Vinodh and P. Asokan, "Implementation of Lean Seis Sigma framework with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm: a case study". *Production Planning & Control*, Vol. 28, n°.15, pp. 1193-1211, 2017. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1357215>
60. I. Alhuraish, C. Robeldo, A. Kobi and L. Azzabi, "Analytic hierarchy process used to estimate the performance of companies that implement lean manufacturing and Seis Sigma. *International Journal of Seis Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 10, n°3-4, 179-200, 2017. <https://doi:10.1504/IJSSCA.2017.086574>
61. M. Santos, "The Integration of Seis Sigma and Lean Manufacturing. In Lean Seis Sigma-Behind the Mask". *IntechOpen*, Vol. 1, n°.1, pp. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87304>
62. K. Polo Bornachera., D.D. López Juvinao, and A. Henríquez Jaramillo, "Transferencia tecnológica para la producción limpia en la minería de materiales aluviales en La Guajira, Colombia," *Investigación e Innovación en Ingenierías .*, vol. 8, pp. 6-20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3535>
63. G. Yadav and T. Desai, "Lean Seis Sigma: a categorized review of the literature". *International Journal of Lean Seis Sigma*, Vol. 7, n°.1, pp. 2-24, 2016. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2015-0015>