

Sigma methodology and its effect on quality: A systematic review of the literature between 2010-2020 in industrial companies

Chero-Yenque Franshesca Anai¹, Bachiller en ingeniería industrial, Rodriguez-Bazan Tatiana Milagros¹, Bachiller en ingeniería industrial, Miñan-Olivos Guillermo Segundo¹, Magíster en gestión pública y Valderrama-Puscan Marlon Walter¹, Magíster en educación

¹Universidad Privada del Norte, Perú, n00066840@upn.pe, n00134578@upn.pe, guillermo.minan@upn.pe y marlon.valderrama@upn.pe

Abstract– The main objective of this research was to determine the impact of the Six Sigma methodology in improving quality control in industrial companies, between the years 2010-2020, which includes an exhaustive, protocolized, systematic and explicit evaluation of the literature. of articles published in scientific journals. In order to collect information related to the research topic, various digital databases were consulted, such as: EBSCO, Google Academic, Redalyc, Scielo, Elsevier, Dialnet, Repositories of different universities, among others. Within these, up to 86 scientific articles were found in total, and 21 were selected based on the established inclusion and exclusion criteria (year of publication, language, type of study, relationship with the central research topic, among others). Only scientific articles that contain as variables and keywords: "Six / Six Sigma" and "Quality" are also considered, focused on industrial companies. It is concluded that the application of this tool in organizations allows eliminating everything that does not add value to the product, reduces the amount of defective, non-conforming, and other products. Generating as a consequence the improvement of the quality of services and / or products.

Keywords-- Six Sigma, Quality, DMAIC, processes

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.117>
ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Metodología Six Sigma y su efecto en la calidad: Una revisión sistemática de la literatura entre 2010-2020 en empresas industriales

Chero-Yenque Franshesca Anai¹, Bachiller en ingeniería industrial, Rodriguez-Bazan Tatiana Milagros¹, Bachiller en ingeniería industrial, Miñan-Olivos Guillermo Segundo¹, Magíster en gestión pública y Valderrama-Puscan Marlon Walter¹, Magíster en educación

¹Universidad Privada del Norte, Perú, n00066840@upn.pe, n00134578@upn.pe, guillermo.minan@upn.pe y marlon.valderrama@upn.pe

I. INTRODUCCIÓN

Resumen– El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo fundamental determinar el impacto de la metodología Six Sigma en la mejora del control de la calidad en empresas industriales, entre los años 2010-2020, la cual comprende una evaluación exhaustiva, protocolizada, sistemática y explícita de la literatura de artículos publicados en revistas científicas. A fin de recabar información relacionada con el tema de investigación se consultaron diversas bases de datos digitales, como: EBSCO, Google Académico, Redalyc, Scielo, Elsevier, Dialnet, Repositorios de distintas universidades, entre otros. Dentro estas, se encontraron hasta 86 artículos científicos en total, y se seleccionaron 21 en base a los criterios de inclusión y exclusión establecidos (año de publicación, idioma, tipo de estudio, relación con el tema central de investigación, entre otros). También se consideró únicamente artículos científicos que contengan como variables y palabras clave: “Six/Seis Sigma” y “Calidad”, enfocadas en empresas industriales. Se concluye que la aplicación de esta herramienta en las organizaciones permite eliminar todo aquello que no agrega valor al producto, reduce la cantidad de productos defectuosos, no conformes, otros. Generando como consecuencia la mejora de calidad de servicios y/o productos.

Palabras clave-- Seis Sigma, Calidad, DMAIC, procesos

En la actualidad, las empresas buscan garantizar el cumplimiento de los estándares que exige el mercado, pues se enfrentan a la fuerte competencia que existe dentro del mismo, por ello buscan las mejores estrategias para generar rentabilidad mediante la captación y retención de cliente. Uno de los factores trascendentales para lograrlo es la calidad, optimizando la ejecución de sus procesos, de la forma más eficiente posible, para brindar a sus consumidores, productos y servicios que satisfagan sus necesidades y expectativas. Ante dicha motivo, muchas de las empresas deciden implementar distintas herramientas para lograrlo. Una de ellas es la metodología Six Sigma, de la cuál mucho se habla, sobre todo en el ámbito de la manufactura y en la prestación de servicios, pues permite identificar los defectos y controlar la producción logrando reducir los costos del proceso productivo e incrementar la rentabilidad de las unidades productoras [1], centrándose en tratar con los problemas de calidad en base a análisis causales para prevenir su ocurrencia.

Una de las herramientas modernas más usadas para la administración de la calidad es la metodología Six Sigma, la cual tiene como función principal el optimizar los procesos, pues reduce su variabilidad y son estadísticamente más capaces y, al mismo tiempo, más confiables; teniendo siempre presente la satisfacción del cliente como meta principal. La estructura básica de aplicación de proyectos de mejora Six Sigma es conocida como ciclo DMAIC; cuyas siglas provienen de la terminología inglesa “Define, Measure, Analyze, Improve, Check” que en castellano equivaldría a definir, medir, analizar, mejorar y comprobar [2].

Para lograr la implementación de la metodología Six Sigma, no es necesaria la contratación de nuevo personal, ya que busca promover un cambio cultural dentro de la empresa, no solo enfocándose en un área particular, sino en la organización entera. Se trata de enseñar nuevos métodos, técnicas, herramientas y medidas, demostrando su correcta utilización en los trabajos que desempeñen durante el desarrollo de todas las operaciones involucradas en la cadena de suministros, con énfasis en la satisfacción del cliente.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.117>
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

La Organización Internacional de Normalización [3] define calidad como "el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos", siendo estos requisitos tanto implícitos como explícitos. Bajo este enfoque, se entiende que la calidad la define el cliente, a través de lo que establece como necesidad o expectativa sobre un bien o servicio. Así mismo, la mejora de la calidad permite a toda compañía la creación de una estructura organizacional basada en el conocimiento de la situación real de la empresa, orientada bajo directrices de calidad en cada uno de los niveles, y un manejo de la operación focalizado en metas y resultados establecidos, fomentando la mejora continua en su sistema de gestión y estimulando la eficiencia de la organización, hecho que redundará de manera directa en la satisfacción del cliente y el cumplimiento de los objetivos y metas organizacionales.

Actualmente no se dispone de la información bibliográfica adecuada ni de la literatura suficiente que permita determinar desde un punto de vista teórico, como la metodología Six Sigma ha tenido un efecto en la calidad de empresas industriales. La información previa recopilada demuestra, según el estudio de Cárdenas y García [4], que solo el 54%, es decir 15 de un total de 28 artículos científicos analizados, evaluaban el impacto de Six Sigma en el sector empresarial, el resto solo se dedicaba a informar sobre sus beneficios en términos básicos, como lo son, controlar y mejorar los procesos, minimizar desperdicios, definir cambios para incrementar la eficiencia, y la calidad [5]. En este sentido, se propone con esta revisión llevar un enfoque más detallado de la influencia de esta herramienta en la calidad de empresas industriales [6].

La presente investigación, busca brindar amplia información de la aplicación de la herramienta Six Sigma para la mejora de calidad en los procesos de producción de las empresas industriales. Se tomó en cuenta tres aspectos fundamentales: A nivel teórico, está enfocado a abordar un vacío dentro de la literatura, y hacer la recopilación a fuentes primarias que permitan delimitar el aspecto teórico sobre el Six Sigma en relación a la calidad; desde un nivel empírico se va a recopilar información sobre estudios aplicados en empresas industriales donde se logre evidenciar el efecto del Six Sigma en los procesos de control y aseguramiento de la calidad; y a nivel metodológico se van a explicar las principales herramientas utilizadas dentro de Six Sigma y como impactaron en los indicadores de calidad.

Conforme a esto, la investigación buscó darle respuesta a la siguiente pregunta de estudio: ¿Cuál ha sido el efecto, que se puede determinar a partir de una revisión de la literatura, de la metodología Six Sigma sobre la calidad de empresas industriales durante el 2010-2020? En concordancia con la pregunta de investigación establecida, se planteó como objetivo conocer el impacto de la metodología Six Sigma y los aspectos bibliométricos en el uso de dicha metodología, y su

efecto en la calidad de empresas industriales, entre los años 2010-2020.

II. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad la elaboración de una revisión sistemática, la cual comprende una evaluación exhaustiva, protocolizada, sistemática y explícita de la literatura a partir de una pregunta clara de investigación, un análisis crítico de acuerdo con diferentes herramientas y un resumen cualitativo de la evidencia. Las revisiones sistemáticas, para garantizar su fiabilidad en los usuarios, deben contener la razón de por qué y cómo se hicieron; por ello esta revisión sistemática se realizó bajo la metodología denominada Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020, que es una guía actualizada de presentación de revisiones sistemáticas que refleja los avances en métodos de identificación, selección, evaluación y síntesis de estudios. Esta declaración consta de una lista de verificación donde se detalla la explicación y/o justificación de cada uno de los 27 ítems propuestos para su elaboración [7]. A fin de recabar información relacionada con el tema de investigación se hizo el filtro de criterios de elegibilidad, en el cual se consideró, estudios publicados en el periodo correspondiente al 2010 - 2020. Luego, se procedió a seleccionar las publicaciones de investigación a nivel internacional, nacional y local, en distintos idiomas, entre tesis, artículos científicos y artículos de revisión.

Así mismo como criterios de inclusión, se tomó en cuenta la delimitación de rango de artículos publicados entre el año 2010 y el 2020. Respecto al idioma, estudios tanto en español, inglés, portugués y croata. También se consideró únicamente artículos científicos que contengan como variables y palabras clave: "Six/Seis Sigma" y "Calidad", enfocadas en empresas industriales. Por otro lado, los criterios de exclusión que se plantearon fueron: publicaciones fuera del rango de años establecido, investigaciones sin rigurosidad académica (tesis, blogs o páginas de internet), estudios que no abarquen el rubro industrial y que no estaban disponibles para su lectura completa.

A fin de tener acceso a la información necesaria para el desarrollo de la presente revisión sistemática, se consultaron las siguientes bases de datos digitales: Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), Scielo, Elsevier, Dialnet, Buscadores académicos tales como: EBSCO y Google Académico; asimismo, repositorios de distintas universidades, entre otros.

Como producto de esta investigación, se estableció que los artículos seleccionados deberían reportar primordialmente algún indicador de metodología Six Sigma, y que preferentemente tuvieran que ver con el mejoramiento de la calidad en los procesos de empresas industriales.

Dentro del proceso de selección, se obtuvieron 21 documentos, los cuales fueron organizados para mayor entendimiento, bajo los siguientes criterios: característica el título, el nombre del autor (res), país, año de publicación, palabras clave, idioma, base de datos, y metodología, con el objetivo de analizar sus semejanzas y diferencias recopilando la información necesaria para hacer la comparación de los artículos, y se demuestre la influencia de la metodología Six Sigma en la mejora de la calidad. Para ello se consideró que se muestre evidencia del efecto de la implementación de esta herramienta en las organizaciones industriales, si esta produce cambios significativos, como disminución de defectos, de productos no conformes, mejora de nivel Sigma, aumento de productividad, contribución a la mejora continua de los procesos.

III. RESULTADOS

1. Resultados bibliométricos de la revisión sistemática

A continuación, se muestran los artículos seleccionados para el desarrollo de esta investigación, con su respectivo autor.

TABLE I
ARTÍCULOS SELECCIONADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA
CLASIFICADOS SEGÚN AUTOR Y TÍTULO

| AUTOR | TÍTULO |
|---|---|
| Báez, Y., Limón, J., Tlapa, D., y Rodríguez, M. [8] | Aplicación de Seis Sigma y los Métodos Taguchi para el Incremento de la Resistencia a la Prueba de Jalón de un Diodo Emisor de Luz |
| Hung, H., y Sung, M. [9] | Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost |
| Homrossukon, S., y Anurathapunt, A. [10] | Six Sigma Solutions and its Benefit-Cost Ratio for Quality Improvement |
| Caicedo, N. [11] | Aplicación de un programa seis sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones |
| Shashank, S., Ravindra, M., Lokesh, B., y Katare, S. [12] | Reduction of welding defects using Six Sigma techniques |
| Ramos, W. [13] | Incremento de la productividad a través de la mejora continua en calidad en la subunidad de procesamiento de datos en una empresa courier: el caso Perú Courier |
| Moscoso Chaparro, J., & Yalan Reyes, A. J. [14] | Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plasticos flexibles de la empresa marplast utilizando Six Sigma basado en la metodología DMAIC |
| Tinoco, F. [2] | Six sigma en logística: aplicación en el almacén de una unidad minera |
| Pugna, A., Negrea, R., y Miclea, S. [5] | Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company |

| | |
|--|--|
| Garrido, P., Sacristán, M., y Magaña, L. [15] | Six Sigma in SMES with low production volumes. A successful experience in aeronautics. |
| Morales, A. R., y Garambullo, A. I. [16] | Aplicación de metodología lean seis sigma para la reducción de defectos en la producción de lentes dentro de la empresa formula Plastics de México S. A de C. V. En Tecate B.C |
| Cardiel, J., Baeza, R., y Lizarraga, R. [17] | Development of a system dynamics model based on Six Sigma methodology |
| Cóndor, B. [18] | Seis sigma en las Pymes, bajando costos con calidad |
| Langoni, M., Da Silva, E., y Alonso, K. [19] | Lean Six Sigma en la logística del proceso de carga de una fábrica de papel. |
| Gutiérrez, V. [20] | Diseño e implementación de herramientas lean para controlar la cantidad de salida no conforme en la empresa UT Natural Food Services en la ciudad de Bogotá |
| Luna, F., y Lozano, C. [21] | Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejoramiento continuo en procesos de una empresa de servicio |
| Costa, J., Lopes, I., y Brito, J. [22] | Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process |
| Šimanová, E., Sujová, A., y Gejdoš, P. [23] | Poboljšanje izvedbe i kvalitete procesa proizvodnje namještaja primjenom metodologije Six Sigma |
| Garza, J., y Abrego, R. [24] | Reducción y control de costos en empresa de manufactura con Seis Sigma |
| Plúas, M., Méndez, M., Plúas, D., y Huayamave, Á. [25] | Mejora del proceso continuo mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la línea de producción chocolatera de una empresa alimenticia |
| Martínez, J., García, E., y Carlos, C. [6] | Efecto de Seis Sigma en el Almacén de una Empresa Manufacturera. |

En la tabla I, se muestran los nombres de cada uno de los autores con los respectivos títulos de sus investigaciones, los cuales corresponden a artículos publicados en revistas indexadas. Dentro de estos artículos se encontraron variables de estudios con un efecto cuantificable, necesarios a considerar para el desarrollo del presente estudio.

Posteriormente, la información bibliográfica se clasificó por años de publicación de cada una de las investigaciones, tal como se visualiza en la Figura 1. En ese sentido, se pudo determinar que el año 2019 era el año con mayor representación entre los artículos científicos seleccionados para el desarrollo de la investigación. Dicho año representó un 24% del total de estudios. En segundo lugar, se puede apreciar un 19% de investigaciones publicadas durante el 2013.

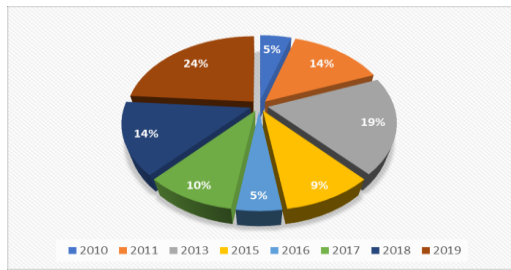


Fig. 1 Distribución porcentual de los artículos seleccionados, según el año de publicación

Por otro lado, a través de la Figura 2 se demostró que los artículos científicos publicados se distribuyen en ocho países. La mayor cantidad de publicaciones son de Colombia y México, con el 19%, es decir un total de 8 artículos. El 14% proceden de Perú, con una suma de 4 artículos. A continuación, se puede mencionar a Ecuador con 2 trabajos que simboliza el 10% del total. Por otro lado, el 40% representa tan solo una publicación por país, entre Brasil, Eslovaquia, España, India, Portugal, Rumania, Taiwán. Dejando en evidencia que el mayor número de artículos considerados fueron los de procedencia latinoamericana.

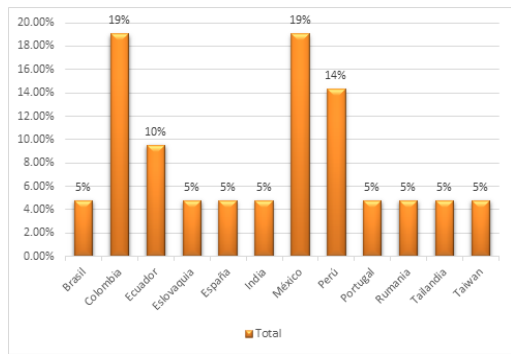


Fig. 2 Distribución porcentual de los artículos seleccionados, según países de procedencia

En la Figura 3 se puede observar las palabras principales palabras clave que fueron consideradas en los 21 artículos científicos de mayor relevancia. La mayor cantidad de publicaciones (20) consideró la terminología Six Sigma, siendo el 34% del total; seguido del 31% que fue quality (18).

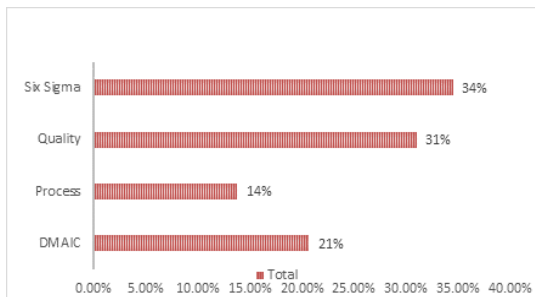


Fig. 3 Distribución porcentual de los artículos seleccionados según palabras clave

En la Figura 4, se puede observar que, de los 21 artículos seleccionados, la fuente más utilizada fue Google Académico con un 33% de los artículos, seguida de Redalyc con un 29%, Elsevier y EBSCO con 9.52% cada una.

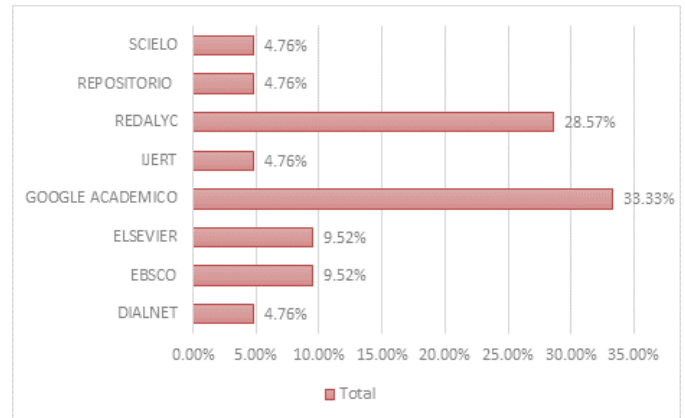


Fig. 4 Distribución porcentual de los artículos seleccionados, según bases de datos consultadas

En la Figura 5 se puede notar los idiomas en los que se encuentran los artículos seleccionados, representados por el español, inglés, croata y portugués; siendo el predominante el español con un 57%, seguido por el inglés con 33% y el croata y portugués con un 5%.

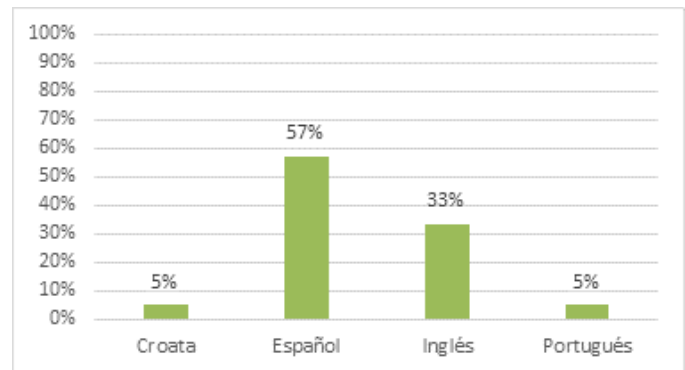


Fig. 5 Distribución porcentual de los artículos seleccionados según el idioma

2. Resultados de contenido de la revisión sistemática

En la Tabla II, se muestran las herramientas de diagnóstico utilizadas para el reconocimiento de la situación inicial de las empresas en las que los distintos autores de los artículos de revista decidieron desarrollar sus investigaciones. Con ella, se reveló que las más importantes fueron el diagrama de Ishikawa, de Pareto y la capacidad de procesos.

Dentro de los artículos seleccionados, para el diagnóstico del problema, 12 utilizaron diagrama de Pareto e Ishikawa, demostrando que la mayoría de los estudios aplican estas herramientas con el objetivo de reconocer las causas de los

problemas más importantes en los que se deberían enfocar el ciclo DMAIC. Y en una mínima diferencia, 8 del total, aplicaron la capacidad de procesos con el fin de saber si se cumple con las especificaciones deseadas de la empresa, para posteriormente aplicar Six Sigma.

TABLE II
PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

| Herramientas de diagnóstico | Porcentaje |
|-------------------------------|------------|
| Diagrama de Ishikawa | 15% |
| Diagrama de Pareto | 15% |
| Capacidad de procesos | 10% |
| Diagrama de Flujo | 8% |
| SIPOC | 8% |
| Diseño de efectos principales | 5% |
| Brainstorming | 4% |
| Prueba de normalidad | 4% |
| VSM (Value Stream Map) | 4% |
| Diagrama de Árbol | 3% |
| Estudio R&R | 3% |
| Gráfica de proporción | 3% |
| 5 por qué | 1% |
| AMFE | 1% |
| Diagrama de bucle casual | 1% |
| Diagrama de Correlación | 1% |
| Diagrama de Forrester | 1% |
| Esquema de trabajo | 1% |
| Gráfica de control | 1% |
| Histograma de errores | 1% |
| Listas de control | 1% |
| Matriz de Entrenamiento | 1% |
| Matriz VOC | 1% |
| Modelo Custodia Física | 1% |
| Priorización de Causa-Raíz | 1% |
| Project Charter | 1% |
| Variación | 1% |

En la Figura 6, se puede observar que la herramienta de ingeniería industrial que más se usó en los artículos de investigación, fue el ciclo DMAIC, representando un 48% del total, obteniendo resultados positivos en todos los estudios, que son 14. Demostrando que se dio el enfoque correcto en cada paso de esta herramienta, y lo necesaria que es dentro de la metodología Six Sigma para la identificación y mejora de la problemática en la organización, en la que se desee usar. Por otro lado, las demás herramientas fueron usadas en una mínima cantidad de artículos, lo que significa que son poco conocidas por las empresas, o que no se adaptan a sus

objetivos. Sin embargo, no define su efectividad, pues de la misma manera se obtuvieron resultados positivos.

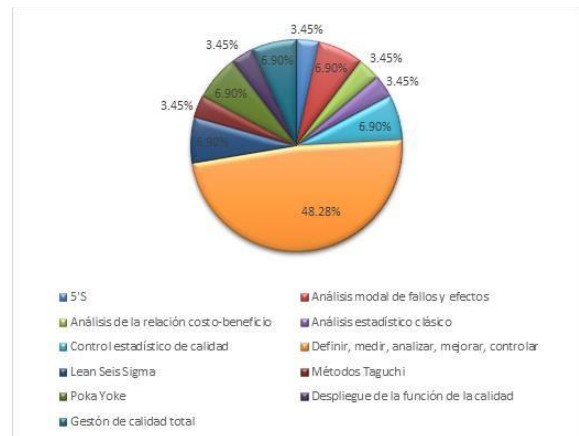


Fig. 6 Distribución porcentual de los artículos seleccionados según herramientas de ingeniería industrial implementadas

En la tabla III, se observan los distintos efectos, relacionados a la mejora de calidad en las empresas del sector industrial en los que los distintos autores de los artículos de revista decidieron desarrollar sus investigaciones y cuya mejora resultó de la aplicación de la metodología Six Sigma. El 20% de los artículos seleccionados tuvieron un efecto de reducción de costos, los cuáles involucran costos por mala calidad, por procesos fuera de control, por desperdicios y factores críticos que no generen valor para el producto y/o servicio. Otro 20% presentó una reducción de productos no conformes y aumento de nivel sigma, 15% lograron un aumento de capacidad de procesos y 11% una reducción de defectos. Por otro lado, se demuestra que la aplicación de la metodología Six Sigma no tiene gran impacto en la reducción de errores por operario.

TABLE III
EFECTOS DE SIX SIGMA EN LA CALIDAD DE EMPRESAS INDUSTRIALES SEGÚN LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

| Efecto | Porcentaje |
|--|------------|
| Reducción de costos por mala calidad | 20% |
| Reducción de productos no conformes | 20% |
| Aumento de nivel Sigma | 20% |
| Aumento de capacidad de procesos | 15% |
| Reducción de defectos | 11% |
| Incremento de productividad (mayor producción con los mismos recursos) | 9% |
| Aumento de producción por menor cantidad de defectos | 4% |
| Reducción de errores por operarios | 2% |

IV. CONCLUSIONES

La revisión sistemática de la literatura acerca de la metodología Six Sigma en la mejora del control de la calidad en empresas industriales entre los años 2010-2020 refleja lo beneficioso de la aplicación de esta herramienta en las

organizaciones, ya que permite eliminar todo aquello que no agrega valor al producto, reduce la cantidad de productos defectuosos, no conformes, disminuye costos, aumenta el nivel de productividad, nivel Sigma, entre otros. Generando como consecuencia la mejora de calidad de servicios y/o productos.

De acuerdo a los resultados de los distintos artículos, considerados para el desarrollo de este estudio, se logró concluir que, de todas las empresas del rubro industrial, que aplicaron la metodología Six Sigma, un 48% del total, lo hizo mediante el ciclo DMAIC, obteniendo como efectos más relevantes, que el 20% redujera costos, relacionados directamente con mala calidad, procesos fuera de control, y desperdicios; y del mismo modo, un 20% presentó una reducción de productos no conformes y aumentó su nivel sigma.

Se recomienda a futuras investigaciones, ampliar las fuentes de recopilación de información, para mayor disponibilidad de resultados cuantitativos.

REFERENCIAS

- [1] Mamani, Y. (2019). Determinación de los Costos de Producción y Rentabilidad de la empresa pesquera Titikaka Trout Perú S.C.R.L. Con la impl. del Six Sigma, en el periodo 2017. (Tesis de pregrado). Universidad Privada San Carlos, Puno, Perú.
- [2] Tinoco, F. (2013). Seis Sigma en logística: aplicación en el almacén de una unidad minera. *Industrial Data*, 16(2), 67-74.
- [3] Organización Internacional de Normalización. (2015). ISO 9000:2015(es) Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario.
- [4] Cárdenas, M., y García, O. (2019). Impacto de la aplicación de la herramienta Six Sigma en el control de calidad en las empresas durante los últimos 5 años.
- [5] Pugna, A., Negrea, R., y Miclea, S. (2015). Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 21(2016), 308–316.
- [6] Martínez, J., García, E., y Carlos, C. (2019). Efecto de Seis Sigma en el Almacén de una Empresa Manufacturera. *Conciencia Tecnológica*, 58.
- [7] Page, M., McKenzie J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C.,... David Moher (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting. *Research Methods And Reporting*.
- [8] Báez, Y., Limón, J., Tlapa, D., y Rodríguez, M. (2010). Aplicación de Seis Sigma y los métodos Taguchi para el incremento de la resistencia a la prueba de jalón de un diodo emisor de luz. *Información Tecnológica*, 21(1), 63-76.
- [9] Hung, H., y Sung, M. (2011). Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, 6(3), 580-591.
- [10] Homrossukon, S., y Anurathapunt, A. (2011). Six Sigma Solutions and its Benefit-Cost Ratio for Quality Improvement. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 5(8), 997-1005.
- [11] Caicedo, N. (2011). Aplicación de un programa Seis Sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones. *Prospectiva*, 9(2), 65-74.
- [12] Shashank, S., Ravindra, M., Lokesh, B., y Katare, S. (2013). Reduction of welding defects using Six Sigma techniques. *International journal of mechanical engineering and robotics research*, 2(3), 404-412.
- [13] Ramos, W. (2013). Incremento de la productividad a través de la mejora continua en calidad en la subunidad de procesamiento de datos en una empresa Courier: el caso Perú Courier. *Industrial Data*, 16(2), 59-66.
- [14] Moscoso Chaparro, J., & Yalan Reyes, A. J. (2013). Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles de la empresa Marplast utilizando Six Sigma basado en la metodología DMAIC.
- [15] Garrido, P., Sacristán, M., y Magaña, L. (2016). Six Sigma in SMES with low production volumes. A successful experience in aeronautics. *Universia Business Review*, 51, 52-71.
- [16] Morales, A. R., y Garambullo, A. I. (2017). Aplicación de metodología lean Seis Sigma para la reducción de defectos en la producción de lentes dentro de la empresa fórmula Plastics de México S. A de C. V. En *Tecate B.C. Revista Electrónica del Desarrollo Humano para la Innovación Social*. 4(8).
- [17] Cardiel, J., Baeza, R., y Lizarraga, R. (2017). Development of a system dynamics model based on Six Sigma methodology. *Ingeniería e Investigación*, 37(1), 80-90.
- [18] Córdor, B. (2018). Seis Sigma en las Pymes, bajando costos con calidad. *Revista Espacios*, 39(44), 8-21.
- [19] Langoni, M., Da Silva, E., y Alonso, K. (2019). Lean Six Sigma en la logística del proceso de carga de una fábrica de papel. *Exacta*, 17(3), 191-200.
- [20] Gutiérrez, V. (2018). Diseño e implementación de herramientas lean para controlar la cantidad de salida no conforme en la empresa UT Natural Food Services en la ciudad de Bogotá.
- [21] Luna, F., y Lozano, C. (2019). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejoramiento continuo en procesos de una empresa de servicio.
- [22] Costa, J., Lopes, I., y Brito, J. (2019). Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion. *Procedia Manufacturing*, 38, 1592-1599.
- [23] Simanová, L., Sujová, A., y Gejdoš, P. (2019). Poboljšanje izvedbe i kvalitete procesa proizvodnje namještaja primjenom metodologije Six Sigma. *Drvna industrija*, 70 (2), 193-202.
- [24] Garza, J., y Abrego, R. (2015). Reducción y control de costos en empresa de manufactura con Seis Sigma. *Innovaciones de Negocios*, 22(24), 207-235.
- [25] Plúas, M., Méndez, M., Plúas, D., y Huayamave, Á. (2019). Mejora del proceso continuo mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la línea de producción chocolatera de una empresa alimenticia. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 23(90), 14-22.