

*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898473*

RFC: ATII20618V12

Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.

<http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticaervalores.com/>

Año: XI Número: 3 Artículo no.: 10 Período: 1 de mayo al 31 de agosto del 2024

TÍTULO: Tendencias de la enseñanza y entrenamiento de Six Sigma (SS): un análisis bibliométrico.

AUTORES:

1. Máster. Omar Celis-Gracia.
2. Dr. Jorge Luis García-Alcaraz.
3. Máster. Fabiola Hermsillo-Villalobos.

RESUMEN: Este artículo presenta una revisión bibliométrica de 1545 documentos identificados en base de datos Scopus y que tratan sobre la enseñanza y entrenamiento de Seis Sigma (SS) en países a nivel mundial. Se utiliza el software VOSviewer y Bibliometrix para analizar los documentos. Los resultados indican que las investigaciones sobre SS son muy extensas, sin embargo, aun hace falta analizar más la importancia de la enseñanza en SS y su impacto en la industria y la sociedad. Se concluye que SS debe ser más analizada para ayudar a las empresas a enfrentar los retos globales que presentan y contribuir positivamente en el aspecto económico y social.

PALABRAS CLAVES: enseñanza, entrenamiento, Seis Sigma, análisis bibliométrico.

TITLE: Trends in Six Sigma (SS) education and training: a bibliometric analysis.

AUTHORS:

1. Master. Omar Celis-Gracia.
2. PhD. Jorge Luis García-Alcaraz.
3. Master. Fabiola Hermsillo-Villalobos.

ABSTRACT: This paper presents a bibliometric review of 1545 documents identified in Scopus database and dealing with Six Sigma (SS) teaching and training in countries worldwide. VOSviewer and Bibliometrix software are used to analyze the documents. The results indicate that research on SS is very extensive, however, the importance of SS education and its impact on industry and society still needs to be further analyzed. It is concluded that SS should be further analyzed to help companies face the global challenges they present and contribute positively to the economic and social aspect.

KEY WORDS: education, training, Six Sigma, bibliometric analysis.

INTRODUCCIÓN.

La industria manufacturera es una piedra angular de las economías modernas, ya que proporciona bienes y productos esenciales para la vida cotidiana y el crecimiento económico (Ahmed et al., 2020); sin embargo, a pesar de su papel crucial, el sector manufacturero enfrenta una serie de retos que afectan a sus operaciones, competitividad y sostenibilidad. Estos retos surgen de diversos factores que van desde los avances tecnológicos hasta la dinámica economía mundial (O'Brien, 2021).

De acuerdo con Trakulsunti et al. (2023), uno de los principales retos a los que se enfrentan los fabricantes es el incesante ritmo de los avances tecnológicos. Aunque la tecnología ha revolucionado indudablemente, los procesos de fabricación también han creado un ciclo de innovación y obsolescencia (Kowang et al., 2022).

Los fabricantes deben invertir continuamente en nuevas tecnologías para seguir siendo competitivos, ya se trate de automatización, robótica, inteligencia artificial o técnicas de fabricación avanzadas; sin embargo, el rápido ritmo del cambio tecnológico también presenta retos en términos de implementación, integración y adaptación de la mano de obra (Permana et al., 2021). Las empresas deben navegar por las complejidades de la adopción de nuevas tecnologías al tiempo que garantizan que su mano de obra posee las habilidades necesarias para operar y mantener estos sistemas con eficacia (Antony et al., 2018).

La industria manufacturera se enfrenta a una persistente falta de cualificación y escasez de mano de obra. A medida que la tecnología sigue evolucionando, los fabricantes necesitan una mano de obra con conocimientos técnicos avanzados en áreas como la ingeniería, el análisis de datos y la fabricación digital (Ruwanpura et al., 2023); sin embargo, muchos fabricantes luchan por encontrar candidatos cualificados para ocupar estos puestos, lo que agrava la brecha de habilidades; además, el envejecimiento de la mano de obra y la jubilación de trabajadores cualificados agravan aún más el problema, dejando a los fabricantes luchando por atraer y retener el talento (Ibrahim & Kumar, 2024). Abordar el déficit de cualificación requiere la colaboración entre la industria, el mundo académico y la administración para desarrollar programas de formación, aprendizaje e iniciativas de desarrollo de la mano de obra adaptadas a las necesidades del sector manufacturero (Pacora et al., 2022).

Debido a que las empresas buscan ser competitivas en costo, calidad y conocimiento para resolver problemas, buscan eficientizar sus procesos con la mínima inversión posible, utilizan herramientas como Seis Sigma (SS) para mejorar los procesos, y de tal forma, enfrentar los retos globales actuales (Dempsey et al., 2020). Zhu et al. (2020) indican que SS es un enfoque sistemático basado en datos para la mejora de procesos que pretende eliminar defectos y errores, reducir la variabilidad y mejorar la eficiencia y la calidad en la fabricación. Desarrollado originalmente por Motorola en la década de 1980 y popularizado por empresas como General Electric, SS, se ha convertido en una metodología ampliamente adoptada para abordar los retos a los que se enfrenta la industria manufacturera. Sus principios y técnicas permiten a las organizaciones identificar y eliminar las ineficiencias de los procesos, mejorar la calidad de los productos y aumentar la satisfacción del cliente (Pakdil, 2020).

La aceptación de SS se debe a que proporciona un enfoque estructurado y basado en datos para la mejora de procesos, la gestión de la calidad, la optimización de la cadena de suministro, el desarrollo de la mano de obra, la sostenibilidad y la ciberseguridad (Guttenberg, 2020). Al aprovechar los principios y metodologías de SS, las empresas pueden mejorar la eficiencia operativa, reducir costos,

mejorar la calidad del producto y mantener una ventaja competitiva en el dinámico entorno empresarial actual (Mueller & Cross, 2020). A medida que los fabricantes continúan evolucionando y adaptándose a las condiciones cambiantes del mercado, SS sigue siendo una herramienta valiosa para impulsar la mejora continua y lograr la excelencia en las operaciones de fabricación (Kane, 2020); sin embargo, requiere de conocimientos para aplicarla y obtener sus beneficios, por lo que las empresas e instituciones educativas se esfuerzan por integrarla en los procesos educativos y de formación de su personal operativo.

La enseñanza de SS tiene un impacto significativo en diversos aspectos de la educación y el rendimiento de las empresas. La aplicación del enfoque SS en las instituciones educativas tiene como objetivo evaluar y mejorar la calidad de la enseñanza, mejorando así la calidad del aprendizaje de los estudiantes (Sabtu et al., 2023). La integración de los métodos SS en los programas educativos, como la enseñanza en la fábrica, sirve como un esfuerzo para mejorar la calidad de los estudiantes y se alinea con los principios de Gestión Total de la Calidad (TQM) (Fortunata, 2021); además, el impacto de la formación SS en la satisfacción laboral y la moral de los empleados es evidente, lo que indica su influencia en la dinámica organizacional (Cheng, 2012).

En el contexto del rendimiento de la organización, SS ha sido observado como una herramienta prometedora de gestión de la calidad para mejorar la precisión, reducir defectos, reducir costos y aumentar los beneficios (Venkatesh & Sumangala, 2018). La investigación también ha demostrado que la aplicación de SS puede conducir a mejoras sustanciales en el rendimiento y la capacidad de los procesos, lo que resulta en beneficios financieros significativos para las organizaciones (Permana et al., 2021). La implantación de SS en las pequeñas y medianas empresas (PYME) depende de factores críticos como la participación de la gestión, el alineamiento con los clientes y la integración estratégica, destacando su potencial para mejorar la eficiencia operacional en diversos entornos organizativos (Antony et al., 2005).

El impacto de SS se extiende más allá del sector manufacturero, ya que su aplicación en las industrias de servicios ha sido reconocida como un enfoque valioso para mejorar la calidad del servicio y la eficacia operacional (Trakulsunti et al., 2023); además, la integración de Lean SS con estándares establecidos de gestión de la calidad, como ISO 9001, presenta un marco único para que las organizaciones racionalicen sus procesos de administración de calidad y logren la excelencia operacional (Karthi et al., 2011); sin embargo, también se han identificado desafíos y obstáculos para la aplicación de SS, incluida la necesidad de apoyo a la gestión, alineamiento cultural, superar la resistencia al cambio falta de conocimientos (Hollingshed, 2021); además, la aplicación de SS en las operaciones de servicios ha sido asociada con limitaciones, lo que indica la necesidad de enfoques adaptados para atender a las necesidades únicas de los procesos basados en servicios, lo que requiere su enseñanza (Antony, 2006; Schmidt et al., 2018).

En resumen, la enseñanza de SS tiene un impacto multifacético que abarca mejoras en la calidad educativa, el rendimiento de la organización, la eficiencia del proceso y la calidad del servicio. Si bien ofrece beneficios sustanciales, su aplicación exige una consideración cuidadosa de los factores contextuales y estrategias proactivas para hacer frente a los desafíos potenciales.

Dado el interés que existe sobre la enseñanza de SS, son diferentes los estudios que han buscado analizarla desde diferentes enfoques y son muchas las revisiones de literatura y bibliométricas que existen. En relaciones con las revisiones de literatura, Hollingshed (2022) y Six Sigma Teams and Training (2017) reportan la importancia y el efecto del entrenamiento en SS, declarando que contribuye en un aspecto positivo a mejorar la competitividad y rendimiento de las organizaciones con una baja inversión. Bagherian et al. (2022) analizan la enseñanza y el entrenamiento de SS para el desarrollo y capacitación de la mano de obra para hacer frente al reto de las empresas debido a escasez y mano de obra no calificada; asimismo, Marques et al. (2018) analiza la relación entre el entrenamiento en SS y

el incremento de la eficiencia de los procesos de manufactura en una empresa dedicada al giro automotriz.

Realizando una búsqueda rápida, empleando la ecuación de búsqueda (TITLE-ABS-KEY (“Six Sigma” OR “Lean Sigma”) AND TITLE-ABS-KEY (“Teaching” OR “Learning” OR “Training” OR “Education”)), se encuentran un total de 1545 documentos en el periodo de 1992 al 2023 en la base de datos de Scopus y se observa una tendencia creciente en la cantidad de documentos, tal como se muestra en la Figura 1 en la línea de segundo grado ajustada.

Al analizar la Figura 1 se puede concluir lo siguiente: en primer lugar, es que la enseñanza de SS comienza a partir del año de 1992, donde se muestra que la tendencia se mantiene estable hasta el año 2000 manteniéndose una cantidad de documentos publicados por debajo de 10 por año. En segundo lugar, se tiene que a partir del año 2000 y hasta el 2023 la tendencia de publicaciones va al alza, logrando un máximo de documentos publicados de 118 en el año más reciente. Finalmente, aunque se observa una tendencia positiva en cuanto a este tópico, son pocos las revisiones que existen sobre el mismo, siendo la última en el año 2015, por lo que es necesario analizar nuevamente las tendencias, ya que en ocho años la cantidad de documentos se ha incrementado.

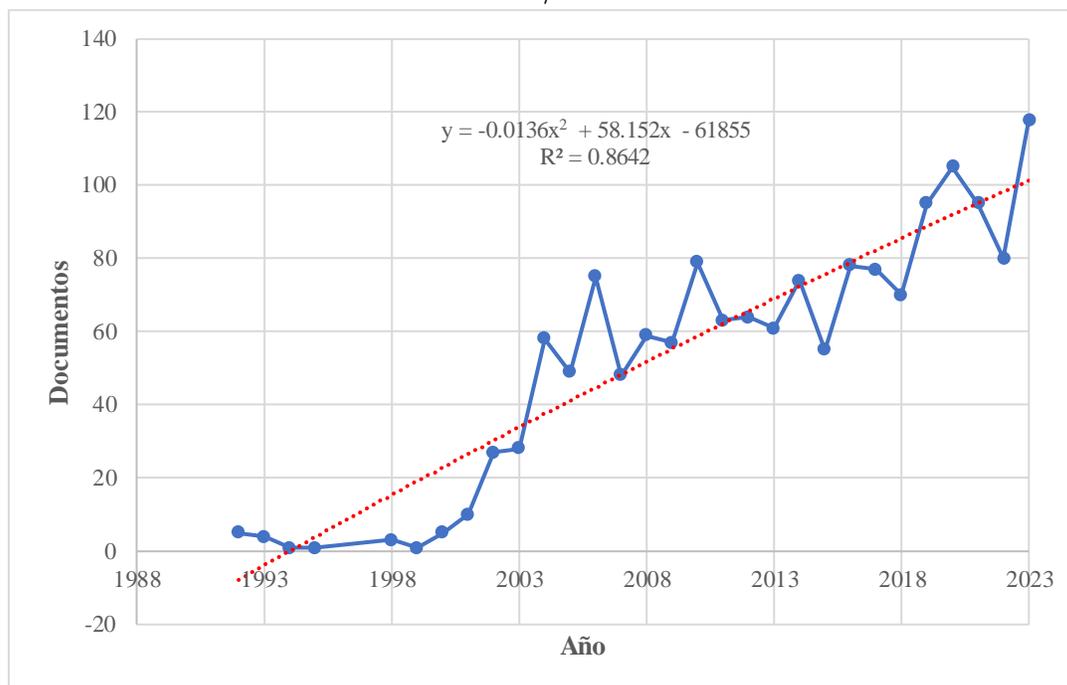


Figura 1. Línea del tiempo de la Enseñanza de SS a nivel mundial.

El objetivo de este estudio es completar el análisis con un enfoque diferente; es decir, analizar las tendencias de la enseñanza de SS empleando únicamente revistas indexadas en Scopus para garantizar la calidad y confiabilidad de los documentos, integrando todos los países comprendidos desde 1992 al 2023, así como las revistas, autores e instituciones más relevantes en el tópico.

Metodología.

Para el desarrollo de la presente revisión, se realiza una búsqueda de documentos que han sido publicados en la base de datos de Scopus, garantizando la calidad y confiabilidad de los documentos incluidos, debido a que estos han pasado por un proceso de revisión minucioso por pares. La ecuación empleada para obtener los documentos a nivel mundial es la siguiente: (TITLE-ABS-KEY (“Six Sigma” OR “Lean Sigma”) AND TITLE-ABS-KEY (“Education” OR “Teaching” OR “Learning” OR “Training”)).

Una vez empleada la ecuación, se obtienen un total de 1545 documentos, los cuales se exportan a una base de datos en extensión CSV y se usa el software VOSviewer propuesto por van Eck & Waltman

(2010) para la realización de análisis bibliométricos. Los análisis se enfocan en la identificación de autores, instituciones y países que más investigan sobre el tema de interés, así documentos, revistas, instituciones, autores y países más citados, el tipo de instituciones, documentos que más financian investigaciones relacionadas y documentos por área temática.

Resultados.

Tipos de documentos y tendencia.

Un total de 1545 documentos han sido identificados sobre el tópico de enseñanza de SS y sus tendencias, de los cuales 769 son artículos, 465 artículos en conferencias, 118 revisiones, 80 revisiones de conferencias, 45 capítulos de libro, 40 libros, 16 encuestas, 10 editoriales, 7 notas y 3 resúmenes. Lo anterior indica, que la mayoría de los documentos son artículos o presentaciones en conferencias, los cuales son documentos que pasan por un extenso y bien estructurado proceso de revisión por pares.

Aunque la enseñanza de SS se establece desde el año de 1992, durante los primeros ocho años se mantiene una tendencia estable de menos de 10 documentos por año; por otro lado, del año 2001 a la fecha se ve un crecimiento exponencial teniendo un alza en la cantidad de documentos logrando máximos por encima de 100 durante años recientes (Figura 1).

Autores, organizaciones y países más productivos.

Se identificaron un total de 3503 autores en los 1545 documentos. La Tabla 1 muestra un resumen de los autores con al menos 8 documentos, y de esto, se concluye que existen pocos grupos de investigación sobre el tópico de SS, ya que solo Antony J. tiene 56 documentos y Cudnet E. tiene 14 documentos, mientras que Bhat y Teeling tienen 10 documentos, Does RJMM y Furterer S. 9 documentos y Gijo E., Rodriguez-Alza M. y Sunder M. con 8 documentos respectivamente.

Tabla 1. Autores y cantidad de documentos.

Autor	Documentos
Antony J.	56
Cudney E.	14
Bhat S; Teeling S.	10
Does RJMM; Furterer S	9
Gijo E.; Rodríguez-Alza M.; Sunder M.	8

Con relación a las revistas que más publican sobre el tópico SS, se identifican un total de 754 y la Figura 2 muestra aquellas que tienen al menos 10 documentos publicados sobre el tópico. Se observa que las principales revistas en las que se publican son: ASEE con 75 documentos y The International Journal of Lean Six Sigma con 55 documentos.

En relación con las instituciones que más publican sobre el tópico, se identifican un total de 1417 instituciones diferentes, y la Figura 3 ilustra solamente aquellas que tienen al menos 10 documentos. Se puede apreciar, que la institución que encabeza la lista es la Heriot-Watt University localizada en Edinburgo, Escocia, con un total de 32 documentos. La Purdue University también liderea la lista con 28 documentos.

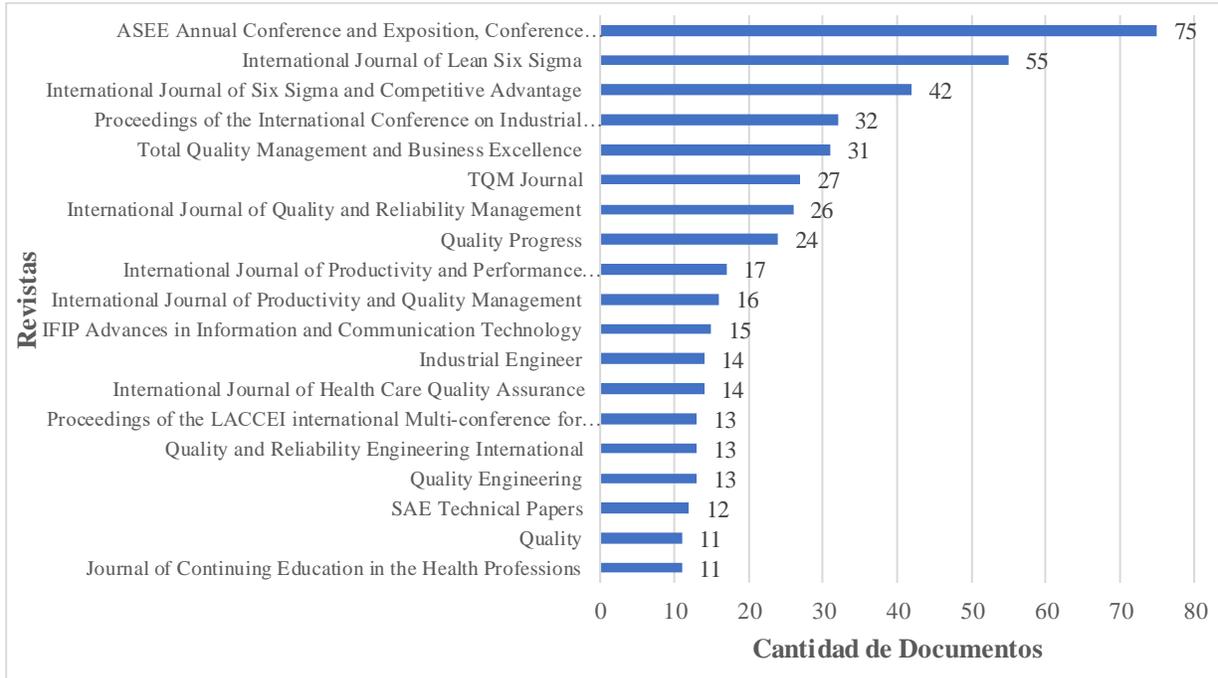


Figura 2. Principales revistas que publican sobre SS.

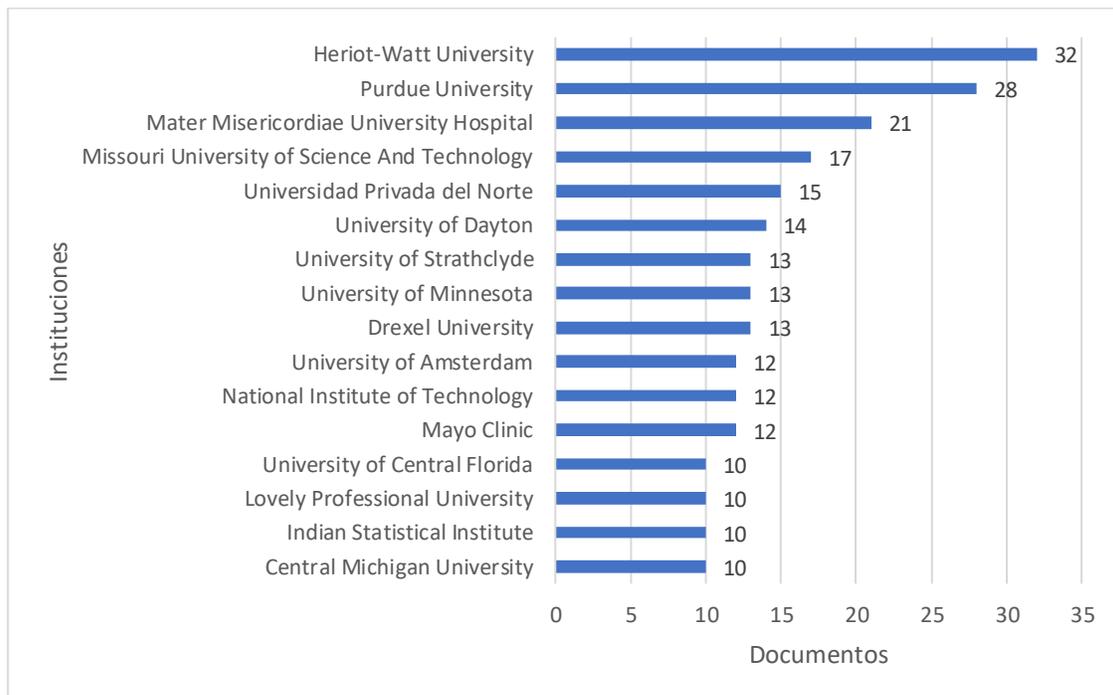


Figura 3. Instituciones con más documentos sobre el tópico.

Con relación a la producción de documentos por país, Estados Unidos ocupa el primer lugar tal y como se muestra en la Figura 4, con un total de 599 documentos, India ocupa el segundo lugar con 150 y

Reino Unido con 130. Países como Brasil, México, Irlanda, Indonesia y Australia han generado 37, 34, 29, 29 y 27, respectivamente; por lo que se concluye que Estados Unidos, India y Reino Unido son los países que más publican, representando un 57% del total de las producciones que conforman esta investigación.

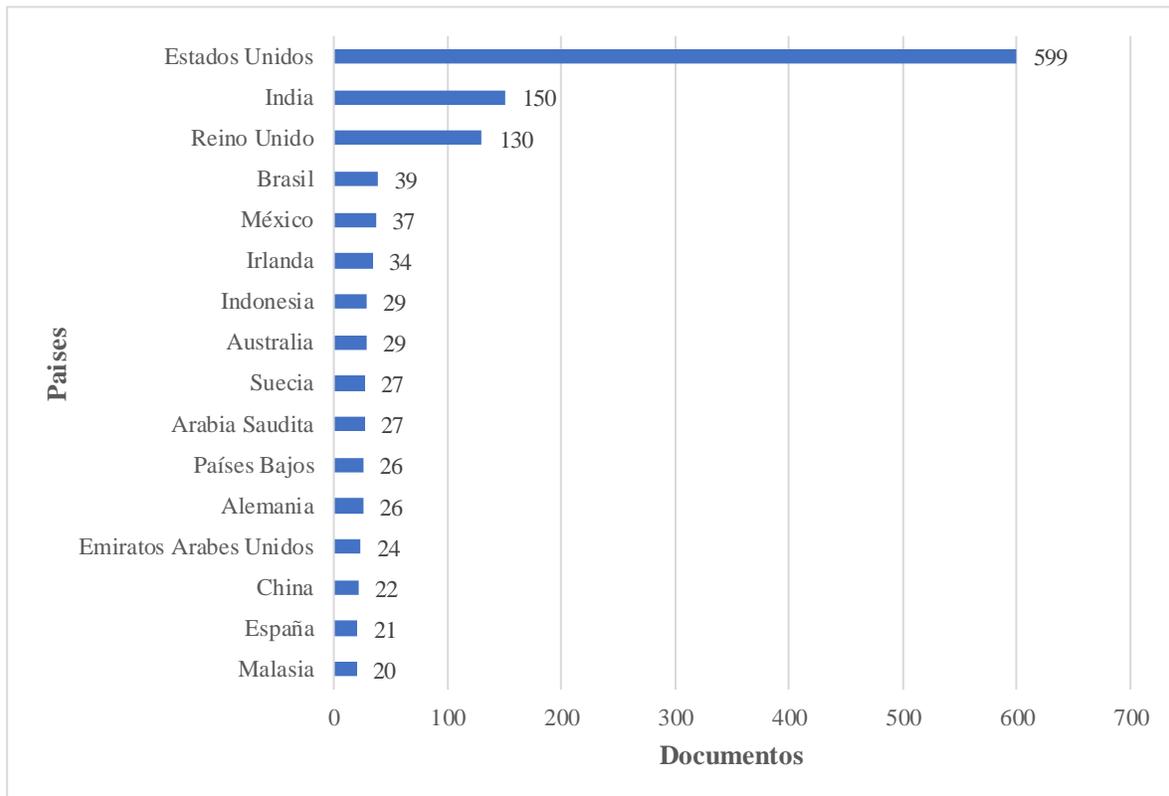


Figura 4. Países más productivos sobre el tema de interés.

Documentos, revistas, autores, y organizaciones más citadas.

En la Tabla 2 se presenta el top 10 de autores con los documentos más citados que conforman esta investigación, se observa que todos ellos tienen más de 200 citas, por lo que se puede concluir que son autores reconocidos en el ámbito internacional.

Tabla 2. Documentos más citados de SS.

Autor	Documento	Citas
Antony (2003)	Design of Experiments for Engineers and Scientists.	932

Linderman et al. (2003)	Six Sigma: A goal-theoretic perspective.	635
Kwak & Anbari (2006)	Benefits, obstacles, and future of six sigma approach.	533
Dahlgaard & Dahlgaard-Park (2006)	Lean production, six sigma quality, TQM and company culture.	488
Albliwi et al. (2014)	Critical failure factors of lean Six Sigma: A systematic literature review.	385
Varkey et al. (2007)	Basics of quality improvement in health care.	315
Anand et al. (2009)	Dynamic capabilities through continuous improvement infrastructure.	311
Henderson & Evans (2000)	Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company.	305
Harry (1998)	Six sigma: A breakthrough strategy for profitability.	259
Choo et al. (2007)	Method and context perspectives on learning and knowledge creation in quality management.	210

Con relación a las revistas con más citas, se observa que la cantidad de documentos sobre el tema de interés son muy buenos.

En la Tabla 3 se muestra el top 10 de las revistas internacionales con más citas hasta el momento, las cinco más importantes son: Journal of Operations Management (1586), TQM Magazine (1464), International Journal of Quality and Reliability Management (1430), International Journal of Lean Six Sigma (1239) y The International Journal of Productivity and Performance Management (1078).

Tabla 3. Revistas con más citas.

Revista	Citas
Journal of Operations Management.	1586
TQM Magazine.	1464
International Journal of Quality and Reliability Management.	1430
International Journal of Lean Six Sigma.	1239
International Journal of Productivity and Performance Management.	1078

Total Quality Management and Business Excellence.	972
Design of Experiments for Engineers and Scientists.	932
International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage.	596
TQM Journal.	574
Technovation.	533

La Tabla 4 indica las instituciones con más citas en el tema de Interés de SS. Se observa que las instituciones de Estados Unidos y Reino Unido son las que liderean la lista, comenzando con la Universidad de Portsmouth en Reino Unido con un total hasta el momento de 932 citas seguida de la Universidad de Minnesota en Estados Unidos con 635 citas.

Tabla 4. Instituciones con más citas.

Institución	Citas
University of Portsmouth	932
University of Minnesota	635
George Washington University	533
Linköping University	488
University of Strathclyde	385
College of Medicine, Mayo Clinic	315
University of Illinois at Urbana-Champaign	311
GE Aircraft Engines, Cincinnati, Ohio, United States	305
Arizona State University	259
Rensselaer Polytechnic Institute	210

CONCLUSIONES.

Estudios previos han demostrado la importancia que tiene la enseñanza de SS para ayudar a las empresas de manufactura y servicios a hacer frente a los retos que actualmente enfrentan, debido a la globalización, avances tecnológicos y escasez de mano de obra. SS permite desarrollar y mejorar la cualificación de la mano de obra y se ha demostrado que esto permite mejorar la productividad, calidad y eficiencia de las organizaciones, contribuyendo al crecimiento de las empresas repercutiendo

positivamente en aspectos financieros y sociales para el país. En este estudio se ha observado lo siguiente:

1. La relevancia del tema de interés es importante debido a que se encontraron un total de 1545 documentos que hablan sobre el tópico, lo cual es un buen número y que además desde el año 2000 y hasta la fecha, ha mostrado una tendencia que va al alza por lo que es un tema actual de gran interés.
2. Estados Unidos, Reino Unido e India son los países que más publican sobre el tema de SS con más de 100 documentos cada uno. Es importante mencionar, que aunque México cuenta con menos de 50 documentos, aun así, se posiciona en el quinto lugar de los países más productivos.
3. Los autores que más contribuyen en el tema son Antony J., Cudney E. y Bhat S, autores que hacen colaboraciones entre Estados Unidos y Reino Unido.
4. Las revistas más sobresalientes en cuestión a la cantidad de documentos publicados son: ASEEE, The International Journal of Lean Six Sigma y The International Journal of Six Sigma and Competitiveness.
5. Las universidades de Heriot-Watt y Purdue, de Reino Unido y Estados Unidos respectivamente son las más productivas en cuanto a la producción y publicación de documentos hasta el momento.
6. Los documentos más citados en SS son Antony (2003), Linderman et al. (2003) y Kwak & Anbari (2006).
7. Las revistas más citadas en SS son Journal of Operations Managent, The TQM Magazine y International Journal of Quality and Reliability Management; sin embargo, las instituciones más citadas son: University of Portsmouth (Reino Unido), University of Minnesota (Estados Unidos) y George Washington University (Estados Unidos).
8. Los grupos de investigación más importantes sobre el tópico se localizan en Estados Unidos, Reino Unido e India.

REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS.

1. Ahmed, A. A., Ahmed, S. I., & Atiyah, S. M. (2020). Impact of six sigma methodology and strategic thinking on operational performance of tourism operations. *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*, 9(2), 1 – 17. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85083561256&partnerID=40&md5=a60d31de434e01363c7daf02ad7a5dc0>
2. Albliwi, S., Antony, J., Lim, S. A. H., & van der Wiele, T. (2014). Critical failure factors of lean Six Sigma: A systematic literature review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 31(9), 1012 – 1030. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2013-0147>
3. Anand, G., Ward, P. T., Tatikonda, M. V., & Schilling, D. A. (2009). Dynamic capabilities through continuous improvement infrastructure. *Journal of Operations Management*, 27(6), 444 – 461. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.02.002>
4. Antony, J. (2003). Design of Experiments for Engineers and Scientists. In *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-4709-0.X5000-5>
5. Antony, J. (2006). Six Sigma for Service Processes. *Business Process Management Journal*. <https://doi.org/10.1108/14637150610657558>
6. Antony, J., Ghadge, A., Ashby, S. A., & Cudney, E. A. (2018). Lean Six Sigma journey in a UK higher education institute: a case study. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(2), 510 – 526. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-01-2017-0005>
7. Antony, J., Kumar, M., & Madu, C. N. (2005). Six Sigma in Small- and Medium-sized UK Manufacturing Enterprises. *International Journal of Quality & Reliability Management*. <https://doi.org/10.1108/02656710510617265>

8. Bagherian, A., Gershon, M., & Swarnakar, V. (2022). Role of employee training on Six Sigma implementation's success: an empirical study. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 14(2), 247 – 278. <https://doi.org/10.1504/ijssca.2022.124975>
9. Cheng, J. L. (2012). Examining the Implementation of Six Sigma Training and Its Relationships with Job Satisfaction and Employee Morale. *Asian Journal on Quality*. <https://doi.org/10.1108/15982681211237851>
10. Choo, A. S., Linderman, K. W., & Schroeder, R. G. (2007). Method and context perspectives on learning and knowledge creation in quality management. *Journal of Operations Management*, 25(4), 918 – 931. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.08.002>
11. Dahlgaard, J. J., & Dahlgaard-Park, S. M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *TQM Magazine*, 18(3), 263 – 281. <https://doi.org/10.1108/09544780610659998>
12. Dempsey, M., Brennan, A., & McAvoy, J. (2020). Barriers and waste in the research grant application process in higher education through a lean six sigma lens. *NALANS: Journal of Narrative and Language Studies*, 8(14), 1 – 14. <https://doi.org/10.24425/mper.2020.134938>
13. Fortunata, S. F. (2021). Integrasi Metode Six Sigma Ke Dalam Program Pembelajaran Teaching Factory Sebagai Upaya Peningkatan Mutu Peserta Didik Di Smkn 3 Malang. *Jurnal Manajemen Pendidikan*. <https://doi.org/10.21009/jmp.v12i01.11099>
14. Guttenberg, J. L. (2020). Group development model and Lean Six Sigma project team outcomes. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(4), 635 – 661. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2018-0101>
15. Harry, M. J. (1998). Six sigma: A breakthrough strategy for profitability. *Quality Progress*, 31(5), 60 – 64. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0032072799&partnerID=40&md5=7e4410296bdefa029783224a2e3d8d4f>

16. Henderson, K. M., & Evans, J. R. (2000). Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*, 7(4), 260 – 282. <https://doi.org/10.1108/14635770010378909>
17. Hollingshed, M. (2021). Standardizing Six Sigma Green Belt Training: Identification of the Most Frequently Used Measure Phase DMAIC Tools. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/ijlss-12-2020-0220>
18. Hollingshed, M. (2022). Standardizing Six Sigma Green Belt training: identification of the most frequently used measure phase DMAIC tools. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(2), 276 – 294. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2020-0220>
19. Ibrahim, A., & Kumar, G. (2024). Selection of Industry 4.0 technologies for Lean Six Sigma integration using fuzzy DEMATEL approach. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2023-0090>
20. Kane, V. E. (2020). Using Lean Six Sigma implied assumptions. *TQM Journal*, 32(6), 1561 – 1575. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2019-0271>
21. Karthi, S., Devadasan, S. R., & Muruges, R. (2011). Integration of lean Six-Sigma with ISO 9001:2008 standard. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(4), 309 – 331. <https://doi.org/10.1108/20401461111189416>
22. Kowang, T. O., Peidi, L., Yew, L. K., Hee, O. C., Fei, G. C., & Kadir, B. (2022). Critical success factors for Lean Six Sigma in business school: A view from the lecturers. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(1), 280 – 289. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i1.21813>
23. Kwak, Y. H., & Anbari, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5–6), 708 – 715. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.003>

24. Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193 – 203. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00087-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6)
25. Marques, C., Lopes, N., Santos, G., Delgado, I., & Delgado, P. (2018). Improving operator evaluation skills for defect classification using training strategy supported by attribute agreement analysis. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 119, 129 – 141. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.01.034>
26. Mueller, P. S., & Cross, J. A. (2020). Factors impacting individual Six Sigma adoption. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(1), 57 – 83. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2018-0040>
27. O'Brien, S. P. (2021). Facilitating rapid process improvement workshops: The self-study guide for lean leaders. In *Facilitating Rapid Process Improvement Workshops: The Self-Study Guide for Lean Leaders*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781003154907>
28. Pacora, J., Flores, L., Rojas, J., Reyes, S., Cáceres, A., & Benavente, R. (2022). SME Productivity improve using six sigma and data mining tools. In L. P. M.M., T. J., P. A., & V. J.A.S. (Eds.), *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology (Vols. 2022-July)*. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.164>
29. Pakdil, F. (2020). Six Sigma for Students: A Problem-Solving Methodology. In *Six Sigma for Students: A Problem-Solving Methodology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-40709-4>
30. Permana, A., Steven, E., & Purba, H. H. (2021). A Systematic Literature Review of Six Sigma Implementation's Benefit to the Organization. *Spektrum Industri*. <https://doi.org/10.12928/si.v19i2.19023>

31. Ruwanpura, U. D. R. E., Perera, B. A. K. S., & Ranadewa, K. A. T. O. (2023). Lean Six Sigma Tools for Improving Administrative Processes in Different Sectors: A Systematic Review. *World Construction Symposium*, 1, 686 – 699. <https://doi.org/10.31705/WCS.2023.56>
32. Sabtu, S. H., Matore, M. E. M., & Maat, S. M. (2023). The Six Sigma Approach Improves Teacher Instruction Quality Through Quadruple Helix Model Expectations. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v13-i4/16679>
33. Schmidt, A., Sousa-Zomer, T. T., Andrietta, J. M., & Cauchick-Miguel, P. A. (2018). Deploying Six Sigma Practices to General Electric Subsidiaries in a Developing Economy. *International Journal of Quality & Reliability Management*. <https://doi.org/10.1108/ijqrm-09-2016-0155>
34. Six sigma teams and training. (2017). In *Six Sigma in Transactional and Service Environments*. Taylor and Francis. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85122715769&partnerID=40&md5=90e1c181e56b45229c28ed95f6be2da5>
35. Trakulsunti, Y., Antony, J., Jayaraman, R., & Tortorella, G. (2023). The application of operational excellence methodologies in logistics: a systematic review and directions for future research. *Total Quality Management and Business Excellence*, 34(5–6), 538 – 557. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2071695>
36. van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
37. Varkey, P., Reller, M. K., & Resar, R. K. (2007). Basics of quality improvement in health care. *Mayo Clinic Proceedings*, 82(6), 735 – 739. <https://doi.org/10.4065/82.6.735>
38. Venkatesh, N., & Sumangala, C. (2018). Success of Manufacturing Industries – Role of Six Sigma. *Matec Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814405002>

39. Zhu, L.-F., Qian, W.-Y., Zhou, G., Yang, M., Lin, J.-J., Jin, J.-L., Dong, S.-J., Zhu, L.-H., & Chen, H.-X. (2020). Applying Lean Six Sigma to Reduce the Incidence of Unplanned Surgery Cancellation at a Large Comprehensive Tertiary Hospital in China. *Inquiry (United States)*, 57. <https://doi.org/10.1177/0046958020953997>

DATOS DE LOS AUTORES.

1. **Omar Celis-Gracia.** Máster en Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Email: al232735@alumnos.uacj.mx
2. **Jorge Luis García-Alcaraz.** Doctor en Ciencias de la Ingeniería Industrial, Departamento de ingeniería Industrial y Manufactura, Profesor-Investigador de Tiempo Completo, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Email: jorge.garcia@uacj.mx
3. **Fabiola Hermosillo-Villalobos.** Máster en Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Email: al232734@alumnos.uacj.mx

RECIBIDO: 21 de enero del 2024.

APROBADO: 5 de marzo del 2024.