



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

**BENEFICIOS DE LA EXCELENCIA OPERACIONAL PARA LA
INDUSTRIA DE LABORATORIOS: UN ESTUDIO DE
METAANÁLISIS SOBRE EL IMPACTO DE ESTRATEGIAS DE
EXCELENCIA OPERACIONAL EN ESTOS ENTORNOS.**

EMILIANO GATICA FERNÁNDEZ

PROFESOR(ES) GUÍA: JOSÉ GUZMÁN MONTOTO, PhD

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

SANTIAGO – CHILE
2025



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

**BENEFICIOS DE LA EXCELENCIA OPERACIONAL PARA LA INDUSTRIA DE
LABORATORIOS: UN ESTUDIO DE METAANÁLISIS SOBRE EL IMPACTO DE
ESTRATEGIAS DE EXCELENCIA OPERACIONAL EN ESTOS ENTORNOS.**

Por: EMILIANO GATICA FERNÁNDEZ

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUÍA: José Guzmán Montoto, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 1: Lorenzo Reyes Bozo, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 2: Juan Carlos Vidal Rojas, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 3:

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y de
Sistemas en la Universidad del Desarrollo de Chile

Diciembre, 2025

Santiago, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado **BENEFICIOS DE LA EXCELENCIA OPERACIONAL PARA LA INDUSTRIA DE LABORATORIOS: UN ESTUDIO DE METAANÁLISIS SOBRE EL IMPACTO DE ESTRATEGIAS DE EXCELENCIA OPERACIONAL EN ESTOS ENTORNOS**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo, a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom.

EMILIANO GÁTICA FERNÁNDEZ

Firma

Al ponerle fecha a un sueño

Se convierte en meta

Al dividir la meta en pasos

Se convierte en plan

Y un plan, apoyado por acciones

Se vuelve realidad

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a aquellas personas que me motivaron a realizar este Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas y que estuvieron presente en cada una de las etapas que conlleva.

Agradezco a mi familia que siempre ha estado conmigo en los desafíos que me he planteado, en especial, a mi novia Fernanda, que siempre me motivó a terminar el Magíster, siempre me recordaba lo capaz que era de lograr lo que me proponía y me entregaba su amor en los momentos más difíciles. Sin duda, es la persona que me entregaba las fuerzas para dar término a este proceso.

También, a mí mamá, Paola, que siempre me apoya incondicionalmente, a mis abuelos, María y Anselmo, que tienen una confianza absoluta en mí y que me impulsan a lograr lo que sea y a mis tíos, Darling y Edson, que siempre tienen palabras de aliento y de ánimo en los momentos más difíciles.

A mis compañeros Álvaro y Carlos, por compartir sus conocimientos y su apoyo en cada uno de los trabajos que realizamos. Agradezco su compañía a lo largo de todo el proceso, las risas y la alegría en cada etapa que avanzamos juntos.

Por último, quiero agradecer sinceramente al Dr. Héctor Valdés (PhD), por su apoyo brindado desde la postulación al Magíster hasta el término del programa. Gracias por su constante motivación y apoyo para terminar con éxito cada uno de los desafíos del programa, además quiero destacar que es una gran persona y que está muy comprometido con cada uno de sus estudiantes.

A Luke, que llegó para ser más felices nuestras vidas.

BENEFICIOS DE LA EXCELENCIA OPERACIONAL PARA LA INDUSTRIA DE LABORATORIOS: UN ESTUDIO DE METAANÁLISIS SOBRE EL IMPACTO DE ESTRATEGIAS DE EXCELENCIA OPERACIONAL EN ESTOS ENTORNOS.

EMILIANO GATICA FERNÁNDEZ

Bajo la supervisión del profesor José Guzmán Montoto, PhD en la Universidad del Desarrollo de Chile.

Resumen

En la industria de laboratorios un 40 % del tiempo operativo se destina a actividades sin valor agregado, generando sobrecostos de hasta un 30 % anual. Además, la variabilidad de procesos que incrementa los tiempos de respuesta hasta en un 50 % y errores de hasta un 12 %, que afectan la calidad y la toma de decisiones, dan cuenta de deficiencia operativa en este entorno agudizada en el siglo XXI. Para solucionar la problemática aparece la implementación de excelencia operacional pues logra maximizar la eficiencia, garantizar la calidad y responder de forma flexible a las demandas a estos entornos. Este trabajo presenta un estudio correspondiente a un metaanálisis transversal que integró artículos publicados entre distintos continentes para el estudio, la comparación e identificación de como las distintas metodologías de excelencia operacional logran maximizar la eficiencia, la calidad, la velocidad y la eficacia en la entrega de productos o servicios de los laboratorios. El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto de las metodologías de excelencia operacional en la eficiencia operativa de la industria de laboratorios mediante un metaanálisis de 45 artículos, con el fin de comparar los distintos enfoques aplicados en diferentes países y continentes. Para lograrlo se propuso un enfoque mixto, mediante un estudio transversal tipo metaanálisis de 45 artículos publicados entre 2005 y 2024. Se aplicaron criterios de inclusión en inglés y español, centrados en excelencia operacional. Como instrumentos, se utilizó una hoja de registro estructurada para recolectar datos sobre año de publicación, filiación, sujetos de estudio y área temática, complementada con una planilla Excel. Se realizó análisis de contenido con medidas de asociación, tablas, depuración de datos, gráficos y se realizó un análisis resumen mediante preguntas críticas de los artículos. Los principales resultados evidencian que la aplicación de metodologías de excelencia operacional como Lean, Six Sigma y 5S ha generado reducciones significativas en desperdicios y tiempos de respuesta, además de mayor calidad en resultados. La investigación sobre excelencia operacional en laboratorios posee un carácter global, con mayor desarrollo en América entre 2018 y 2024. Lean, Clinical Laboratory y Six Sigma concentran más del 75% de la literatura estudiada. Aunque las regiones priorizan distintos enfoques, todas coinciden en mejoras de eficiencia y calidad, manteniendo un núcleo metodológico común. En síntesis, la excelencia operacional en laboratorios se reconoce como un enfoque global que mejora eficiencia y calidad. Sus metodologías, aplicadas en distintos contextos y regiones, permiten optimizar procesos y recursos. En América predomina la diversidad metodológica con fuerte presencia clínica, en Europa se priorizan la eficiencia y los tiempos de respuesta, en Asia destacan 5S y Kaizen, mientras que África avanza en marcos estructurados. De todas formas, aún persisten desafíos vinculados a la sostenibilidad de los resultados y a la necesidad de adaptación a cada realidad organizacional.

Palabras clave: Metaanálisis; Sostenibilidad; Estandarización; Trazabilidad; Mejora continua.

HIGHLIGHTS

BENEFICIOS DE LA EXCELENCIA OPERACIONAL PARA LA INDUSTRIA DE LABORATORIOS: UN ESTUDIO DE METAANÁLISIS SOBRE EL IMPACTO DE ESTRATEGIAS DE EXCELENCIA OPERACIONAL EN ESTOS ENTORNOS.

EMILIANO GATICA FERNÁNDEZ

- Evalúa el impacto de metodologías de excelencia operacional en laboratorios.
- Utiliza tablas resumen, gráficos resumen y preguntas críticas para entendimiento.
- Considera el estudio de 45 artículos, 1 tabla, 3 gráficos y 4 preguntas resumen.
- Evidencia aumento de eficiencia, calidad y distintos enfoques en regiones.
- Reconoce las metodologías como enfoque global de mejora en diferentes contextos.

Tabla de contenido

1	Introducción	8
1.1	Beneficios de la integración de metodologías de excelencia operacional: Novedad, propuesta y contribución	10
1.2	Objetivos de la investigación.....	11
2	Metodología	11
3	Resultados	13
3.1	Análisis de resultados	13
3.2	Discusión de resultados	20
4	Conclusiones	26
4.1	Trabajos futuros	27
5	Referencias	28
6	Anexo 1: Revisión de plagio	33
7	Anexo 2: Distribución de artículos con año de publicación, país desde el que se publica, autores y palabras clave.	34

1 Introducción

Hoy en día las diversas industrias tienen la necesidad de mejorar su eficiencia operativa, pues cada vez más necesitan reducir costos y generar mayores beneficios. En particular, la industria de laboratorios no está exenta de aquello y actualmente presenta diversos problemas estratégicos. La eficiencia operativa en los laboratorios es un problema, puesto que la variabilidad de los procesos, los errores en ingreso de datos, desperdicios y los retrasos en el flujo de trabajo afectan directamente la calidad de los resultados y la sostenibilidad organizacional. Se ha reportado que entre un 20 % y un 40 % del tiempo operativo en laboratorios se destina a actividades que no agregan valor, tales como reprocesos, esperas, movimientos innecesarios y errores administrativos, lo que incrementa los costos operacionales entre un 15 % y un 30 % anual. (George, 2003; Durur, 2016). Estos problemas se agudizan desde inicios del siglo XXI, con el aumento del volumen de muestras, las exigencias de acreditación internacional y la globalización de estándares de calidad observadas tanto en laboratorios clínicos como en los industriales, farmacéuticos, veterinarios y académicos, donde la confiabilidad y oportunidad de la información son esenciales para la toma de decisiones y la satisfacción de los usuarios. Asimismo, investigaciones desarrolladas en laboratorios clínicos, industriales y de investigación indican que la variabilidad de los procesos puede aumentar los tiempos de respuesta (Turnaround Time) entre un 10 % y un 50 %, afectando directamente la toma de decisiones críticas y la satisfacción de los usuarios (Inal et al., 2018; Cherie et al., 2024). En términos de calidad, se ha observado que las fallas asociadas a procesos no estandarizados y a una gestión ineficiente en laboratorios generan tasas de errores analíticos y preanalíticos del orden del 5 % al 12 %, comprometiendo la confiabilidad de los resultados y elevando el riesgo de reprocesos (Plebani, 2010; Lippi et al., 2012).

Frente a esta problemática la literatura ha demostrado que diversas metodologías de excelencia operacional como Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma, 5S y Kaizen constituyen alternativas efectivas para abordar estas limitaciones en diversos países. Su integración ha logrado disminuir desperdicios, errores en ingreso de datos y disminuir tiempos de respuesta en fases críticas del proceso. De la misma forma experiencias documentadas en contextos clínicos, de investigación y de educación superior revelan mejoras significativas en la productividad, la organización del espacio y la eficiencia en el uso de recursos. De este modo, la eficiencia operativa en laboratorios se posiciona como una problemática global cuya solución requiere integrar estrategias de mejora continua que fortalezcan el desempeño técnico y la gestión organizacional. Autores destacan que la excelencia operacional no se limita a la aplicación de herramientas, sino que constituye una filosofía de gestión integral que combina liderazgo, compromiso organizacional y participación de los trabajadores en un proceso de mejora continua.

Excelencia Operacional: Teoría y definiciones

La excelencia operacional es un término que hace referencia a la capacidad de una organización para lograr niveles sobresalientes de desempeño en sus procesos y resultados. Se sustenta en la idea de que la competitividad sostenible no depende únicamente de los recursos disponibles, sino de la forma en que estos se gestionan para generar valor. De esta manera, se concibe como un estado en donde la organización logra alinear su estrategia, su cultura y sus prácticas cotidianas con el objetivo de maximizar la eficiencia, garantizar la calidad y responder de forma flexible a las demandas del entorno. (Binellas et al, 2024)

En el plano conceptual, la excelencia operacional se concibe como la convergencia de valores relacionados con la mejora continua, la orientación hacia el usuario final, la capacidad de innovar y el fortalecimiento del liderazgo institucional. Este conjunto de principios establece una base teórica desde la cual las organizaciones no solo buscan buenos indicadores económicos, sino que también promueven un entorno basado en la confianza, la disciplina y el aprendizaje compartido. De este modo, se presenta como una filosofía integral que abarca todas las áreas organizativas y ayuda a generar ventajas competitivas sostenibles en contextos marcados por la globalización, la presión regulatoria y la constante necesidad de adaptación. (Aldaz Pachacama et al, 2022)

Metodologías de excelencia operacional

Las metodologías de excelencia operacional son un conjunto de herramientas y enfoques que traducen los principios generales de la excelencia en acciones concretas para diversas organizaciones. Estas metodologías han surgido en distintos contextos industriales y se han implementado en varios sectores, con la meta de eliminar desperdicios, estandarizar procesos, incrementar la eficiencia operativa y ofrecer mayor calidad. Entre las metodologías más reconocidas se encuentran aquellos modelos de gestión que buscan sistematizar la identificación de problemas, la optimización de flujos de trabajo y la evaluación continua de resultados. (Elbireer et al, 2013)

Algunas de las metodologías de excelencia operacional corresponden a Lean, que busca eliminar aquellas actividades que no agregan valor a la operación y la mejora del flujo de trabajo en la organización; Six sigma, que se centra en la disminución de la variabilidad de los resultados y la obtención de procesos cercanos a la perfección a través de metodologías como el ciclo DMAIC. Otros enfoques como Kaizen y 5S hacen hincapié en la disciplina, la estandarización, el orden y la búsqueda permanente de mejora. (Elbireer et al, 2013; Pita, 2020)

Industria de laboratorios

Los laboratorios, tanto clínicos como microbiológicos, industriales o académicos, funcionan como sistemas estructurados en los que cada etapa preanalítica, analítica y postanalítica debe estar cuidadosamente coordinada para garantizar la confiabilidad de los resultados. El manejo de muestras, la trazabilidad y la validación se llevan a cabo siguiendo protocolos estandarizados que minimizan los errores humanos y técnicos. (Trigueiro et al, 2024)

Actualmente, los laboratorios enfrentan una creciente presión para entregar resultados con mayor rapidez, precisión y a menor costo. Factores como la globalización, la medicina personalizada, las exigencias regulatorias y la competencia en el sector han impulsado la necesidad de adoptar modelos de gestión más eficientes. Si bien la automatización y la inteligencia artificial han contribuido significativamente a la estandarización de procesos y la reducción de los tiempos de respuesta, su implementación debe estar acompañada de metodologías de gestión que aseguren su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. (Durur & Akbulut, 2019)

Además, los laboratorios funcionan como entornos de mejora continua, donde factores como la ergonomía, la redistribución del espacio y el orden son fundamentales para mantener la productividad. Diversos estudios en laboratorios de suelos, patología y microbiología han demostrado que la aplicación de herramientas como 5S, Kanban y diagramas de flujo permite reducir tiempos de espera, eliminar desperdicios y optimizar el uso de recursos. De esta manera, la excelencia

operacional se construye a partir del equilibrio entre tecnología, talento humano y gestión, garantizando tanto la calidad de los resultados como la sostenibilidad organizacional. (Lino & González, 2023)

Casos de éxito

Un caso destacado de mejora operativa se observa en los laboratorios clínicos y microbiológicos, donde la integración de la metodología Lean junto con la automatización ha permitido lograr numerosos avances. El estudio realizado en el Laboratorio de Microbiología del Hospital CUF Descobertas (Lisboa, Portugal) por Trigueiro et al. (2024) demostró que transformar un laboratorio clásico de microbiología en un modelo completamente automatizado, respaldado por principios Lean, incrementó la productividad de 49 a 73 muestras por técnico al día y redujo los tiempos de entrega en más del 30%, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos por la gestión. De manera similar, la aplicación de Lean Six Sigma en el Laboratorio Clínico del Hospital de la Facultad de Medicina de la Universidad de Çukurova (Turquía) mostró una disminución significativa de los tiempos de respuesta y una mayor confiabilidad en los resultados, mejorando la eficiencia operativa sin comprometer la seguridad del paciente. (Inal et al., 2017).

Un ejemplo exitoso se encuentra en laboratorios industriales y de patología, donde se han utilizado herramientas de manufactura esbelta. En el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (México), la implementación de técnicas como 5S, Kanban y diagramas de spaghetti permitió reducir en un 44,88% los movimientos innecesarios del personal y liberar un 32,37% del espacio físico, optimizando el flujo de trabajo y disminuyendo la acumulación de muestras en espera. (Mexicano Santoyo et al., 2023). En Turquía, en el Laboratorio de Patología del Hospital Público Diskapi Yildirim Beyazit de Ankara, el uso de mapeo de la cadena de valor y el análisis de desperdicios basado en Lean permitió identificar que más del 70% del tiempo de procesamiento correspondía a actividades sin valor agregado, lo que facilitó el rediseño de procesos y mejoró significativamente la eficiencia global del servicio. (Durrur & Akbulut, 2019).

Entendida esta realidad, y considerando la revisión bibliográfica presentada, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cómo la implementación de distintas metodologías de excelencia operacional impacta en la eficiencia operativa de la industria de laboratorios de diferentes continentes y cuáles son los enfoques asociados entre países y continentes?

En efecto, en la industria de laboratorios de diferentes países, se hace necesario un estudio que dé cuenta de mejores prácticas para elevar la eficiencia de los procesos operacionales asociados.

1.1 Beneficios de la integración de metodologías de excelencia operacional: Novedad, propuesta y contribución

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizarlo ha sido el desconocimiento de la industria respecto al real beneficio de la integración de excelencia operacional en la industria de laboratorios. Se propone un estudio de metaanálisis asociado a publicaciones de diferentes países sobre metodologías de excelencia operacional en laboratorios, que permita identificar las ventajas, beneficios operativos y enfoques de estas, aportando evidencia comparativa y generando los lineamientos para su implementación en diferentes contextos. En este sentido este trabajo contribuye a la comprensión de

cuáles son las variables claves abordadas mundialmente que permiten mejorar la eficiencia operativa en la industria de laboratorios.

1.2 Objetivos de la investigación

Entendido lo anteriormente discutido, el objetivo general de este trabajo es:

Evaluar el impacto de la integración de metodologías de excelencia operacional en la eficiencia operativa de la industria de laboratorios, mediante un metaanálisis de 45 artículos internacionales para comparar enfoques y resultados entre distintas países y continentes, identificando convergencias y divergencias en la aplicación de dichas metodologías.

Los objetivos específicos son:

- Examinar las metodologías de excelencia operacional más aplicadas en la industria de laboratorios a nivel internacional.
- Analizar los efectos de la implementación de diferentes metodologías de excelencia operacional en la industria de laboratorios de tipo clínico, salud, industrial, académico y farmacéutico.
- Determinar las convergencias y divergencias mundiales en la aplicación de estrategias de excelencia operacional en la industria de laboratorios de tipo clínico, salud, industrial, académico y farmacéutico.

2 Metodología

Se trata de un estudio del tipo metaanálisis, en el que se analizaron 45 artículos originales de investigación publicados como estudios de ingeniería en revistas: europeas, norteamericanas, africanas, asiáticas y sudamericanas entre enero del año 2005 y abril del 2024. Los criterios de selección de los artículos fueron: acceso a través de Internet, inglés y español como idioma principal de edición, acceso virtual a artículos originales completos, presencia en motores de búsqueda reconocidos. Los criterios de inclusión de los artículos fueron: diseños, aplicaciones en laboratorios, aplicaciones en industria, observaciones, experimentos analíticos, utilización de metodologías cualitativas, cuantitativas y mixtas asociado a excelencia operacional. Se excluyeron del análisis los editoriales y cartas al editor.

Las cadenas de búsqueda utilizadas combinaron metodologías de excelencia operacional con distintos tipos de laboratorios, incluyendo las siguientes expresiones: Continuous improvement and laboratories, Lean and laboratories, Kaizen and laboratories, Six Sigma and laboratories, Lean Six Sigma and laboratories, Lean and clinical laboratories, Lean and industrial laboratories, Lean and academic laboratories y Lean and pharmaceutical laboratories; Kaizen and clinical laboratories, Kaizen and industrial laboratories, Kaizen and academic laboratories y Kaizen and pharmaceutical laboratories; Six sigma and clinical laboratories, Six sigma and industrial laboratories, Six sigma and academic laboratories y Six sigma and pharmaceutical laboratories.

Los motores de búsqueda usados corresponden a:

- Pabmed
- Google Scholar
- Research Gate

Todos los artículos que cumplieron los criterios de elegibilidad fueron sometidos a un análisis de contenido realizado por el investigador, aplicando como instrumento de recolección una hoja de registro que contenía los siguientes ítems: año de publicación, país desde donde publica el autor, nombre del autor principal, palabras claves, objetivos, sujetos de estudio, tema de investigación y área de aplicación del estudio.

Las variables del estudio se operacionalizaron de acuerdo con las siguientes categorías de respuestas:

- a) Año de publicación: 2005 al 2024. Todos los trabajos con acceso completos y electrónico a los artículos.
- b) Área temática: Excelencia operacional y sus aplicaciones en la industria de laboratorios clínicos, académicos, farmacéuticos e industriales.
- c) Metodología: Cualitativa, cuantitativa, ambas.
- d) Sujetos de estudio: Principalmente estrategias de excelencia operacional 5S, Kaizen, Lean y Lean Six Sigma
- e) Filiación institucional de los autores del artículo: investigadores y académicos universitario e industriales.
- f) Continente de origen de las revistas: África, América del norte, América del sur, Asia y Europa.

La revisión de los artículos se realizó a partir de la lectura completa del artículo y focalizando la atención en la sección material y método, así como resultados. Los datos fueron ingresados a una planilla Excel para realizar registro, medidas de asociación y tablas de resumen. (Acero et al, 2024; Aggarwal et al, 2019; Aldaz Pachacama et al, 2022; Apostu et al, 2021; Berlitz & Haussen, 2005; Binellas et al, 2024; Bojacá Torres et al, 2019; Byrne et al, 2021; Carchio et al, 2021; Céspedes Quevedo et al, 2019; Cherie et al, 2024; Cloete & Bester, 2012; Durur & Akbulut, 2019; Ebuetsse & Doggett, 2018; Elbireer et al, 2013; Galindo-Méndez & Sánchez López, 2017; Gomaa et al, 2022; Ibrahim et al, 2022; Inal et al, 2017; Iskandar et al, 2020; Jiménez Calzado et al, 2015; Joelle et al, 2024; Letelier et al, 2021; Lino & González, 2023; Mexicano Santoyo et al, 2023; Mitchell et al, 2024; Mohamed, 2023; Nagaraj et al, 2021; Novis & Konstantakos, 2006; Padhil et al, 2022; Pineda-Tenor & Cabezas Martínez, 2013; Pita, 2020; Porrás et al, 2009; Ronny et al; 2021; Salazar-Agudelo et al, 2019; Sancho et al, 2025; Sari et al, 2017; Singh et al, 2022; Trigueiro et al, 2024; White et al, 2015; Withers et al, 2013; Yerian et al, 2012; Zavala Castro & Wan, 2022; Zhou et al, 2020; Zorbozan et al, 2019).

3 Resultados

3.1 Análisis de resultados

En este apartado se presentan los principales resultados del estudio. En la Tabla 1 se puede visualizar la distribución de artículos por año para cada continente (ver Anexo 2). Donde América es el continente con más artículos presentes y el año 2019 el período donde se concentra la mayoría de los artículos. Esta distribución confirma que la investigación en excelencia operacional aplicada a laboratorios es global, pero con mayor concentración en regiones con tradición investigativa consolidada.

Tabla 1. Distribución de artículos por cada continente. Fuente: Elaboración propia.

Año de publicación	África		América del norte		América del sur		Asia		Europa		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
2005	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	1	
2006	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	1	
2009	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	1	
2012	1	50	1	50	0	0	0	0	0	0	2	
2013	1	33	0	0	0	0	0	0	2	67	3	
2014	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	1	
2015	0	0	1	50	0	0	0	0	1	50	2	
2017	0	0	1	33	0	0	2	67	0	0	3	
2018	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	1	
2019	0	0	1	14	3	43	3	43	0	0	7	
2020	1	33	0	0	0	0	2	67	0	0	3	
2021	0	0	1	20	0	0	1	20	3	60	5	
2022	2	33	2	33	0	0	2	33	0	0	6	
2023	1	50	0	0	1	50	0	0	0	0	2	
2024	2	33	1	17	0	0	0	0	3	50	6	
2025	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	1	
Total (n/%)	8	18	11	24	6	13	10	22	10	22	45	100

Adicionalmente, de la Tabla 1 se desprende que el 24% de los artículos proviene de América del Norte ($n=11$), el 22% de Asia y Europa ($n=10$), seguidos por África con 18% ($n=8$) y América del Sur con 13% ($n=6$).

En la Figura 1 se presenta un gráfico circular que facilita la identificación precisa de los conceptos que predominan en la investigación sobre excelencia operativa en laboratorios y sectores relacionados. Al examinar el gráfico, Lean destaca con 14 menciones, lo que, valida su lugar como la metodología más extendida y aplicada en diversos contextos. Cerca se encuentra Clinical Laboratory, que cuenta con 13 registros, lo que indica que una porción significativa de la literatura se centra específicamente en el ámbito clínico y de salud. En tercer lugar, está Six Sigma, con 11 menciones, seguido de Lean Six Sigma y 5S Methodology, los dos con 9 registros. Este segmento muestra la manera en que los investigadores han indagado tanto la aplicación independiente de Six Sigma, su combinación con Lean y métodos de organización y disciplina. Otros conceptos, entre ellos, Quality Control (8 menciones), Continuous improvement y Kaizen (7 cada uno), y Tiempo de Respuesta (7), también muestran importancia, especialmente relacionados con la evaluación del rendimiento. Finalmente, DMAIC se presenta con menos regularidad (4 menciones), pero mantiene su relevancia como herramienta organizada en Six Sigma. En conjunto, estos hallazgos indican que las metodologías más reconocidas a nivel mundial predominan en la literatura y abarcan más del 75% del total.

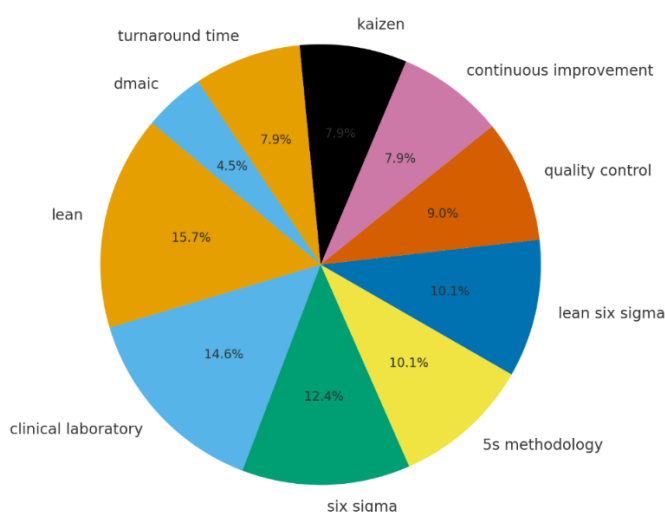


Figura 1. Distribución global de investigaciones por conceptos clave Top 10. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2, el diagrama de barras presenta una visión más nítida de la distribución regional de los estudios. América se destaca como el continente con la mayor variedad de metodologías documentadas, con un notable énfasis en Lean y Clinical Laboratory, cada uno con 6 referencias, y una notable presencia de Six Sigma, Lean Six Sigma y Control de Calidad. Este patrón indica que, en América, la investigación integra enfoques metodológicos tradicionales junto con aplicaciones en contextos clínicos. En Europa, la distribución se ve más equilibrada, resaltando Lean con 3 menciones y Turnaround Time igualmente con 3, además de contribuciones en Kaizen, DMAIC y Control de Calidad. Esto muestra un interés por optimizar la eficacia de los procedimientos y los tiempos de respuesta en áreas de gran regulación. En Asia, los conceptos más comunes son 5S, Kaizen, Six Sigma y Control de Calidad, lo que demuestra un enfoque práctico en la organización, la disciplina y la

mejora de la producción. África, aunque en menor medida, también muestra su participación en metodologías estructuradas como Lean, Lean Six Sigma y Six Sigma, lo que indica una disposición hacia prácticas de gestión que robustecen procesos en laboratorios e industrias en desarrollo.

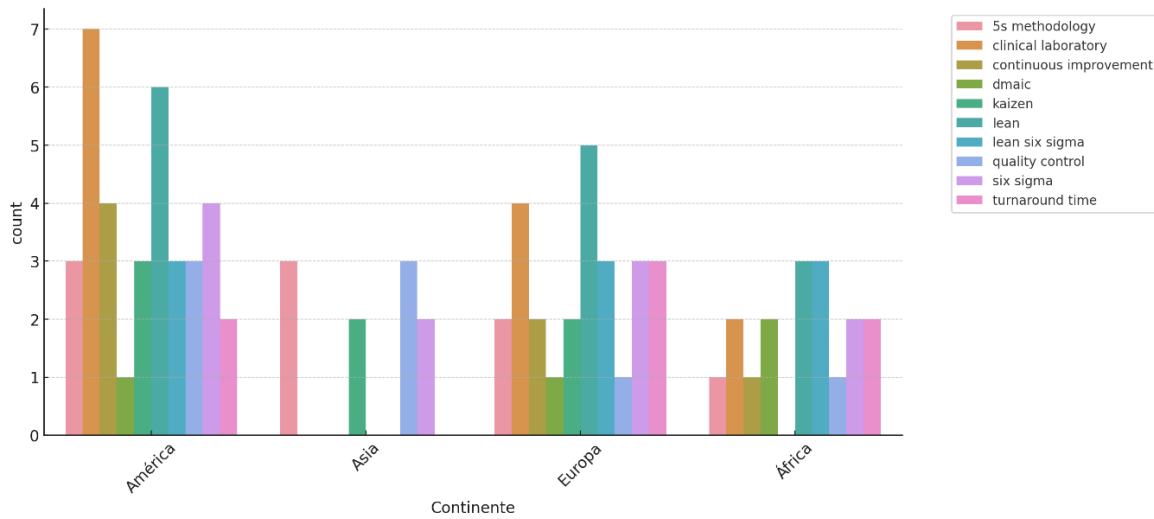


Figura 2. Contribuciones de conceptos clave por continente Top 10. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3 se muestra un mapa de calor que proporciona un nivel de detalle superior, facilitando la identificación de la especialización temática de ciertos países. Estados Unidos se posiciona como un actor clave, con aportes en Lean, Clinical Laboratory, Kaizen y especialmente en Lean Six Sigma, lo que reafirma un enfoque completo hacia la optimización de procesos en los ámbitos de salud y manufactura avanzada. En Colombia, las indagaciones se centran en Laboratorio Clínico y Control de Calidad, con la inclusión de Six Sigma, lo que indica una notable preocupación por la fiabilidad y la estandarización de los resultados clínicos. Indonesia exhibe una notable concentración en 5S y Kaizen, dos enfoques que destacan la disciplina organizacional y la mejora continua, posiblemente asociados a sectores productivos y educativos. Turquía, por su parte, ofrece contribuciones en Lean y Six Sigma, relacionadas con su creciente crecimiento industrial. Finalmente, otros países de América Latina como México, Chile y Ecuador, a pesar de no estar mencionados en el extracto parcial, presentan un patrón recurrente en Lean y 5S, mostrando la influencia de estas metodologías en minería, producción y capacitación técnica.

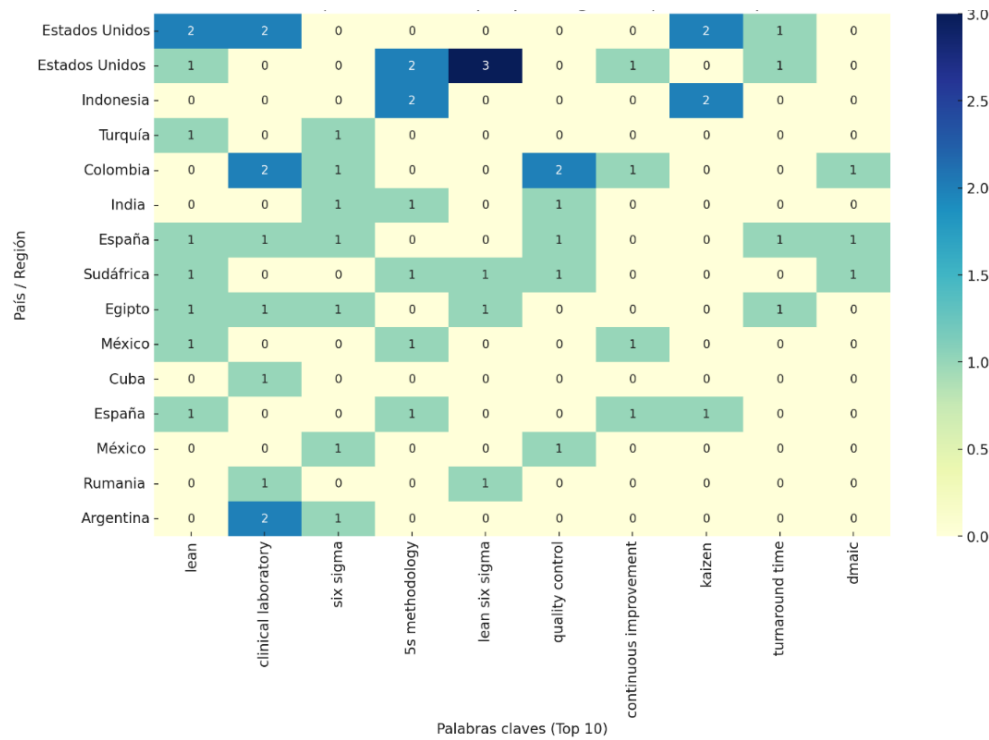


Figura 3. Frecuencia de palabras clave por país/región Top 10. Fuente: Elaboración propia.

Además, se presentan los resultados de 4 preguntas que consideran todos los artículos y que permiten describir las características fundamentales de los 45 artículos.

¿Cuál es el tema central de los trabajos?

Las investigaciones analizadas coinciden en la adecuación de metodologías industriales como Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma (LSS) y 5S a entornos de laboratorio clínico, académico e industrial, mostrando avances significativos en eficiencia, disminución de desperdicios y mejora de tiempos de respuesta. La combinación de metodologías, desde 5S y Kaizen hasta la aplicación de métricas sigma, ha facilitado la adaptación de prácticas de fabricación a contextos regulados y complejos, asegurando estándares de calidad y seguridad. No obstante, se perciben discrepancias en la integración de indicadores clínicos y en la permanencia de los resultados, además de faltas en la evaluación a largo plazo del efecto cultural y organizacional.

La novedad de las aportaciones reside en la creación de marcos metodológicos combinados y en la verificación empírica de su efectividad en industrias que normalmente están distantes de la manufactura. Estas investigaciones mejoran la disciplina al sugerir adaptaciones concretas para etapas clave del proceso (preanalítica, analítica y postanalítica), combinar control estadístico con gestión visual y asociar métricas de calidad a la seguridad del paciente. Metodológicamente, resaltan la utilización estricta de herramientas como DMAIC, análisis de causas raíz, diagramas de flujo de valor y métricas sigma, empleadas de manera sistemática en estudios de caso con pruebas cuantitativas y cualitativas.

En cuanto a proyección, los resultados indican consecuencias relevantes para la reestructuración de procesos en salud, educación e industria, destacando la necesidad de conciliar la estandarización con la flexibilidad adaptativa. La evidencia respalda la inclusión de una cultura de mejora continua como eje fundamental, la capacitación del personal en metodologías de excelencia y la integración de tecnologías automatizadas para maximizar los beneficios. De igual manera, se sugiere que la evaluación continua de indicadores y la incorporación de factores humanos y culturales son fundamentales para asegurar la continuidad de las mejoras aplicadas.

Las líneas de investigación futura incluyen la evaluación longitudinal del impacto de estas metodologías en desempeño, costos y satisfacción de usuarios, la incorporación de indicadores clínicos y de seguridad en la medición de resultados, y el estudio de la interacción entre factores humanos, automatización y excelencia operacional. También se identifica potencial en la transferencia de estos modelos a laboratorios emergentes y de baja complejidad, adaptando las herramientas a sus limitaciones estructurales. Finalmente, se recomienda profundizar en la gestión del cambio organizacional como componente crítico para la adopción efectiva de estrategias Lean, Six Sigma y 5S en entornos no manufactureros.

¿Cuál es el sujeto de estudio?

Los análisis examinados muestran una clara convergencia en la aplicación de metodologías de excelencia operacional, especialmente 5S, Lean y Lean Six Sigma, en laboratorios clínicos, académicos, farmacéuticos e industriales. Se observa que la gran parte de las intervenciones se centra en etapas críticas como la preanalítica y la analítica, donde los fallos humanos, la desorganización y la falta de estandarización ocasionan ineficiencias notables. Igualmente, la inclusión de métricas sigma y de sistemas de gestión de calidad fundamentados en estándares ISO ha posibilitado categorizar rendimientos y respaldar decisiones correctivas. Sin embargo, se observa una falta en la valoración de la sostenibilidad a largo plazo y en la incorporación sistemática de estas prácticas en los programas de formación.

Desde un enfoque académico, las contribuciones se caracterizan por su variedad metodológica y la innovatividad en los contextos de uso, que incluyen desde hospitales de tercer nivel hasta fábricas de impresión 3D. La importancia de la disciplina se encuentra en la adecuación de instrumentos industriales a contextos biomédicos y educativos, afirmando la validez de enfoques interdisciplinarios. Entre las contribuciones más importantes resalta la homogeneización de indicadores de calidad, la verificación de procesos a través de control estadístico y la evidencia de efectos positivos en eficiencia, seguridad y satisfacción del usuario. No obstante, continúa la carencia de investigaciones comparativas multicéntricas que faciliten la creación de marcos de referencia sólidos y reproducibles en diversos países y especialidades.

Desde una perspectiva proyectiva, los resultados indican la necesidad de expandir la investigación hacia la interoperabilidad digital, la aplicación de inteligencia artificial y la automatización parcial como estrategias para disminuir la variabilidad y mejorar la optimización de recursos. Se sugiere además reforzar la educación continua en excelencia operativa, integrándola en los programas de ciencias de la salud e ingeniería, para asegurar habilidades duraderas. Desde una perspectiva práctica, las próximas áreas de enfoque deben enfocarse en desarrollar políticas de calidad a nivel institucional y nacional, implementar benchmarking entre laboratorios y analizar la conexión entre

las mejoras operativas y los resultados clínicos específicos. Esto podría situar a los laboratorios como líderes en eficiencia, seguridad y competitividad global.

¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en las investigaciones?

Los estudios examinados muestran una convergencia en la metodología al utilizar marcos como 5S, Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma, que a menudo se relacionan mediante el ciclo DMAIC. La combinación de métodos cualitativos, como la observación, las entrevistas y el análisis documental, junto con métodos cuantitativos, que incluyen mediciones de tiempos, métricas sigma y pruebas estadísticas, facilita tanto la detección de ineficiencias como la confirmación de mejoras. Se aprecian diferencias en la profundidad experimental: mientras ciertos estudios utilizan diseños prospectivos o cuasi-experimentales con significancia estadística, otros se restringen a enfoques descriptivos o teóricos, creando así lagunas en la comparabilidad de resultados.

Desde el punto de vista académico, las aportaciones resaltan por la combinación de técnicas de ingeniería industrial (VSM, Ishikawa, Pareto, control estadístico) con esquemas de gestión de calidad, generando modelos reproducibles en diferentes entornos como laboratorios clínicos, del sector automotriz y en la educación. La originalidad se expresa en la adaptación de normativas internacionales (ISO, CLIA, Westgard) y métricas sigma a contextos concretos, además de incluir análisis sociotécnicos que tratan cultura organizativa, liderazgo y participación. No obstante, sigue habiendo una estandarización limitada en los indicadores y en los criterios de éxito, lo que limita la generalización.

Las consecuencias teóricas indican la urgencia de modelos mixtos que combinen la eliminación de desperdicios y la disminución de la variabilidad con la administración del cambio organizacional. Los resultados muestran mejoras continuas en eficiencia, seguridad, calidad diagnóstica y satisfacción del personal sin aumento de recursos, lo que refuerza la viabilidad de estas metodologías en entornos con restricciones presupuestarias. Investigaciones futuras deben investigar diseños multicéntricos, comparaciones entre sectores y la aplicación de analítica avanzada para anticipar y evitar desviaciones, reforzando así la base empírica y predictiva del ámbito.

Se identifican líneas de investigación futura orientadas a la evaluación longitudinal del impacto cultural de las intervenciones, la incorporación de tecnologías de automatización y la modelización económica del retorno de inversión en excelencia operacional. También se plantea la oportunidad de armonizar metodologías de medición y reporte, de forma que se facilite la comparación internacional y se optimice la transferencia de buenas prácticas. El abordaje interdisciplinario, que incluya expertos en procesos, datos y gestión humana, emerge como condición clave para sostener los logros y escalar las mejoras a sistemas complejos.

¿En qué contexto, sector o región se desarrollan estas investigaciones?

Los estudios revisados muestran una clara convergencia en la aplicación de metodologías de excelencia operacional, 5S, Kaizen, Lean y Six Sigma en laboratorios clínicos, académicos, farmacéuticos e industriales, adaptadas a contextos diversos como hospitales de alta complejidad, universidades y plantas productivas. En todos los casos se constata que la estandarización de procesos, la reducción de desperdicios y la reorganización de espacios mejoran la eficiencia operativa y la calidad del servicio, incluso en entornos con recursos limitados. Sin embargo, se identifican divergencias en la profundidad de las intervenciones, así como vacíos en la evaluación longitudinal de la sostenibilidad de los cambios y en la sistematización de indicadores de impacto más allá de lo operativo.

Desde una perspectiva académica, la originalidad de los aportes radica en la traslación de metodologías industriales a entornos biomédicos y educativos, lo que demuestra su versatilidad y pertinencia. La literatura ofrece contribuciones metodológicas significativas, como la integración de métricas sigma para clasificar analitos, el uso de estándares internacionales en países sin marcos propios y la combinación de rediseño de flujos con gestión del cambio organizacional. Esta diversidad de escenarios enriquece el campo disciplinar al evidenciar que la excelencia operacional trasciende sectores y geografías, aunque aún se requieren estudios comparativos multicéntricos que permitan establecer referencias robustas y replicables.

Las proyecciones de este cuerpo de conocimiento sugieren consolidar la interoperabilidad digital, la automatización parcial y el uso de inteligencia artificial para la reducción de errores y la optimización de recursos. Asimismo, se destaca la necesidad de incorporar la formación en excelencia operacional en currículos académicos de ciencias de la salud e ingeniería, fomentando una cultura sostenida de mejora continua. A nivel práctico, futuras investigaciones deberían integrar indicadores de costo-efectividad, impacto social y ambiental, además de establecer marcos regulatorios nacionales que garanticen benchmarking interlaboratorio. Estas líneas permitirían posicionar a los laboratorios como referentes regionales e internacionales en eficiencia, calidad y sostenibilidad.

3.2 Discusión de resultados

Los resultados de este estudio se alinean con lo reportado en la literatura, la cual evidencia que las organizaciones, y en particular los laboratorios, enfrentan una creciente presión por mejorar su eficiencia operativa para reducir costos y asegurar su sostenibilidad en el mundo (George, 2003; Durur, 2016). En este contexto, los hallazgos del presente análisis ratifican que la excelencia operacional se ha consolidado como un eje estratégico de investigación a nivel global, concentrándose principalmente en América del Norte y del Sur (37%), con un aumento significativo de publicaciones en 2019 con 7 artículos de 45. Esta tendencia muestra una unificación de habilidades investigativas y una notable inclinación hacia la eficiencia y la calidad en contextos industriales y clínicos.

Lean se presenta como la metodología más extendida (15,7%), concordando con lo mencionado por Binellas et al (2024) a nivel global, donde menciona a Lean como la metodología más recurrente en el mundo, seguida por el concepto Clinical Laboratory (14,6%) y Six Sigma (12,4%), lo que demuestra la inclinación por enfoques que integran eficiencia operativa y control de calidad. La inclusión de Lean Six Sigma, 5S y Kaizen señala un avance hacia enfoques integrados de optimización continua y evaluación del rendimiento.

A nivel regional, América destaca en variedad metodológica (Díaz-Bojacá, 2019; Carchio, 2019; Lino, 2023). Europa se enfoca en la mejora de procesos regulados y Asia resalta por su enfoque riguroso en 5S y Kaizen. África, aunque emergente, empieza a incorporar estas costumbres. A nivel nacional, Estados Unidos y naciones latinoamericanas como Colombia, México, Chile y Ecuador presentan progresos que refuerzan una inclinación global hacia la eficiencia, estandarización y sostenibilidad en los laboratorios.

¿Cuál es la estrategia de excelencia operacional recomendada en los trabajos?

Los resultados muestran una notable coincidencia sobre la efectividad de metodologías como 5S, Kaizen, Lean y Lean Six Sigma, ajustadas a contextos clínicos, educativos, farmacéuticos e industriales. La mayoría de las investigaciones indican avances medibles en tiempos de respuesta, disminución de errores y mejor aprovechamiento de recursos. En particular, la etapa preanalítica en laboratorios clínicos se presenta como un punto constante de intervención debido a su elevada frecuencia de errores. Esta convergencia de resultados refuerza la consistencia metodológica de las intervenciones en la fase preanalítica, ampliamente reconocida en la literatura como el principal origen de errores en laboratorios clínicos (Durur, 2019). No obstante, aunque ciertos empleos enfatizan la estandarización rigurosa y la métrica sigma como referencia, otros alertan sobre el peligro de la inflexibilidad, proponiendo un equilibrio entre control y adaptabilidad para fomentar la innovación y la habilidad de ajuste.

Desde un enfoque académico, el valor de la disciplina se encuentra en la aplicación de marcos de trabajo industrial a servicios que requieren un alto nivel de conocimiento, lo que potencia la flexibilidad de estas metodologías. Entre las aportaciones más significativas se encuentran la fusión de métricas sigma con normas de Westgard, el uso de DMAIC en procedimientos asistenciales y la unión de Lean con instrumentos de gestión visual y rediseño ergonómico. La singularidad de las investigaciones se evidencia en su habilidad para mostrar efectos concretos, reducción de costos, disminución de errores, aumento de la seguridad de los pacientes y en el fortalecimiento de una

cultura organizacional colaborativa, lo que enriquece el diálogo académico sobre la implementabilidad de estas acciones en entornos regulados y con restricciones de recursos.

Las proyecciones sugieren ampliar la investigación hacia la interoperabilidad digital, la integración con inteligencia artificial y el fortalecimiento de indicadores multidimensionales que incluyan eficiencia, satisfacción del usuario y sostenibilidad ambiental. Asimismo, se plantea la necesidad de institucionalizar la formación en excelencia operacional en programas académicos de ciencias de la salud e ingeniería, fomentando competencias aplicables en distintos sectores. Futuras líneas de trabajo deberían enfocarse en estudios multicéntricos comparativos, la creación de criterios de calidad nacionales basados en métricas sigma y la exploración del impacto de estas metodologías en resultados clínicos y financieros. Con ello, se consolidaría la excelencia operacional como un pilar estratégico de competitividad y confiabilidad en laboratorios contemporáneos.

¿Cuáles son los principales resultados expresados por los artículos considerados en este estudio?

Las investigaciones analizadas evidencian que la implementación de metodologías de excelencia operativa principalmente 5S, Kaizen, Lean y Lean Six Sigma genera mejoras consistentes y medibles en la eficiencia, calidad y seguridad de los procesos en laboratorios clínicos, académicos e industriales. En particular, se reportan reducciones significativas en los tiempos de respuesta, en los errores pre y post-analíticos y en los distintos tipos de desperdicio operativo, junto con una optimización del uso del espacio físico y un fortalecimiento progresivo de la cultura organizacional orientada a la mejora continua. Aunque las métricas Sigma y DMAIC respaldan estadísticamente estos progresos, se perciben deficiencias en la sostenibilidad de las mejoras, restricciones en el control de etapas clave y diferencias de rendimiento entre analitos, lo que indica la urgencia de intervenciones más completas y permanentes.

Estos hallazgos se alinean con la literatura, que documenta la efectividad de las metodologías de excelencia operativa en distintos tipos de laboratorios. En el ámbito clínico, la integración de Lean y automatización permitió aumentar la productividad y reducir los tiempos de entrega en más de un 30% (Trigueiro et al., 2024), mientras que la aplicación de Lean Six Sigma en un laboratorio universitario disminuyó significativamente los tiempos de respuesta y mejoró la confiabilidad de los resultados, sin afectar la seguridad del paciente (Inal et al., 2017). De forma similar, en laboratorios industriales, la implementación de herramientas Lean como 5S y Kanban permitió optimizar el flujo de trabajo, reduciendo movimientos innecesarios y liberando espacio físico, con impactos directos en la eficiencia operativa (Mexicano Santoyo et al., 2023). En conjunto, estos ejemplos refuerzan los resultados del presente estudio y evidencian que el impacto de estas metodologías depende de una implementación sostenida, contextualizada y con mecanismos de seguimiento a largo plazo.

Desde el punto de vista metodológico, la fusión de enfoques Lean con instrumentos de control estadístico y automatización integral ha demostrado gran valor académico, al unir el rediseño de procesos, el control visual y el análisis cuantitativo de errores. La singularidad de ciertos proyectos se basa en ajustar estas metodologías a contextos de recursos escasos o alta complejidad técnica, generando impactos importantes sin grandes inversiones. Sin embargo, sigue habiendo poca atención a los indicadores clínicos y de impacto en el paciente, además de una aplicación limitada de las fases de control en DMAIC, lo que limita la valoración a largo plazo de la eficacia de las mejoras logradas.

Las proyecciones tanto teóricas como prácticas indican que se buscará expandir la aplicación de métricas Six Sigma junto con el análisis de causa raíz y herramientas digitales como inteligencia artificial y automatización, con el fin de mejorar la precisión diagnóstica y la trazabilidad. La implementación consistente de indicadores de variabilidad biológica, gestión visual sofisticada y reconfiguración de espacios indica un posible aumento en la confiabilidad, ergonomía y seguridad. Igualmente, se identifica la imperante necesidad de normalizar protocolos que incorporen etapas pre, analítica y post-analítica con un enfoque integral de administración de la calidad.

Las líneas futuras de investigación deberían centrarse en el seguimiento longitudinal de las mejoras, la medición de impacto en resultados clínicos y en la satisfacción del paciente, así como en la adaptación de estas metodologías a nuevos contextos tecnológicos, como laboratorios digitales e impresión 3D. Es relevante profundizar en estudios comparativos que evalúen la relación costo-beneficio de estas intervenciones y el efecto combinado de herramientas de excelencia operacional y tecnologías emergentes, asegurando así una mejora continua sustentada en datos y con alto valor aplicado en distintos entornos laborales.

¿Cuáles son las restricciones o debilidades de las propuestas consideradas?

Los estudios analizados indican una prevalencia de investigaciones de alcance reducido, enfocadas en casos aislados o plazos breves, lo que limita la generalización y la evaluación de la sostenibilidad. La convergencia se manifiesta en la detección de obstáculos culturales, resistencia al cambio y necesidad de personal cualificado como factores clave que afectan la eficacia de las metodologías Lean, Seis Sigma y 5S en laboratorios. En este sentido, va en la misma línea con lo mencionado por Durur & Akbulut (2019) donde señala explícitamente que la aplicación de metodologías Lean y Six Sigma en laboratorios suele verse condicionada por factores organizacionales, tales como la resistencia al cambio, las barreras culturales y la disponibilidad limitada de personal debidamente capacitado, los cuales impactan directamente en la efectividad de estas iniciativas. Las diferencias se encuentran en el enfoque metodológico, donde ciertos investigadores privilegian métricas operativas, mientras que otros destacan normas analíticas rigurosas, creando variación en la evaluación de resultados y en la replicabilidad de los descubrimientos.

El valor educativo de las investigaciones se encuentra en la descripción minuciosa de las vulnerabilidades estructurales y operativas, proporcionando evidencia empírica sobre la relación entre elementos técnicos, humanos y contextuales en la ejecución de mejoras. La creatividad se refleja en la adaptación de instrumentos industriales a contextos de salud y educación, mientras que las aportaciones metodológicas abarcan la incorporación parcial de sistemas de control estadístico, la personalización de métricas sigma y la combinación con métodos Kaizen. Sin embargo, sigue existiendo la limitada atención a indicadores clínicos y económicos en la valoración global del impacto.

Los resultados indican que para mantener la excelencia operacional en laboratorios es fundamental integrar la evaluación de calidad en cada etapa del proceso, adoptar herramientas digitales de análisis y reforzar la cultura organizacional a través de programas de capacitación continua. La evidencia sugiere la necesidad de acuerdos normativos globales que disminuyan la diversidad de criterios y faciliten comparaciones efectivas. Del mismo modo, la incorporación de análisis de costo-beneficio y de satisfacción del usuario se presenta como una línea de investigación esencial para justificar la inversión en metodologías de mejora.

Las lagunas detectadas abren oportunidades para estudios multicéntricos, de mayor duración y con diseños que permitan aislar el efecto de cada intervención. La aplicación de metodologías Lean Six Sigma combinadas con automatización y gestión visual podría potenciar la reducción de desperdicios y variabilidad, siempre que se adapten a contextos con recursos limitados. A nivel teórico, se propone profundizar en la relación entre madurez organizacional y éxito de implementación, mientras que, en la práctica, la priorización de la fase de control y el monitoreo estadístico continuo emergen como elementos clave para consolidar los avances y evitar el retorno a prácticas ineficientes.

¿Cuáles son las fortalezas de las propuestas consideradas?

Los resultados examinados muestran una notable convergencia en la eficacia de enfoques como 5S, Kaizen, Lean y Six Sigma para mejorar el rendimiento de laboratorios clínicos, farmacéuticos, académicos e industriales. Las experiencias analizadas subrayan la disminución de fallos, tiempos de respuesta y desperdicios, además de la mejora en seguridad, organización y cultura de calidad. A pesar de la amplia adaptabilidad de estas metodologías a diversos contextos, continúan existiendo diferencias en la profundidad de su aplicación y en el nivel de sostenibilidad logrado, lo que pone de manifiesto la necesidad de investigaciones longitudinales que analicen la durabilidad de los cambios y la incorporación de estos enfoques en sistemas nacionales de calidad.

Desde la perspectiva académica, las contribuciones analizadas se caracterizan por la novedad en la utilización de herramientas típicamente industriales en contextos de salud y educación. La esencia disciplinar se encuentra en la fusión de métodos cualitativos, como la gestión visual y la cultura organizativa, junto con métricas cuantitativas sólidas, como la sigmimetría y el control estadístico avanzado. En este sentido, se ratifica lo mencionado por Durur & Akbulut (2019), donde expone de forma explícita que la efectividad de estas metodologías radica en la integración de prácticas cualitativas, como la gestión visual, la estandarización del trabajo y el fortalecimiento de la cultura organizacional, junto con métricas cuantitativas robustas, tales como la sigmimetría y el control estadístico de procesos. Esta integración refuerza la toma de decisiones fundamentadas en evidencia y proporciona marcos metodológicos que pueden replicarse. Igualmente, la organización de prácticas participativas y económicas representa una contribución innovadora que promueve la adopción de las mejoras y su compatibilidad con normativas internacionales como ISO 15189 y CLIA.

Las proyecciones sugieren avanzar hacia la digitalización, la interoperabilidad de datos y el uso de inteligencia artificial para potenciar la eficiencia y la confiabilidad diagnóstica. También se vislumbra la necesidad de incorporar la excelencia operacional en la formación universitaria de ciencias de la salud e ingeniería, fomentando competencias transversales en calidad y gestión de procesos. Futuras líneas de investigación deberían explorar comparaciones multicéntricas, el impacto económico y ambiental de estas metodologías, y la creación de marcos regulatorios nacionales basados en métricas sigma y buenas prácticas internacionales, consolidando así la excelencia operacional como un eje estratégico de competitividad y sostenibilidad en laboratorios contemporáneos.

¿Cuáles son las principales conclusiones o recomendaciones que se presentan en la muestra?

Las investigaciones revisadas demuestran la efectividad de enfoques como 5S, Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma (LSS) para mejorar procesos en laboratorios clínicos, educativos, farmacéuticos y de servicios técnicos. Se identifican coincidencias en la disminución de plazos, optimización de la calidad analítica, aumento de la seguridad y refuerzo del compromiso institucional. Las variaciones se encuentran en el ámbito de aplicación, abarcando etapas concretas como la preanalítica hasta reinversiones completas de procesos y en el nivel de ajuste a entornos con recursos escasos. Las discrepancias señaladas abarcan la perdurabilidad de resultados y la urgencia de incorporar métricas de impacto clínico y social junto con las operativas.

Metodológicamente, las aportaciones se destacan por la adecuación de enfoques industriales a contextos de salud y educación, la fusión sinérgica de herramientas (por ejemplo, Lean con automatización o 5S con Kaizen) y la integración de métricas como la sigmometría analítica para orientar decisiones. La importancia de la disciplina se basa en la evidencia empírica que muestra que, con adaptaciones contextuales, se pueden lograr estándares internacionales incluso en contextos de ingresos medianos o bajos. La originalidad se manifiesta en enfoques de control adaptativo, en rediseños colaborativos de distribuciones y en la incorporación de criterios de variación biológica en la gestión de la calidad.

En la práctica, los resultados indican que una implementación exitosa requiere liderazgo comprometido, formación continua, participación interdepartamental y supervisión constante. La normalización de procesos, la utilización de indicadores multidimensionales y la integración de tecnologías de apoyo fortalecen la sostenibilidad. Se anticipa que la digitalización, la automatización impulsada por inteligencia artificial y la incorporación de análisis de datos expandirán el alcance de estas metodologías, optimizando tanto la eficiencia como la trazabilidad. No obstante, se subraya la importancia de sincronizar las mejoras en las operaciones con los objetivos clínicos, educativos y organizacionales.

Futuras líneas de investigación deberían explorar la interacción entre cultura organizacional y éxito metodológico, el impacto de estas herramientas en indicadores de salud pública, y el desarrollo de modelos híbridos que integren Lean, Six Sigma y principios de sostenibilidad ambiental. Además, sería pertinente realizar estudios longitudinales multicéntricos que evalúen la permanencia de los beneficios y su replicabilidad en distintos sectores. El análisis comparativo de costos, beneficios y barreras de adopción en contextos de alta y baja complejidad permitirá diseñar guías estratégicas más precisas y adaptables a la diversidad de realidades operativas.

¿Cuáles son las oportunidades de mejora a evaluar en nuestro país que pueden inferirse desde los trabajos seleccionados?

Los estudios analizados evidencian una convergencia en la aplicabilidad de metodologías de excelencia operacional, principalmente 5S, Kaizen, Lean y Lean Six Sigma en laboratorios clínicos, universitarios, industriales y de investigación. Coinciden en que su adaptación al contexto chileno requiere integración con regulaciones locales, fortalecimiento del liderazgo y cultura organizacional, y capacitación continua. Se observa consenso en la necesidad de optimizar fases críticas como la preanalítica, estandarizar procesos y reducir desperdicios, incorporando además herramientas

tecnológicas y digitales para mejorar trazabilidad, seguridad y productividad, aunque persisten vacíos en la evaluación longitudinal de la sostenibilidad de las mejoras.

En términos de valor académico, las investigaciones aportan metodologías replicables que integran control estadístico de calidad, sigmimetría y rediseños de flujo, evidenciando originalidad al combinarlas con indicadores clínicos, ergonómicos y de satisfacción del usuario. La literatura destaca contribuciones en la estandarización de métricas nacionales, el benchmarking interlaboratorios y la armonización con estándares internacionales. No obstante, se advierte una dispersión en la aplicación sistemática de estas herramientas y escasa investigación aplicada que relacione mejoras operacionales con resultados clínicos y productivos tangibles.

Las proyecciones teóricas y prácticas sugieren la expansión de estas metodologías hacia sectores no tradicionales como la educación técnica, la agroindustria y la construcción, incorporando alianzas universidad-industria y redes colaborativas. Se plantea profundizar en estudios de costo-efectividad, impacto ambiental y social, así como en el uso de inteligencia artificial y big data para optimizar la toma de decisiones. También se propone institucionalizar la formación en excelencia operacional en currículos académicos y programas de capacitación sectorial para consolidar competencias en todos los niveles organizativos.

Finalmente, se identifican oportunidades de investigación en la integración de métricas sigma y control visual con tecnologías de automatización y sistemas de información interconectados, priorizando la reducción de variabilidad y errores en procesos críticos. La creación de criterios nacionales de calidad, el fortalecimiento de la interoperabilidad de datos y la evaluación en tiempo real emergen como líneas prioritarias para elevar la competitividad y la confianza en los resultados. La adopción sistemática de estas prácticas podría posicionar a los laboratorios chilenos como referentes regionales en calidad, eficiencia y sostenibilidad operacional.

4 Conclusiones

A partir del análisis realizado, se concluye que la implementación de estas metodologías genera un impacto positivo y consistente en la eficiencia operativa, evidenciado principalmente en la reducción de los tiempos de respuesta, la disminución de errores en fases críticas del proceso, la optimización del uso de recursos y la mejora sostenida de la calidad del servicio. Asimismo, el metaanálisis permitió identificar tanto convergencias como divergencias en la aplicación de dichas metodologías entre distintos países y continentes, confirmando que, pese a la diversidad de contextos, existe un núcleo metodológico común que sustenta resultados favorables a nivel global.

El metaanálisis también pone de manifiesto que Lean es la metodología más ampliamente utilizada en la industria de laboratorios, seguida por Six Sigma y el enfoque Lean Six Sigma. En conjunto, estas metodologías concentran más del 75 % de la literatura analizada, lo que refleja su alta relevancia y aceptación a nivel internacional. De forma complementaria, herramientas como 5S y Kaizen, junto con el concepto de Clinical Laboratory, se destacan por su contribución a la estandarización de procesos, la mejora del flujo de trabajo y la reducción sistemática de desperdicios.

La evidencia analizada demuestra que metodologías como Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma, 5S y Kaizen contribuyen de manera significativa a mejorar el desempeño de los laboratorios, independientemente del contexto productivo o geográfico en el que se implementen. No obstante, la magnitud y el enfoque de los efectos observados varían según el nivel de madurez organizacional, la disponibilidad de recursos y el grado de apoyo tecnológico. En entornos con mayores limitaciones, los enfoques híbridos y la aplicación progresiva de herramientas básicas muestran resultados relevantes, mientras que en contextos más avanzados se evidencian beneficios adicionales asociados a la automatización de procesos y al uso de métricas avanzadas para el control de la variabilidad.

El análisis comparativo por regiones permite concluir que existen claras convergencias en los resultados obtenidos, especialmente en términos de mejoras en eficiencia, calidad, seguridad y satisfacción de los usuarios. Sin embargo, también se identifican diferencias en las estrategias de implementación. América presenta una mayor diversidad metodológica con un marcado énfasis en aplicaciones clínicas, siendo además el continente con más artículos en la investigación (37%); Europa prioriza la eficiencia operativa y la reducción de los tiempos de respuesta; Asia se orienta principalmente al uso de herramientas como 5S y Kaizen; mientras que África tiende a adoptar marcos más estructurados y estandarizados, siendo el continente con menos artículos en la investigación (18%). Estas diferencias evidencian la capacidad de adaptación de las metodologías de excelencia operacional a distintos contextos culturales, económicos y organizacionales.

Finalmente, este trabajo contribuye a la comprensión de las variables clave utilizadas a nivel internacional en la implementación de metodologías de excelencia operacional en la industria de laboratorios, tales como la reducción de los tiempos de respuesta, los indicadores de calidad, la disminución de desperdicios, la estandarización de procesos, el fortalecimiento de la cultura organizacional y la capacitación del personal. Asimismo, aporta una visión integradora que facilita la comparación sistemática de enfoques y resultados en diversos contextos geográficos.

4.1 Trabajos futuros

A partir de las brechas identificadas y de los resultados obtenidos, se proponen como líneas de trabajo futuro la ampliación del estudio hacia otras industrias, lo que permitiría realizar análisis comparativos y enriquecer la transferencia de buenas prácticas al ámbito de los laboratorios. Asimismo, se sugiere aumentar el número de artículos analizados para fortalecer la solidez de los resultados y su capacidad de generalización.

Adicionalmente, se recomienda desarrollar estudios focalizados en áreas específicas de los laboratorios y de carácter longitudinal, con el fin de evaluar en mayor profundidad los procesos críticos y la sostenibilidad de los resultados en el tiempo. Finalmente, se plantea la necesidad de avanzar en el desarrollo de indicadores estandarizados, profundizar en la integración de tecnologías emergentes como la automatización y la inteligencia artificial, y abordar estrategias para la gestión de la resistencia cultural al cambio, con el propósito de asegurar una implementación efectiva y sostenida de las metodologías de excelencia operacional.

5 Referencias

- Abass, T., Eruaga, M. A., Itua, E. O., & Bature, J. T. (2024). Advancing food safety through iot: real-time monitoring and control systems. <https://doi.org/10.51594/imsrj.v4i3.919>
- Aboagye, I. A., Valappil, G., Dutta, B., Imbeault-Tétreault, H., Ominski, K. H., Cordeiro, M. R., ... & McAllister, T. A. (2024). An assessment of the environmental sustainability of beef production in Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 104(2), 221-240. <http://dx.doi.org/10.1139/cjas-2023-0077>
- Aguirre-Garcia, Y. L., Nery-Flores, S. D., Campos-Muzquiz, L. G., Flores-Gallegos, A. C., Palomo-Ligas, L., Ascacio-Valdés, J. A., ... & Rodríguez-Herrera, R. (2024). Lactic acid fermentation in the food industry and bio-preservation of food. *Fermentation*, 10(3), 168. <https://doi.org/10.3390/fermentation10030168>
- Aldave-Vasquez, Y., Morales-Vargas, S., & Corzo-Chavez, J. (2024, August). Production Management Model for Waste Reduction Using 5s, Tpm and Poka Yoke Tools in a Peanut Snack Manufacturing Company. In *Proceedings of the World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering, Barcelona, Spain* (pp. 22-24). <http://dx.doi.org/10.11159/icmie24.109>
- Arowosegbe, O. B., Ballali, C., Kofi, K. R., Adeshina, M. K., Agbelusi, J., & Adeshina, M. A. (2024). Combating food waste in the agricultural supply chain: A systematic review of supply chain optimization strategies and their sustainability benefits. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 24(1), 122-140. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.1.3023>
- Balon, U., & Dziadkowiec, J. M. (2024). LEAN MANAGEMENT PRACTICES IN FOOD INDUSTRY: SYNERGIES BETWEEN 5S STEPS AND HACCP PRINCIPLES. *QFFQ* 2024, 13. <http://dx.doi.org/10.2478/9788367405843-003>
- Benites, S. G., Eustaquio, L. T., & Nunez, V. (2024, December). Performance Improvement Model Integrating Lean and Internet of things: A Food Production Case. In *Proceedings of the 10th International Conference on Industrial and Business Engineering* (pp. 20-26). <https://doi.org/10.1145/3716097.3716110>
- Cahyo, A. D., & Amaruddin, H. (2024, February). The Effect of Total Quality Management Implementation on Operational Performance through 5S and Corporate Culture at Food and Beverage Producer. In *The Third International Conference on Government Education Management and Tourism* (Vol. 3).
- Castañeda, S., Rodriguez, S., Yildiz, O., Aranda, D., & Alvarez, J. (2023). Enhancing Machinery Availability in a Food Company: An Integrated Approach Using TPM, SMED, and RCM Methodologies. *SMED, and RCM Methodologies* (May 10, 2023). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4847662>
- Castro, B. L. L., & Ternera-Muñoz, Y. (2024). Lean Philosophy “Quick Wins”: A Case Study in a Non-alcoholic Beverage Company. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61060-8_20
- Cervantes, C., Kikushima, A., & Flores-Perez, A. (2023). Improvement Proposal Applying SLP and 5S in the Confectionery Industry: Case of a SME in Peru.
- Cherie, N., Gebrehiwot, M., Girma, E., & Tadesse, A. (2024). Improving laboratory turnaround times in clinical settings: A systematic review of the impact of lean methodology application. *PLOS ONE*, 19(6), e0312033. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312033>

- Davoudi, S., Stasinopoulos, P., & Shiwakoti, N. (2024). Two decades of advancements in cold supply chain logistics for reducing food waste: A review with focus on the meat industry. *Sustainability*, 16(16), 6986. <https://doi.org/10.3390/su16166986>
- Dias, A. S., Navas, H., & Abreu, A. (2019). Design of a continuous improvement model in a Portuguese food industry company—a case study. <http://hdl.handle.net/10400.21/11172>
- dos Santos, W. Q., McDermott, O., & Trubetskaya, A. (2025). Lean Six Sigma 4.0 Application in the Food and Beverage Industry: A Case Study. <https://doi.org/10.1109/EMR.2025.3538268>
- Durur, F. (2016). Lean methodology for pathology laboratories: A case study. *Turkish Journal of Pathology*, 32(3), 201–206. <https://doi.org/10.5146/tjpath.2016.01394>
- Ertuğrul, G. Ö., Aygün, İ., & Urkan, E. (2025). A Study Examining the Potential of the 5S Methodology for Improving Efficiency in Agricultural Production Processes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 13(3), 587-593. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i3.587-593.7503>
- Ferdian, R., & Budi, A. S. (2024, December). Quality Analysis of Nital Etch Inspection Process With Six Sigma and Kaizen Approach to Reduce Product Defects. In *Widyatama International Conference on Engineering 2024 (WICOENG 2024)* (pp. 283-292). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-618-5_30
- Fernández Torres, M. A., Pultay, C., Elizabeth, F., & Loja Herrera, P. M. (2024). Application of Total Productive Maintenance (TPM) and 5'S to increase the availability of a ham packaging line of a food company. <https://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2024.1.1.521>
- George, A. S. (2024). Leveraging industry 4.0 for efficiency gains in food production. *Partners Universal International Research Journal*, 3(1), 86-108. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10823006>
- George, M. L. (2003). *Lean Six Sigma for service: How to use Lean Speed and Six Sigma Quality to improve services and transactions*. McGraw-Hill.
- Hasan, M. R., Molla, S., & Siddique, I. M. (2024). Next-gen production excellence: a deep simulation perspective on process improvement. *Journals of mechatronics machine design and manufacturing*, 6(1), 7-20. <https://doi.org/10.46610/JMMDM.2024.v06i01.002>
- Hoces-Antesana, K. S., & Guerrero-Villa, C. D. (2024, October). Implementing Lean Six Sigma to Enhance Operational Efficiency and Reduce Waste in Essential Food Storage SMEs: A Case Study. In *Proceedings of the 1st World Congress on Industrial Engineering and Operations Management (Paper No. WC01. 20240026)*. IEOM Society International. <https://doi.org/10.46254/WC01.20240026>
- Inal, T. C., Goruroglu Ozturk, O., Kibar, F., Cetiner, S., Matyar, S., Daglioglu, G., & Baylan, O. (2018). Lean six sigma methodologies improve clinical laboratory efficiency and reduce turnaround times. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 32(1), e22180. <https://doi.org/10.1002/jcla.22180>
- Iselda Ferrer-Blas, R., Galarcep-Barba, I., & Carlos Solano-Gaviño, J. (2024). Lean Manufacturing in food production: Systematic review, bibliometric analysis and proposed application. *Scientia Agropecuaria*, 15(4). <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.042>
- Jamil, N., Hasan, M. Z., Yaacob, T. Z., Omain, S. Z., & Zakuan, N. (2025). Integrating Green Lean Six Sigma for Sustainable Operational Excellence: A Review of Applications in Malaysia's Food and Beverage Industry. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBSS/v15-i6/25671>

- Kadir, A. M. Y., Amar, K., & Asmal, S. (2024). A Design of Procurement Managing Tool Based on the Lean Six Sigma-DMADV: A Case Study of an Indonesian Fishery Company. *Quality-Access to Success*, 25(199). <http://dx.doi.org/10.47750/QAS/25.199.15>
- Lippi, G., Becan-McBride, K., Behúlová, D., Bowen, R. A. R., Church, S., Delanghe, J., ... Simundic, A. M. (2012). Preanalytical quality improvement: In quality we trust. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 50(3), 229–241. <https://doi.org/10.1515/cclm-2011-0651>
- Matindana, J. M., & Shoshiwa, M. J. (2025). Lean manufacturing implementation in food and beverage SMEs in Tanzania: using structural equation modelling (SEM). *Management System Engineering*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s44176-025-00036-3>
- Mbugua, A. N., Ngugi, P. K., Thogori, M., & Mwangi, P. (2024). OPERATIONS MANAGEMENT AND PERFORMANCE OF FOOD AND BEVERAGE MANUFACTURING FIRMS IN KENYA. *International Journal of Social Sciences Management and Entrepreneurship (IJSSME)*, 8(3).
- McDermott, O., Moloney, C., Noonan, J., & Rosa, A. (2024). Green Lean Six Sigma in the food industry: a systematic literature review. *British Food Journal*, 126(13), 455-469. <https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2024-0100>
- Mendoza-Sotomayor, R., Sabogal-Arias, J. A., & Quiroz-Flores, J. C. (2024). Optimizing Beverage Manufacturing: Integrating Lean Manufacturing and Machine Learning to Enhance Efficiency and Reduce Waste. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V72I11P118>
- Morais, K. M., Lara, H. S., & Brito, J. N. (2024). Aplicação da metodologia Kaizen em emulsificador de uma indústria do ramo alimentício: estudo de caso. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(9), e6781-e6781. <http://dx.doi.org/10.55905/oelv22n9-138>
- Mostafa, N. A., & Ahmed, K. (2024). Using Lean Manufacturing Approach for Improvement in Food Manufacturing: Case Study from Egypt. <https://doi.org/10.46254/AN14.20240596>
- Pitjarnit, S., Jewpanya, P., & Nuangpirom, P. (2024). Enhancing Lean-Kaizen practices through IoT and automation: A comprehensive analysis with simulation modeling in the Thai food industry. *Engineering and Applied Science Research*, 51(3), 286-299. <http://dx.doi.org/10.14456/easr.2024.28>
- Plebani, M. (2010). Errors in clinical laboratories or errors in laboratory medicine? *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 48(6), 750–759. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2010.170>
- Rathi, S. S., Sahu, M. K., & Kumar, S. (2024). Implementation of lean manufacturing methods to improve rolling mill productivity. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 11(111), 243. <http://dx.doi.org/10.19101/IJATEE.2023.10102004>
- Russo, G. L., Langellotti, A. L., Torrieri, E., & Masi, P. (2024). Emerging technologies in seafood processing: An overview of innovations reshaping the aquatic food industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1), e13281. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13281>
- Setiawan, S., Affandi, N., & Umalihayati, U. (2025). Implementation of the Lean Six Sigma Method to Improve Product Quality in the Food and Beverage Industry. *Indonesian Interdisciplinary Journal of Sharia Economics (IJSSE)*, 8(2), 3695-3707.
- Shahzad, K., Helo, P., Ranta, M., & Nousiainen, E. (2024). Blockchain technology for operational excellence and supply chain resilience: a framework based on use cases and an architecture demonstration. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/09537325.2024.2304698>

- Silva, C. W. C., & Warnapura, H. H. S. C. (2021). Impact of lean manufacturing practices on operational and business performance: evidence from sri lankan food industry. *Sri Lanka Journal of Social Sciences and Humanities*, 1(2). <https://doi.org/10.4038/sljssh.v1i2.39>
- Sodkomkham, T., Ratanatamskul, C., & Chandrachai, A. (2024). A novel integrated material flow cost accounting (MFCA)-IoT-lean management system approach to improving water use efficiency and reducing costs in the beverage industry. *Cleaner Environmental Systems*, 15, 100232. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2024.100232>
- Soltaninejad, M., Aghazadeh, R., Shaghghi, S., & El-Zarei, M. F. (2024). Using machine learning techniques to forecast Mehram company's sales: A case study. *Journal of Business and Management Studies*, 6(2), 42. <https://doi.org/10.32996/jbms>
- Sri Vigna Hema, V., & Manickavasagan, A. (2024). Blockchain implementation for food safety in supply chain: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(5), e70002. <http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.70002>
- Stapelbroek, M., Kilic, O. A., Yang, Y., & Van Donk, D. P. (2024). Eliminating production losses in changeover operations: a case study on a major European food manufacturer. *Production Planning & Control*, 35(8), 794-807. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2136041>
- Szczyrba, A., & Ingaldi, M. (2024). Implementation of the FMEA Method as a Support for the HACCP System in the Polish Food Industry. *Management Systems in Production Engineering*. <http://dx.doi.org/10.2478/mspe-2024-0034>
- Szelenberger, R., Cichoń, N., Zajaczkowski, W., & Bijak, M. (2024). Application of Biosensors for the Detection of Mycotoxins for the Improvement of Food Safety. *Toxins*, 16(6), 249. <https://doi.org/10.3390/toxins16060249>
- Taher, M. A., & Bashar, M. A. (2024). The impact of lean manufacturing concepts on industrial processes' efficiency and waste reduction. *International Journal of Progressive Research in Engineering Management and Science*, 4(6), 338-349.
- Tassara-Chumbiauca, S. B., & Gordillo-Egúsquiza, M. R. (2024). Integrating Lean Manufacturing and TPM for Production Efficiency Improvement: A Peruvian Case Study in the Bottled Water Industry. <https://doi.org/10.46254/IN04.20240026>
- Trevisan, C., Formentini, M., & Pullman, M. (2024). Is wasted food just waste? Reconceptualising food loss and waste in operations and supply chain management research and practice. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2023-0471>
- Trubetskaya, A., Ryan, A., Powell, D. J., & Moore, C. (2024). Utilising a hybrid DMAIC/TAM model to optimise annual maintenance shutdown performance in the dairy industry: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(8), 70-92. <http://dx.doi.org/10.1108/IJLSS-05-2023-0083>
- Valverde-Curi, H., De-La-Cruz-Angles, A., Cano-Lazarte, M., Alvarez, J. M., & Raymundo-Ibañez, C. (2019, September). Lean management model for waste reduction in the production area of a food processing and preservation SME. In *Proceedings of the 5th International Conference on Industrial and Business Engineering* (pp. 256-260). <https://doi.org/10.1145/3364335.3364378>

- Wibisono, D. A. S., Saw, C. Y., Wu, T. Y., & Chau, C. F. (2025). Advancing industrial food byproduct management: strategies, technologies, and Progress in waste reduction. *Processes*, 13(1), 84. <https://doi.org/10.3390/pr13010084>
- Widiwati, I. T. B., Liman, S. D., & Nurprihatin, F. (2024). The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry. *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.01.022>
- Wilson, E., Amgbari, C., & Jacob, U. (2024). Hybrid implementation of total productive maintenance (TPM): A case study of a brewery. *International Journal of Applied and Advanced Engineering Research*.
- Wulandari, I. A. S., Hanun, N. R., & Cahyana, A. S. (2024). A Model for Enhancing Environmental Performance by Integrating Lean and Green Productivity Concept: A Case Study of Food Production. *Jurnal Teknik Industri*, 25(1), 83-96. <https://doi.org/10.22219/JTIUMM.Vol25.No1.83-96>

6 Anexo 1: Revisión de plagio






19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

▸ Bibliografía

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

7 Anexo 2: Distribución de artículos con año de publicación, país desde el que se publica, autores y palabras clave.

Año de publicación	País desde el que publica el autor principal	Nombre de autor principal	Palabra clave 1	Palabra clave 2	Palabra clave 3	Palabra clave 4	Palabra clave 5	Palabra clave 6
2024	Eslovaquia	Charalambos S. Binellas	quality improvement	5S	kaizen	laboratory	pharmaceutical industry	quality management
2021	Serbia	Pablo Letelier	clinical laboratory	Lean methodology	pre-analytical phase	workflow optimization	turnaround time	process improvement
2019	Ecuador	Diana Bojacá	lean manufacturing	lean en laboratorios	lean en educación superior	Kaizen	Mejora continua	--
2022	México	Ariadna Sol Aldaz Pachacama	metodología 5S	procesos	almacén	propuesta	productividad	--
2020	Sudáfrica	Mothibeli Joseph Pita	5S methodology	mechanical engineering laboratories	workspace optimisation	safety improvement	equipment utilisation	lean manufacturing
2020	Indonesia	Ranu Iskandar	Automotive Laboratory	Seiri	Seiton	Seiso	Seiketsu	Shitsuke
2015	España	Jiménez Calzado, Mariano	5S	lean manufacturing	continuos improvement	safety	Kaizen	TPM
2013	España	Pineda-Tenor, Daniel	Seis Sigma	Laboratorio clínico	Gestión de calidad total	DMAIC	Control de calidad	Variabilidad
2012	Sudáfrica	Cloete, Bronwyn C.	Lean Six Sigma	Selenium analysis	Process improvement	DMAIC	Quality control	Veterinary laboratory
2013	Uganda	M. Etbireer	laboratory improvement	mentorship	quality management	resource-limited settings	clinical laboratories	capacity building
2023	Marruecos	Omani Mohamed	Lean Six Sigma	medical analysis laboratory	continuos improvement	DMAIC	process optimization	urgent requests
2017	Indonesia	Amarria Dila Sari	5S	laboratory	management	waste	Kaizen	ergonomics
2024	Costa de Marfil	Koffi Akissi Joelle	Six Sigma	Quality Controls	Bias	Imprecision	Total Allowable Error	--
2020	China	Bingfei Zhou	quality assurance	quality control	quality goal index	root cause analysis	Six Sigma	--
2019	Turquía	Fatih Durur	Cost	Efficiency	Lean methodology	Management	Pathology laboratories	Waste
2009	Colombia	Porrás, Aída	Six Sigma	Sigmometría Analítica	Error Total	Control de Calidad	Laboratorio Clínico	DMAIC
2019	Argentina	Stella Maris Carchio	Seis Sigma	Laboratorio Clínico	Indicadores de calidad	Métricas	Quality indicators	Clinical Laboratory
2017	Turquía	Tamer C. Inal	medical error	pre-analytical	process flow	quality improvement	quality management	workflow
2024	Portugal	Graça Trigueiro	turnaround time	productivity	lean principles	laboratory automation	change management	--
2024	México	Adriana Mexicano Santoyo	Lean manufacturing	continuous improvement	redistribution.	--	--	--
2023	Colombia	William Lino	Calidad	Laboratorio clínico	metodología Lean	Seis-Sigma	--	--
2022	Egipto	Islam Ibrahim	Lean	Six sigma	Turnaround time	Timeliness	Clinical laboratory	University hospital
2021	Rumania	Simona Andreea Apostu	Lean Six Sigma	Healthcare	Clinical laboratory	Bibliometric analysis	Regression analysis	Process optimization
2021	Estados Unidos	Faisal M Huq Ronny	Clinical pathology	Clinical chemistry	Specimen receiving	Turnaround time	Improvement	Lean Six Sigma
2019	Colombia	Sorany Cristina Salazar-Agudelo	Sigma	Control de calidad	Inmunológica	Laboratorio	Mejora continua	Estandarización
2021	India	Renuka Bangalore Nagaraj	IQC	Analytical errors	Hematological parameters	Six sigma	Quality control	Clinical hematology
2017	México	Mario Galindo-Méndez	Seis Sigma	Variabilidad biológica	Control de calidad	Clinical Laboratory Improvement Amendments (CLIA)	Química clínica	Sigmametría
2019	Turquía	Orçun Zorbozan	Six-sigma	quality indicators	pre-analytical process	parasitology	laboratory errors	patient safety
2019	Cuba	Espedes Quevedo, María Cristina	laboratorio clínico	calidad en laboratorio clínico	cálculo del error total	métrica seis sigma	clinical laboratory quality	total error calculation
2022	India	Singh, Manisha	5S	lean healthcare	clinical/biochemistry laboratory	government healthcare	quality	workplace organization
2012	Estados Unidos	Lisa M. Yerian	Kaizen	Lean	Waste	Technologist	Laboratory design	Standard work
2006	Estados Unidos	David A. Novis	Quality assurance	Errors	Toyota Production System	Lean production	Benchmarking	Clinical laboratory
2024	España	Raquel Acero	microbiology laboratory	automation	serology	Lean	Turnaround time	healthcare
2022	Estados Unidos	Octavio Zavala Castro	Lean Six Sigma	DMAIC project	5S	visual control	standardized work	Total Productive Maintenance
2022	Egipto	Salwa H. Gomaa	laboratory request	Lean Six Sigma	misutilization of laboratory tests	quality improvement	--	--
2018	Estados Unidos	Mercy Ebuetsie	5S	Lean Manufacturing	Continuous Improvement	Standardization	Lean Six Sigma	Educational Laboratory
2025	Spain	David Sancho	healthcare	microbiology laboratory	clinical laboratory	lean six sigma	efficiency	quality
2013	Reino Unido	Simon Withers	lean management	industrial engineering	automation technology	value added	process efficiency	testing process
2019	India	Kavita Aggarwal	Bias	Imprecision	Method decision chart	Quality control	Quality Goal Index	Sigma metrics
2014	Estados Unidos	P. Shawn Mitchell	Lean principles	Clinical laboratory	Molecular diagnostics	Workflow improvement	Kaizen	Turnaround time
2015	Estados Unidos	Benjamin A. White	Lean	Process Improvement	Systems Engineering	ED Performance	Laboratory Testing	Emergency Department
2024	Etiopía	Negesse Cherie	Lean methodology	Turnaround time	Clinical laboratory	Process optimization	Waste reduction	Healthcare efficiency
2021	Irlanda	Brian Byrne	Lean	Six Sigma	Lean Six Sigma	continuous improvement	pharmaceutical	problem solving
2022	Indonesia	Ahmad Padhill	Facilities layout	5S	Conventional layout planning	Laboratory layout	Kaizen	Testing laboratory
2005	Brasil	Fernando de Almeida Berlitz	Seis Sigma	Métrica sigma	BIAS	Exatidão	Precisão	Qualidade