

Kaizen for adjusting production processes with continuous improvement in industries: a systematic review

Alex Juan Joño Macetas, Industrial engineering student¹, Sergio Elvis Molle Collatupa, Industrial engineering student², y Juan Manuel Vásquez Espinoza³

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1628053@utp.edu.pe, Orcid, <https://orcid.org/0009-0008-8788-1731>.



²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17303085@utp.edu.pe, Orcid, <https://orcid.org/0009-0003-7954-2266>.

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, C21208@utp.edu.pe, Orcid, <https://orcid.org/0000-0002-1678-1361>.

Abstract– Most of the companies present difficulties that afflict the productive activities, essentially in their main process, with deficiencies in the management and adoption of a new system. This review aims to identify a lean manufacturing technique that provides higher productivity and continuous improvement to reduce errors. Method: 187 articles were examined in Scopus under a selection structure, of which 24 met the criteria established for filtering. Results: the most employed techniques that have improved processes in different sectors and industries, in addition, the main problems that affect the expected objectives of industrial companies were shown. Conclusions: Data treatment, the 5s and VSM present the greatest use to eliminate errors in the processes and achieve the objectives in terms of quality, flexibility, efficiency, effectiveness, costs, resource management and time based on the sectors, where they manifest the greatest frequency of use, such as manufacturing, mechanical and iron and steel.

Keywords– Kaizen, industries, processes, lean manufacturing, defects.

Kaizen para ajustar los procesos productivos con mejora continua en las industrias: una revisión sistemática

Alex Juan Joño Macetas, Estudiante de Ingeniería Industrial¹, Sergio Elvis Molle Collatupa, Estudiante de Ingeniería Industrial², y Juan Manuel Vásquez Espinoza³

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1628053@utp.edu.pe, Orcid, <https://orcid.org/0009-0008-8788-1731>.

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17303085@utp.edu.pe, Orcid, <https://orcid.org/0009-0003-7954-2266>.

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, C21208@utp.edu.pe, Orcid, <https://orcid.org/0000-0002-1678-1361>.

Resumen— La mayoría de las empresas presentan dificultades que aquejan las actividades productivas, esencialmente en su proceso principal, con deficiencias en gestionar y adoptar un sistema nuevo. Esta revisión tiene como objetivo identificar una técnica del lean manufacturing que proporcione una mayor productividad y mejora continua para reducir errores. Método: se examinaron 187 artículos en Scopus bajo una estructura de selección, de los cuales 24 cumplieron con los criterios establecidos para el filtrado. Resultados: mostraron las técnicas más empleadas que han mejorado los procesos en distintos sectores e industrias, además, los principales problemas que afectan los objetivos esperados de las empresas industriales. Conclusiones: El procesamiento de datos, las 5s y el VSM presentan el mayor uso para eliminar los errores en los procesos y alcanzar los objetivos respecto a la calidad, flexibilidad, eficiencia, eficacia, costos, manejo de recursos y tiempo en base a los sectores, donde más frecuencia de utilización manifiestan, como son el manufacturero, mecánico y siderúrgico.

Palabras clave— Kaizen, industrias, procesos, lean manufacturing, defectos.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día hablar de kaizen es muy poco usual, en cambio hablar de Lean manufacturing es muy común, pero en el trasfondo hay mucho por entender y aplicar. Primero saber que su origen proviene por la idea de Henry Ford que tuvo en su innovadora implementación de un nuevo sistema de manufactura en sus procesos de su propia empresa automotriz, de ahí lo adopto las industrias de Japón después de la segunda guerra mundial y así con el tiempo llegaron a los gurús de la ingeniería industrial moderna que dieron nacimiento al Sistema de producción Toyota (SPT), que de ahí adopto el nombre de Lean manufacturing. Segundo saber que las bases del Lean manufacturing son un conjunto de sistemas de gestión y filosofías como por ejemplo jidoka, jit, gestión visual, 5s, kaizen, etc. de los cuales en este texto nos enfocaremos en la filosofía kaizen que traducido al español significaría mejora continua el cual es clave para llegar a la excelencia industrial.

Sin embargo, en la actualidad solo la mayoría de las grandes empresas hacen uso completo de todos los sistemas de gestión del lean manufacturing y las medianas y pequeñas empresas o no los usan o solo usan algunos como las 5s, Kanban, jit, etc. Las cuales son las más fáciles de adoptarlas, pero aun así el principal problema no es adoptar la gestión del

lean manufacturing, sino mantenerlo en el tiempo e ir mejorándolo poco a poco con las herramientas que los empleados de la industria puedan innovar o con las nuevas tendencias que puedan salir al mercado [18]. Lamentablemente lograr esto implicaría que los empleados desde el más novato hasta el gerente deben estar siempre con la idea de mejorar los procesos en los que laboran, pero no es algo que ocurra en casi todas las empresas. Y para poder contribuir con el mundo de las industrias es necesario esta informado de la importancia y el correcto uso del kaizen dentro del lean manufacturing y conocer ejemplos de la aplicación de esta en los diferentes tipos de industria y no solo de carácter industrial de producción sino también en las industrias de servicios, financieras, etc. Desafortunadamente, la cantidad de las empresas que replican el kaizen es muy moderada, centrándose en la industria manufacturera y el sector de atención y salud, los cuales son de vital interés para el desarrollo socioeconómico.

En vista de que cualquier industria desea obtener efectos positivos en su proceso principal para garantizar su competitividad frente a otras industrias y, en consecuencia, alcanzar una excelencia operacional. Conforme a los enfoques evidenciados para conseguir un nivel de excelencia operativa, el kaizen sobresale por mantener una mejora continua constante. De acuerdo con, las investigaciones precedentes en el impacto y correcto empleo del kaizen incrementaría el cumplimiento de los objetivos principales de las organizaciones de mejorar la gestión de procesos y operaciones significativos [10]. Por tal motivo, es indispensable analizar a detalle el kaizen para mejorar la efectividad y la productividad, generando de este modo reducir costos, tiempos muertos y manejo de recursos. Es importante resaltar que el uso del kaizen proporcionará a las empresas una mejora continua que se enfoca en el valor del talento humano de los trabajadores, y que este acorde al desempeño en los procesos. De este modo, permitirá un crecimiento económico que se reflejaran en la rentabilidad de las organizaciones, también, mejorará la capacidad de responder y satisfacer al cliente.

En el presente trabajo, se busca conseguir la mejora continua y productividad en función de reducir los defectos y desperdicios en los procesos productivos de las industrias. Por ello, el objetivo de esta revisión es identificar una técnica del

lean manufacturing, como el kaizen, para verificar y proporcionar un panorama de las soluciones de los problemas existentes en la literatura.

En este aspecto, la investigación está organizada de la siguiente manera. En la sección 2, Metodología, describe el método empleado para la RSL, donde muestran las preguntas planteadas bajo una estructura hasta las actividades de selección de artículos discutidos en la revisión. En la sección 3, Resultados, expone y ordena los resultados conseguidos luego de examinar los artículos sobre la aplicación del kaizen ,con técnicas de mejora continua, para ajustar los procesos productivos. En la sección 4, Discusión, se formula la discusión sobre la priorización y precisión de las técnicas para mejorar los problemas en los procesos productivos. Finalmente, en la sección 5, Conclusiones, se recopila los esenciales hallazgos y limitantes de la RSL, con una recomendación dirigida a futuros trabajos de investigación respecto al tema.

II. METODOLOGÍA

Dentro del presente trabajo de investigación se expondrá una metodología en función de una revisión sistemática de literatura. Para ello, como punto de partida se consideró una interrogante inicial sobre los problemas concernientes tanto a la calidad como a la productividad de los procesos en las industrias de producción o servicio. De acuerdo, a este cuestionamiento se definió la aplicación del kaizen. Con la finalidad de organizar, detallar y describir de forma resumida la aplicación del kaizen se empleó una metodología de búsqueda para el presente RSL señalada en la tabla 1.

TABLA I
RESUMEN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA BÚSQUDA

Criterios de búsqueda	Parámetros para la búsqueda de información	
Pregunta de investigación	¿Cómo logra la metodología kaizen reducir desperdicios y defectos en los procesos de las industrias para obtener la calidad y productividad constante?	
Palabras claves empleadas en la búsqueda	Kaizen methodology. Lean manufacturing. Toyota Production System.	Total Quality Management. Incident Report. Continuous Improvement.
Base de datos	Scopus.	
Periodo de selección	2019 – 2024.	
Idioma	Inglés.	Español.
Tipo de documento	Artículo científico.	
Accesibilidad	Open Access.	

Seguido de ello, mediante la estrategia de búsqueda PICOC se prosiguió a formular preguntas conforme a cada ítem de su estructura. Dichas preguntas deben ser de forma clara y concisa que respondan al tema central de la investigación. En la tabla 2 se muestran las 4 preguntas formuladas con el objetivo de orientar la búsqueda de artículos de la revisión.

TABLA II
ESTRUCTURA PICOC

Estructura PICOC	Pregunta

P	¿Cuál es el problema que se podría solucionar o mejorar en los procesos de las industrias con el uso del kaizen?
I	¿De qué manera se usa la metodología kaizen para reducir desperdicios y defectos en los procesos de las industrias?
C	No aplica por ser un estudio de revisión.
O	¿Qué efectos positivos nos dio al implementar la metodología kaizen en todos los procesos de las industrias?
C	¿En qué espacios de trabajo se ha investigado la metodología kaizen?

Por otro lado, para la búsqueda se seleccionó palabras claves respecto a cada componente de la pregunta PICOC, dando como resultado una estructura PIOC, tomando en cuenta el uso de palabras en inglés con sinónimos y variantes como se describe en la tabla 3.

TABLA III
PALABRAS CLAVE PIOC

Estructura PIOC	Palabras clave
P	Continuous improvement, Quality improvement, Productivity improvement, Process improvement, Production control, Quality control, Process control, Process optimization, Cost reduction, Time reduction.
I	Kaizen, Quality Management, Process Management, Mura, Muri, Muda, Philosophy, Methodology, Production systems, Lean manufacturing, Toyota production system, Total quality management.
O	Productivity, Efficiency, Efficacy, Effectiveness, Under defects process, Under waste process, Under incidents process, Under production risks, Higher quality standard, Quality, Cost effectiveness, Continuous production, Standardization.
C	Industry, Factory, Workplace, Office, Industrial plant, Production plant, Manufacturing plant, Manufacturing industry, Company.

Como resultado de las palabras claves, operadores booleanos de OR y AND sumado el símbolo de truncamiento (“insertar frase”) se obtuvo la ecuación de búsqueda para emplearse en una base de datos electrónico, en este caso Scopus, elegida para la búsqueda de artículos. Dicha ecuación se empleó para buscar en títulos de documentos, resúmenes y palabras claves a través de campos agregados, dicho de otra manera, (TITLE-ABS-KEY (continuous AND improvement OR "quality improvement" OR "productivity improvement" OR "process improvement" OR "production control" OR "quality control" OR "process control" OR "process optimization" OR "cost reduction" OR "time reduction") AND TITLE-ABS-KEY (kaizen OR quality AND management OR process AND management OR mura OR muri OR muda OR philosophy OR methodology OR production AND systems OR "lean manufacturing" OR "Toyota production system" OR "total quality management") AND TITLE-ABS-KEY (industry OR "factory" OR "workplace" OR "office" OR industrial AND plant OR "production plant" OR manufacturing AND plant OR manufacturing AND industry OR company) AND TITLE-ABS-KEY (productivity OR efficiency OR efficacy OR effectiveness OR "under defects process" OR "under waste process" OR "under incidents process" OR "under production risks" OR higher AND quality AND standard OR quality OR

cost AND effectiveness OR continuous AND production OR standardization)).

Como parte de la selección es necesario definir criterios de elegibilidad de artículos encontrados con la búsqueda. Con el fin de consolidar los límites de relevancia de los documentos para la RSL se decidió por establecer los criterios de exclusión e inclusión de acuerdo como se precisa en la tabla 4.

TABLA IV
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de inclusión	
CI 1	Los estudios deben abordar la reducción de desperdicios y defectos en los procesos.
CI 2	Los estudios deben aplicar o describir métodos de medición de la calidad y productividad para reducir los desperdicios y defectos en los procesos.
CI 3	Los estudios incluidos deben reportar resultados estadísticos de la aplicación de dichos métodos.
CI 4	Los estudios se han desarrollado en entornos reales de trabajo de oficina o de planta.
Criterios de exclusión	
CE 1	Estudios que se desarrollan en entornos de simulados o de prueba.
CE 2	Tipos de publicación que no corresponde a artículo original.
CE 3	Publicaciones en idiomas diferentes al inglés y español.
CE 4	Documentaciones anteriores a 2019.

Para realizar la búsqueda de artículos se usó la base de datos Scopus. Con esta base de datos permitió recopilar los documentos según lo que se quiere encontrar, por consiguiente, para la selección de búsqueda se examinó los siguientes filtros: idiomas (inglés y español), tipo de documento (artículo de investigación), año (2019-2024) y acceso abierto (open access).

Después de realizar la búsqueda con la incorporación de los criterios definidos se recopiló y filtró la información de datos más oportunos. Con la búsqueda se consiguieron 287 artículos de Scopus. Debido a que, no se contó con otra base datos no se eliminaron documentos por duplicidad como parte del filtrado. Luego, se hizo la eliminación por criterios de exclusión donde se eliminaron 241 artículos. Se consideraron 46 artículos, de los cuales al comprobar que si no eran de acceso abierto se descartaron 22 publicaciones no recuperadas. A partir de ello, por medio de este exhaustivo filtrado se logró obtener una lista de 24 artículos seleccionados. En la figura 1 se presenta el procedimiento de selección de información mediante el diagrama de flujo Prisma.

Finalmente, para la evaluación de las publicaciones se aplicó el uso del software *Mendeley* y tablas de Excel, lo cual facilitó la organización de los artículos conforme a categorías establecidas y proceder a revisar los distintos campos con propiedades significativas para el filtrado de información de la RSL.

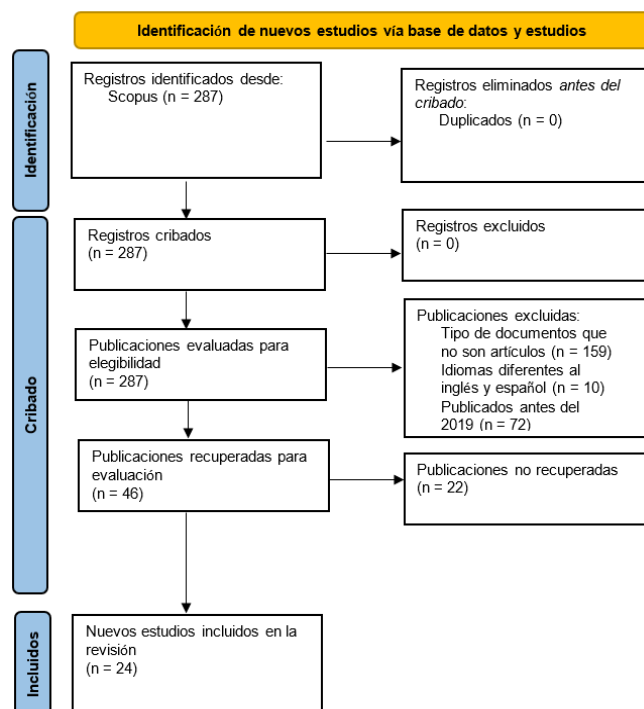


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

III. RESULTADOS

1. RESULTADOS BIBLIOGRÁFICOS

Para el presente trabajo de investigación se ordenaron los artículos obtenidos según el año de publicación y país de origen. Los años con un mayor número de aportaciones de publicaciones para la investigación fueron 2020, 2021 y 2023 con 5 artículos cada uno. El año 2022 representa una aportación media, contando con un total de 4 artículos. En cambio, los años de menor contribución fueron 2019 con 2 artículos y 2024 con 3 artículos. En la figura 2 se muestra el volumen de publicación anual.

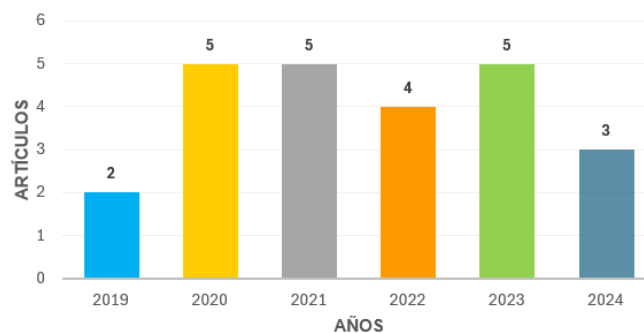


Figura 2. Volumen de publicación anual

Respecto al país de origen de las publicaciones, de acuerdo con el mayor número de procedencias por artículo, se identificaron 18 países. Asimismo, los países que publicaron en total 2 artículos cada uno fueron: China, República Checa, Rumanía, Portugal, Arabia Saudita y Etiopía. No obstante, en

Jordania, Marruecos, Croacia, Alemania, Irlanda, Reino Unido, India, España, Corea del Sur, Colombia, Australia y Brasil fueron los países donde se extrajo un artículo por país. En la figura 3 se presenta el total de artículos por país.

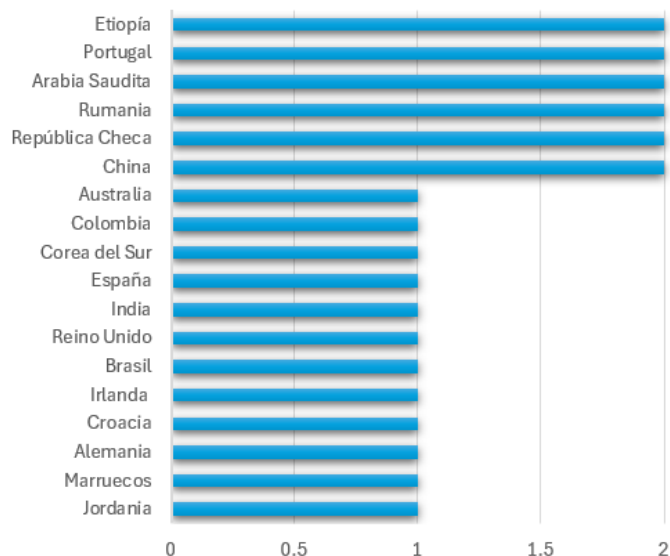


Figura 3. Artículos por país de origen

En cuanto al número de estudios más citados fueron: 2 artículos verificados [11][16] con 80 y 20 citas respectivamente. Entre las publicaciones citadas de forma regular y aceptable fueron: 6 artículos revisados [9][5][7][8][15][13] con 15,12,11,10,9 y 8 citas respectivamente. Asimismo, se examinaron estudios con menor número de citados: 3 artículos [6][14][21] con 5 citas, 3 artículos [3][4][17] con 3 citas, 5 artículos [1][12][19][23][24] con 2 citas y 2 artículos [2][10] con una cita. Sin embargo, los 3 artículos restantes [18][20][22] no presentan ninguna cita en su haber. En la figura 4 se indica el número de citas de acuerdo con la cantidad desde el mayor hasta el menor.

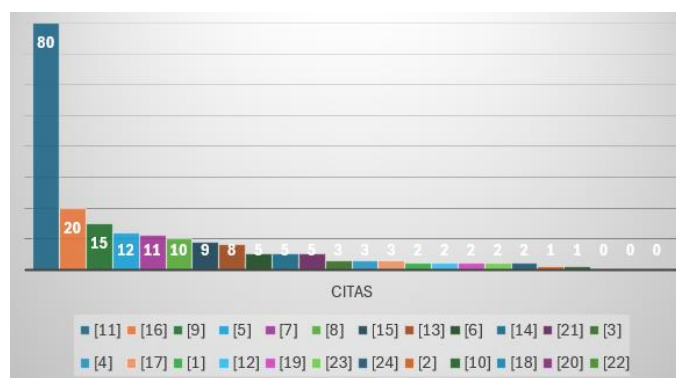


Figura 4. Número de artículos más citados

Respecto a las revistas, se han encontrado 20 títulos de revista distintos. Las principales revistas en las que se publicaron más de un artículo han sido *IEEE Access* con 4

artículos y *Sensors* con 2 artículos. Las otras revistas, con una cita son *Journal of Healthcare Engineering*, *Journal of Sensor and Actuator Networks*, *Sustainability (Switzerland)*, *Arabian Journal for Science and Engineering*, *Biotechnology Reports*, *Journal of Sensors*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *Heliyon*, *IEEE Transactions on Engineering Management*, *Process Safety and Environmental Protection*, *Proceedings on Engineering Sciences*, *Applied Sciences (Switzerland)*, *Advances in Production Engineering And Management*, *Processes*, *Cogent Engineering*, *Economic Annals-XXI*, *Smart and Sustainable Manufacturing Systems* y *Acta Scientiarum – Technology*.

2. RESULTADOS DE INGENIERÍA

A continuación se presenta un resumen de la información obtenida en concordancia con los 24 artículos examinados para la presente revisión sistemática de literatura, de acuerdo con las preguntas derivadas de las subpreguntas de la estructura PICO.

A. ¿Cuáles son los objetivos esperados en la implementación del kaizen de acuerdo con el artículo?

Para determinar los objetivos, es necesario mencionar que el kaizen es una filosofía enfocada en la mejora continua de los procesos de forma muy recurrente para obtener un beneficio. De acuerdo, al análisis de los 24 artículos revisados se encontraron diversos objetivos definidos respecto al kaizen. El primer objetivo es para el control de los procesos y la calidad, los artículos [4][6][22] se centran en identificar y corregir cualquier tipo de causa subyacente que afecte los procesos de una empresa. El segundo objetivo es para la inspección de defectos y retrasos, los artículos [3][11][18] establecen una forma de controlar las actividades de los procesos y determinar fuentes que no generen valor. El tercer objetivo es para mejorar la calidad y productividad, los artículos [16][20][24] determinan acciones que proporcionen beneficios aplicando técnicas novedosas. El cuarto objetivo es para aumentar la rentabilidad, sostenibilidad y productividad, los artículos [15][19][21] tienen la disposición de emplear sistemas de gestión que generen mayor rendimiento en las actividades. El quinto objetivo es para mejorar la flexibilidad, eficiencia y eficacia, los artículos [9][13][14] realizan ajustes de gran significancia en respuesta a las necesidades de la empresa con la ayuda del manejo de información. El sexto objetivo es para la gestión y planificación de procesos, los artículos [8][10][17] identifican los posibles cambios que se pueden realizar para obtener una mejora continua. El séptimo objetivo es para reducir costos, recursos y tiempo, los artículos [1][2][7][12] evalúan las prácticas que se deben de realizar que se traduzcan en el ahorro de gastos innecesarios. Y finalmente, el octavo objetivo es para identificar y eliminar actividades que no generen valor, los artículos [5][23] se enfocan en visualizar de forma general el proceso y realizar cambios que cumplan con las necesidades requeridas por la empresa.

B. ¿Qué problemas alteran las actividades en los procesos de la industria o sector?

Según el diagnóstico de 24 artículos examinados para el estudio, se identificaron 7 problemas puntuales que aquejan en las actividades de producción o servicio de las empresas. El primero es el problema relacionado con el proceso de producción [2][8][11][13][22]. El segundo es el problema relacionado con el control del proceso [6][9][15][18][20]. El tercero es el problema relacionado con el procedimiento [10][12][14][24]. El cuarto es el problema relacionado con el uso ineficiente de recursos [1][19][21][23]. El quinto es el problema relacionado con la gestión de la calidad [4][5][17]. El sexto es el problema relacionado con el almacenamiento de productos o existencias [3][16]. Y finalmente, el séptimo es el problema relacionado con el servicio [7].

C. ¿Qué métodos, modelos o técnicas se fueron analizando en el estudio?

Se evidenciaron 10 técnicas mencionadas en la lectura de las publicaciones científicas. Dentro de las técnicas aplicadas, el Procesamiento de datos es la más destacada en los artículos [4][10][11][14][17], se centra en recopilar información a través de softwares. Esta técnica permite interpretar datos para realizar ajustes en un proceso. La técnica 5s ofrece una optimización de la productividad y una mejora de la organización en base a 5 fases [7][6][16][18][23]. A través del VSM (Mapa del flujo de valor) se proporciona una visión completa del proceso con el fin de generar valor en la cadena de producción [1][3][7][18][24]. Otra técnica son los Sistemas de control que ayuda a regular al proceso de producción mediante un conjunto de componentes desde la entrada hasta salida [2][9][19][22]. Mediante el DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se diseña un listado de instrucciones para resolver un problema alcanzado la mejora continua [16][17][24]. Con la Simulación se realiza un escenario supuesto del proceso para verificar su comportamiento mediante la ayuda computacional [8][13][15]. Mediante Ishikawa se identifica las causas más vitales de un problema de un proceso para mejorar algún factor importante [3][6][24]. Asimismo, con la Integración tecnológica se puede modificar cualquier actividad de un proceso con el fin conseguir óptimos resultados a través de la tecnología [5][19][24]. El Poka Yoke se centra en evitar los errores recurrentes en los procesos mediante su detección y eliminación [1][20]. Finalmente, está la técnica de la Eliminación de desperdicios que comprende de un conjunto de prácticas para optimizar recursos en el proceso [7][21]. En la tabla 5 se muestra un resumen de las técnicas.

TABLA V
MÉTODOS, MODELOS O TÉCNICAS

Métodos, modelos o técnicas	Referencias
Procesamiento de datos	[4][10][11][14][17]
5s	[7][6][16][18][23]
VSM (Mapa del flujo de valor)	[1][3][7][18][24]
Sistemas de control	[2][9][19][22]
DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)	[16][17][24]
Simulación	[8][13][15]
Integración tecnológica	[5][19][24]

Ishikawa	[3][6][24]
Poka Yoke	[1][20]
Eliminación de desperdicios	[7][21]

D. ¿Qué tipo de sector, industria, etc. se analizó en el estudio?

Respecto al análisis, se identificaron los sectores e industrias donde se realizaron los estudios. Principalmente se encontraron 6 sectores y 6 industrias. Los sectores encontrados fueron: sector Manufacturero [2][6][10][15][22], sector Salud [7][16], sector Productivo [12][18], sector Minero [11], sector Farmacéutico [5] y sector Agroindustrial [19]. Por otro lado, las industrias fueron: industria Mecánica [14][17][20][24], industria Siderúrgica [1][4][9][21], industria Textil [23], industria Química [13], industria Maderera [3] e industria Aeronáutica [8]. Esta información, permite entender hacia qué tipo de sectores e industrias son el centro de evaluación de un análisis con relación al kaizen y los distintos escenarios de las empresas analizadas. En la figura 5 muestra el porcentaje de sectores e industrias analizados en el estudio.

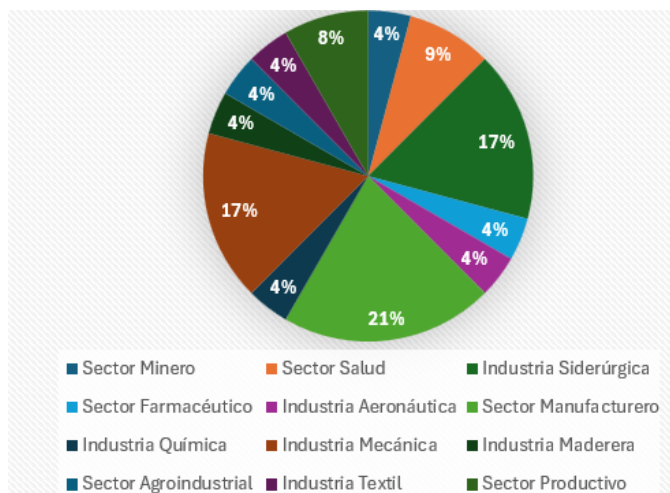


Figura 5. Sectores e industrias

E. ¿La metodología kaizen encamina a las Industrias a volverse una Industria 4.0?

Podemos decir que kaizen es equivalente a nunca dejar de mejorar y en los artículos examinados [4] [5] [9] [10] [11] [14] [15] [17] [19] [20] [24] observamos que para poder alcanzar una mejora en su productividad tuvieron la necesidad de hacer uso de la tecnología e implementarlo en su proceso productivo, para así poder complementarse con las herramientas del Lean Manufacturing, como por ejemplo los artículos [20] [17] hacen uso del fuzzy TOPSIS como primera instancia para poder descubrir los puntos más problemáticos en el sistema de producción y poder ejecutar las mejoras. Después para medir los efectos producidos por las mejoras continuas en los procesos se usa el método PLS-SEM [20]. Para luego dar paso al uso de herramientas netamente tecnológicas de las industrias 4.0, como por ejemplo uno de ellos es el software LABVIEW [24] [17]. El uso de estos softwares dio resultados sumamente positivos como el poder

llegar a un 0% de piezas defectuosas en una etapa de producción [24].

IV. DISCUSIÓN

En el actual estudio de revisión podemos identificar que para llegar a aplicar la metodología kaizen existen diferentes métodos, herramientas o enfoques, en lo que en los textos leídos le dan una enfatización diferente, como por ejemplo la priorización en la identificación de defectos, retrasos y fuentes que no generen valor en la empresa y eliminarlo [3][5][11][18][23], en cambio otros artículos le dan prioridad a formular una gestión y planificación de todos los procesos de la empresa para obtener una mejor rentabilidad y sostenibilidad [8][10][15][17][19][21]. También se logró encontrar que con respecto a las industrias mecánicas, siderúrgicas, químicas, textiles y madereras existen un grupo de artículos que explican que el principal aquejo que afecta a estas industrias son el almacenamiento y uso ineficiente de recursos [1][3][16][19][21][23] a diferencia de otros artículos en donde determinan que la mayor fuente de problemas está en el proceso y control de la producción [2][6][8][9][11][13][15][18][20][22].

Por otro lado, el uso de modelos tecnológicos como la big data de almacenamiento en la nube, el internet industrial de las cosas y los controladores con software de procesamiento de datos resultó ser más precisa llegando a un 95% en comparación con modelos regulares del kaizen de análisis con un 80% de precisión en reducir errores. Este hallazgo se puede explicar mejor, debido a que las empresas que obtuvieron más precisión en el procedimiento productivo eran industrias inteligentes, enfocadas en la Industria 4.0, que emplean nuevas tecnologías.

V. CONCLUSIONES

Esta investigación realizó un análisis con la intención de evaluar la obtención de mayor productividad y mejora continua para reducir los defectos y desperdicios que nos brinda el kaizen dentro de las industrias. Entre los objetivos más sobresalientes para alcanzar la mejora continua, se destacan el control del proceso y la calidad, mejorar la flexibilidad, eficiencia y eficacia y reducir costos, recursos y tiempo. El estudio reveló las 10 técnicas más empleadas en las industrias, cada una con diferentes aplicaciones en los procesos. Además, se realizó que el procesamiento de datos, las 5s y el VSM son las técnicas más usadas, debido al mayor impacto en la utilización de las empresas. A partir de la revisión de literatura, se identificaron que la industria mecánica, la industria siderúrgica y el sector manufacturero es donde más recaen la implementación del kaizen para optimizar las actividades productivas. Por un lado, el kaizen es compatible con industrias que requieren de cambios en los procesos a gran escala y que cuentan con recursos suficientes para su implementación como son las industrias: mecánica, siderúrgica, aeronáutica y los sectores manufacturero y minero. Por otro lado, en los sectores salud, farmacéutico, agroindustrial e industria química necesitan que se realicen mejoras en procesos muy críticos donde implican el uso de

recursos químicos e industriales que puedan afectar la integridad del personal, lo cual reduce la posibilidad de aplicar de forma continua la filosofía kaizen. Además, el kaizen es más factible que sea usado en industrias textil y maderera y el sector productivo porque se enfocan en realizar procesos de manera reiterativa y muy visible, con ello es más posible detectar defectos o errores que tienen mayor impacto en el proceso operativo. Para futuros trabajos, es necesario que se realice una evaluación detallada de la complejidad de los procesos de producción, ya que representaría una limitante para poder adoptar posibles cambios que generen valor en la producción. Si bien es cierto el kaizen es una filosofía que ofrece diversos beneficios también presenta limitaciones en su aplicación, una de ellas es el tiempo que se necesita, ya que requiere de realizar mejoras de forma progresiva con cambios menores para conseguir resultados. Otra limitante, es el costo que implica invertir para poder ejecutar el kaizen debido a que no todas las empresas disponen de recursos financieros con relación a su capacidad. También, se sugiere explorar la incorporación de novedosas tecnologías digitales que refuercen la efectividad de los procesos, debido al avance tecnológico en evolución, para aprovechar mejor los recursos. Una forma de integrar una tecnología emergente con el kaizen sería a través de la aplicación de la Industria 4.0 que brinda herramientas de control y seguimiento de las operaciones en los procesos productivos. Asimismo, permite visualizar y simplificar errores en algunas etapas del proceso con el uso de sistemas digitales, softwares y computadoras.

REFERENCIAS

- [1] S. Tilahun, E. Berhan, and D. Kitaw, "ENHANCING COMPETITIVENESS THROUGH INNOVATIVE LEAN MANUFACTURING (IN CASES OF ETHIOPIAN METAL AND STEEL INDUSTRIES)," *Proceedings on Engineering Sciences*, vol. 2, no. 3, pp. 247–258, 2020, doi: 10.24874/PES02.03.004.
- [2] V. E. Prasetyo, B. Belleville, B. Ozarska, and J. P. T. Mo, "A wood recovery assessment method comparison between batch and cellular production systems in the furniture industry," *Smart Sustain Manuf Syst*, vol. 3, no. 1, pp. 1–17, 2019, doi: 10.1520/SSMS20190001.
- [3] V. Grosu, O. Hrubliak, L. Anisie, and A. Ratsa, "Managerial accounting solutions: Lean Six Sigma application in the woodworking industry. A Practical aspect," *Economic Annals-XXI*, vol. 176, no. 3–4, pp. 118–130, 2019, doi: 10.21003/ea.V176-12.
- [4] S. Li, J. Wang, and S. Chen, "Quality Prediction of Strip in Finishing Rolling Process Based on GBDBN-ELM," *J Sens*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/9943153.
- [5] O. Ötes *et al.*, "Moving to CoPACaPAnA: Implementation of a continuous protein A capture process for antibody applications within an end-to-end single-use GMP manufacturing downstream process," *Biotechnology Reports*, vol. 26, 2020, doi: 10.1016/j.btre.2020.e00465.
- [6] F. Stíngä, I. Severin, I. A. Mitache, and E. Lascu, "Redesign of the curing area of the tire manufacturing process," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 17, 2020, doi: 10.3390/SU12176909.
- [7] A. A. Abdallah, "Healthcare Engineering: A Lean Management Approach," *J Healthc Eng*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8875902.
- [8] V. A. Nunes and G. F. Barbosa, "Simulation-based analysis of AGV workload used on aircraft manufacturing system: A theoretical approach," *Acta Scientiarum - Technology*, vol. 42, no. 1, 2020, doi: 10.4025/actascitechnol.v42i1.47034.
- [9] M. Sverko, T. G. Grbac, and M. Mikuc, "SCADA Systems With Focus on Continuous Manufacturing and Steel Industry: A Survey on Architectures,

- Standards, Challenges and Industry 5.0,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 109395–109430, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3211288.
- [10] U. A. Akbar, S. Mekid, O. Alsawafy, and A. A. Hanbali, “Design and Development of Best Class Discrete Production Model for Distributed Manufacturing under Industry 4.0,” *Arab J Sci Eng*, vol. 47, no. 12, pp. 16485–16504, 2022, doi: 10.1007/s13369-022-07061-4.
- [11] T. Benbarrad, M. Salhaoui, S. B. Kenitar, and M. Arioua, “Intelligent machine vision model for defective product inspection based on machine learning,” *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.3390/jsan10010007.
- [12] Y.-K. Park, M.-K. Kim, and J. Um, “A One-Stage Ensemble Framework Based on Convolutional Autoencoder for Remaining Useful Life Estimation,” *Sensors*, vol. 22, no. 7, 2022, doi: 10.3390/s22072817.
- [13] V. P. Yandrapu and N. R. Kanidarapu, “Process design for energy efficient, economically feasible, environmentally safe methyl chloride production process plant: Chlorination of methane route,” *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 154, pp. 360–371, 2021, doi: 10.1016/j.psep.2021.08.027.
- [14] G. Fortuna and P. D. Gaspar, “Implementation of Industrial Traceability Systems: A Case Study of a Luxury Metal Pieces Manufacturing Company,” *Processes*, vol. 10, no. 11, 2022, doi: 10.3390/pr10112444.
- [15] M. Groten and S. Gallego-García, “A systematic improvement model to optimize production systems within industry 4.0 environments: A simulation case study,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 23, 2021, doi: 10.3390/app112311112.
- [16] L. O’mahony, K. McCarthy, J. O’donoghue, S. P. Teeling, M. Ward, and M. McNamara, “Using lean six sigma to redesign the supply chain to the operating room department of a private hospital to reduce associated costs and release nursing time to care,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 18, no. 21, 2021, doi: 10.3390/ijerph182111011.
- [17] M. L. Duc, J. Nedoma, P. Bilik, R. Martinek, L. Hlavaty, and N. T. P. Thao, “Application of Fuzzy TOPSIS and Harmonic Mitigation Measurement on Lean Six Sigma: A Case Study in Smart Factory,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 81577–81599, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3299326.
- [18] E. D. Contreras Castañeda, J. J. Gordillo Galeano, and K. J. Olaya Rodríguez, “Lean-Kaizen startup in panela production processes: the case of a trapiche,” *Cogent Eng*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.1080/23311916.2024.2322834.
- [19] O. Hadj Abdelkader, H. Bouzebib, D. Pena, and A. P. Aguiar, “Energy-Efficient IoT-Based Light Control System in Smart Indoor Agriculture,” *Sensors*, vol. 23, no. 18, 2023, doi: 10.3390/s23187670.
- [20] M. L. Duc, L. Hlavaty, P. Bilik, and R. Martinek, “Design and Implement Low-Cost Industry 4.0 System Using Hybrid Six Sigma Methodology for CNC Manufacturing Process,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 127176–127201, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3331818.
- [21] F. Psarommatis, M. Danishvar, A. Mousavi, and D. Kiritsis, “Cost-Based Decision Support System: A Dynamic Cost Estimation of Key Performance Indicators in Manufacturing,” *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 71, pp. 702–714, 2024, doi: 10.1109/TEM.2021.3133619.
- [22] Y. Liu, Y. Lv, and A. Malik, “Cyber Granular-Enabled Intelligent Sensing for High Performance Flocking Control in Continuous Flat Pressing System,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 41234–41246, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3353768.
- [23] M. Ewnetu and Y. Gzate, “Assembly operation productivity improvement for garment production industry through the integration of lean and work-study, a case study on Bahir Dar textile share company in garment, Bahir Dar, Ethiopia,” *Heliyon*, vol. 9, no. 7, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17917.
- [24] M. Ly Duc, L. Hlavaty, P. Bilik, and R. Martinek, “Enhancing manufacturing excellence with Lean Six Sigma and zero defects based on Industry 4.0,” *Advances in Production Engineering And Management*, vol. 18, no. 1, pp. 32–48, 2023, doi: 10.14743/APEM2023.1.455.