



**Lean Six Sigma como estrategia para la mejora continua de un sistema de gestión de activos
bajo la norma ISO 55001:2014 en Colombia**

Sulay Isabel Escorcía Charris
Adolfo Andrés Agudelo Aguirre

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Gestión de Activos

Tutor:
Juan Carlos Orrego Barrera, Magister en Gestión energética industrial

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Especialización en Gestión de Activos
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita (Escorcía Charris & Agudelo Aguirre, 2023)

Referencia

Escorcía Charris, S., & Agudelo Aguirre, A. A. (2023). *Lean Six Sigma como estrategia para la mejora continua de un sistema de gestión de activos bajo la norma ISO 55001:2014 en Colombia.*

Estilo APA 7 (2020)

[Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Especialización en Gestión de Activos.



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano: Francisco Vargas

Jefe departamento: Pedro león Simancas

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico esta monografía a Dios, porque es Él quien me ha dado la salud para poder culminarlo. A mis padres, José Escorcía y Sunilda Charris, por siempre apoyarme en cada proyecto que he decidido emprender. A mi hermana, Sulaynis Escorcía, por ser ese recordatorio de que siempre puedo.

Sulay Isabel Escorcía Charris

Dedico esta monografía a Dios por darme la sabiduría y fortaleza para la realización de esta especialización. A mis padres por el apoyo y la motivación para seguir creciendo cada día como persona y profesional, y por ser los motores de mi vida. A mi pareja por el amor y la paciencia que tuvo durante este año.

Adolfo Andrés Agudelo Aguirre

Agradecimientos

Estamos enormemente agradecidos con Dios por darnos la salud y capacidad para culminar este trabajo de grado.

A cada una de las personas que han creído en nosotros, haciéndonos sentir que somos capaces de lograr cada vez más en cada uno de nuestros proyectos.

A nuestras familias y amigos por toda su comprensión, paciencia compañía y apoyo.

A la Universidad de Antioquia por abrirnos este espacio el cual permite generar un valor agregado a la industria.

A cada uno de los docentes de la especialización de Gestión de Activos que estuvieron acompañándonos en este proceso de aprendizaje y crecimiento profesional.

A cada una de las empresas que fueron partícipes del sondeo realizado y el cual fue fuente fundamental para la elaboración de este trabajo de grado.

A todos ustedes muchas gracias,

Sulay Isabel Escorcía Charris
Adolfo Andrés Agudelo Aguirre

Tabla de contenido

Resumen.....	10
Abstract.....	11
Introducción	12
1. Planteamiento del problema.....	13
2. Justificación	15
3. Objetivos	16
3.1 Objetivo general	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. Marco teórico	17
4.1 Estrategia.....	17
4.2 Gestión de Activos.....	17
Estandarización de la gestión de activos	18
Según la PAS 55 de la IAM.....	18
Según la familia ISO 5500X.....	19
4.3 Sistema de Gestión de Activos (SGAc)	19
Beneficios de implementar un SGAc bajo el estándar ISO 55001:2014.....	20
Mejora continua de un sistema de gestión.....	21
4.4 Lean Manufacturing.....	21
Beneficio de implementar Lean Manufacturing	21
Ocho (8) desperdicios o mudas en Lean Manufacturing	22
4.5 Six Sigma	23
¿Qué es DMADV?	23
¿Qué es DMAIC?	24

Diferencias entre el método DMADV utilizado para Lean Manufacturing y el método DMAIC utilizado para Six Sigma.....	26
4.6 Lean Six Sigma.....	26
5. Estado del arte	27
5.1 La gestión de activos y su evolución en la industria a nivel mundial.....	27
La gestión de activos durante el siglo XX.....	27
La gestión de activos durante el siglo XXI.....	29
5.2 La gestión de activos y su sistema de gestión en Colombia	30
5.3 Herramientas y/o metodologías con enfoque a la gestión de activos	32
5.4 Lean Six Sigma como metodología para la mejora continua.....	33
Relación lean six sigma con el modelo de mejora continua de un sistema de gestión de activos.....	35
Integración de la metodología Lean Six Sigma a un Sistema de Gestión de Activos basado en el estándar ISO 55001	36
6. Metodología	37
6.1 Cronograma.....	38
7. Resultados esperados	39
8. Estudio técnico de la monografía	40
8.1 Sondeo de uso de herramientas de mejora continua, aplicado a empresas colombianas.....	40
9. Discusión.....	47
10. Conclusiones	48
11. Recomendaciones	49
Bibliografía	50

Lista de tablas

Tabla 1 - Relación entre el modelo de mejora continua PHVA común para los SG y Lean Six Sigma..... 35

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 – Etapas DMADV	24
Ilustración 2 – Etapas DMAIC.....	25
Ilustración 3 - Gestión de Activos durante los años 70's, 80's y 90's	29
Ilustración 4 - La Gestión de Activos durante el siglo XXI	30
Ilustración 5 - Cronograma Trabajo de Investigación	38
Ilustración 6 - Actividad económica, participantes sondeo	40
Ilustración 7 - Clasificación por tipo, participantes sondeo.....	41
Ilustración 8 - Sistemas de gestión implementados por las empresas participantes del sondeo....	42
Ilustración 9 - Porcentaje de empresas encuestadas que implementan herramientas de mejora continua.....	43
Ilustración 10 - Metodologías implementadas como estrategias de mejora continua.....	44
Ilustración 11 - Herramientas de mejora continua implementadas en las empresas participantes del sondeo	45
Ilustración 12 - Eficiencia de las herramientas de mejora continua implementadas por las empresas encuestadas.	46

Siglas, acrónimos y abreviaturas

SGAc	Sistema de gestión de activos
BSI	British Standards Institute
IAM	Institute of Asset Management
ISO	International Organization for Standardization
ASQ	American Society for Quality
EPM	Empresas Públicas de Medellín
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
SG	Sistema(s) de Gestión

Resumen

La gestión de activos representa un cambio cultural en el direccionamiento estratégico de las empresas, agregando a la visión tradicional sobre los intereses organizacionales, la visión de los activos y del valor que estos son capaces de generar al negocio, tomándose como un conjunto de actividades que permiten mejorar la productividad y la reducción de costos, contribuyendo a que la empresa logre dar respuesta confiable a las necesidades del negocio.

Un sistema de gestión de activos es un instrumento de gestión sistemático, transparente y oportuno, que responde a las expectativas de los grupos de interés en términos de cumplimiento regulatorio, satisfacción del cliente y reputación de la empresa. Por ello, contar con un SGAc basado en un estándar internacional como lo es la ISO 55001:2014 permite a las organizaciones alinear la gestión de sus activos con el plan y la estrategia organizacional, creando y generando un mayor valor a través de estos, dando respuesta a las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas.

Este trabajo de investigación pretende analizar los modelos de mejora continua, utilizados para la gestión de activos y un sistema de gestión de activos basado en los requisitos establecidos por el estándar ISO 55001:2014 en empresas colombianas, con la finalidad de establecer una similitud con la mejora continua que se logra a través de la implementación de la metodología lean six sigma. La investigación tiene un enfoque cualitativo, el alcance es exploratorio y el diseño es no experimental.

Palabras clave: lean six sigma, gestión de activos, sistema de gestión de activos, ISO 55001:2014, estrategia.

Abstract

Asset management represents a cultural change in the strategic direction of companies, adding to the traditional vision of organizational interests, the vision of assets and the value they can generate to the business, taken as a set of activities that improve productivity and cost reduction, helping the company to provide a reliable response to business needs.

For its part, it is a systematic, transparent, and timely management instrument that responds to the expectations of its stakeholders in terms of regulatory compliance, customer satisfaction and company reputation. Therefore, having an asset management system based on an international standard such as ISO 55001:2014 allows organizations to align the management of their assets with the organizational plan and strategy, creating and generating greater value through their assets, responding to the needs and expectations of all stakeholders.

This research work aims to analyze the continuous improvement models, used for asset management and an asset management system based on the requirements established by the ISO 55001: 2014 standard in Colombian companies, in order to establish a similarity with the continuous improvement that is achieved through the implementation of the lean six sigma methodology. The research has a qualitative approach, the scope is exploratory, and the design is non-experimental.

Keywords: lean six sigma, asset management, asset management system, ISO 55001:2014, strategy.

Introducción

La gestión de activos es igual a otras disciplinas de gestión; de hecho, se comprende cada vez más como una disciplina orientada por la estrategia en donde el valor de los activos es su contribución para cumplir los objetivos estratégicos del negocio.

Alrededor del mundo se han desarrollado diversos enfoques, normas y modelos en la comprensión y principios de gestión de activos.

Los modelos que se han desarrollado describen los aspectos claves de la gestión de activos, así como el alcance global de esta, la manera en cómo interactúan y se enlazan con los objetivos y el plan estratégicos de la organización.

La gestión de activos se ha vuelto una estrategia de gran impacto a nivel general en la organización, donde actualmente, existen diferentes modelos de gestión de activos que las empresas deben analizar para aplicar el que mejor se adecue a sus necesidades, a la naturaleza de su negocio y a los requerimientos de las partes interesadas.

Mientras que los sistemas de gestión buscan un mismo objetivo y es el de la mejora continua en los procesos que conforman las compañías, el propósito principal de la gestión de activos es la generación de valor a través de los activos, por lo que, la metodología Lean Six Sigma representa para las organizaciones, una herramienta o un medio para agilizar sus procesos y optimizar los recursos brindando resultados de calidad y confiabilidad hacia todos sus partes interesadas tanto internas como externas.

En el panorama colombiano, son pocas las referencias de modelos que integren herramientas de mejora continua que permitan potenciar los resultados en cada numeral de los estándares internacionales (ISO) y que además contribuyan a las organizaciones en el cumplimiento del principio de mejora continua de los sistemas de gestión.

En el caso del SGAc bajo los estándares de la ISO 55001 no se identifican modelos de referencia de herramientas que permita guiar a las organizaciones en los procesos de mejora continua para analizar datos y tomar decisiones adecuadas y oportunas.

1. Planteamiento del problema

Alrededor del mundo se han desarrollado diversos enfoques, normas y modelos en la comprensión y principios de gestión de activos (Galindo, 2020).

De acuerdo con lo indicado por Manríquez, los modelos que se han desarrollado describen los aspectos claves de la gestión de activos, así como el alcance global de esta, la manera en cómo interactúan y se enlazan con los objetivos y el plan estratégico de la organización (Manriquez, 2015) (Galindo, 2020).

La gestión de activos se ha vuelto una estrategia de gran impacto a nivel general en la organización; con su evolución se ha originado que en la actualidad existan diferentes modelos de gestión de activos, por lo que cada organización debe explorar la variedad de modelos existentes y evaluar cuál se adapta mejor a sus necesidades, según la naturaleza de su negocio, así como de su contexto, considerando las necesidades y expectativas de todas sus partes interesadas pertinentes.

Ahora bien, considerando que todos los sistemas de gestión están en busca de la mejora continua y que, el propósito principal de la gestión de activos es la generación de valor a través de los activos, la metodología *Lean Six Sigma* brinda a las organizaciones herramientas que permitan hacer ágiles los procesos con la finalidad de disminuir la variabilidad que se presentan en estos, permitiendo la optimización de los recursos, mejorar la confiabilidad y aumentar la satisfacción de todas las partes interesadas de la organización (Franco, Monroy, Peña, & Avellaneda, 2017).

En el panorama colombiano, son pocas las referencias de modelos que integren herramientas de mejora continua que permitan potenciar los resultados en cada numeral de los estándares internacionales (ISO, 2018) y que además contribuyan a las organizaciones en el cumplimiento del principio de mejora continua de los sistemas de gestión.

En el caso del sistema de gestión de activos bajo el estándar de la ISO 55001, no se identifican modelos de referencia de herramientas que permitan guiar a las organizaciones en los procesos de mejora continua para analizar datos y tomar decisiones adecuadas y oportunas para el cumplimiento de los requisitos de dicha norma.

Formulación pregunta de problema o mejora

Para este caso de estudio el grupo investigador se cuestionó lo siguiente:

Principal:

¿Cómo las herramientas de mejora continua contribuyen a potenciar los resultados de establecer, implementar y mantener un sistema de gestión de activos bajo el estándar ISO 55001:2014?

Otras preguntas:

- ¿Cómo ha sido la implementación de los sistemas de gestión de activos basados en el estándar ISO 55001:2014 en Colombia?
- ¿Cómo funciona el proceso de mejora continua en los sistemas de gestión implementados en las organizaciones?
- ¿Qué herramientas o modelos de mejora continua se han aplicado en la implementación de los sistemas de gestión de activos?
- ¿Cómo puede ser *lean six sigma* una herramienta adecuada para la mejora continua de los sistemas de gestión de activos implementados en las empresas colombianas?

2. Justificación

Los sistemas de gestión han sido clave para que las empresas sean competitivas ante las exigencias del mercado actual, a las necesidades y expectativas de sus partes interesadas, en especial de los diferentes actores de la sociedad y del medio ambiente. No obstante, estos mismos requisitos han llevado a la continua adaptación de los modelos de gestión.

Las normas de estandarización ISO han tenido un éxito relativo a nivel mundial, siendo la ISO 9001 la más importante, seguida de la ISO 14001 y la ISO 45001 (anteriormente OSHAS 18001); otras normas como la ISO 50001, ISO 27001, ISO 22000 tienen niveles de uso mucho más bajos en todo el mundo.

La mejora continua de los sistemas de gestión en una organización contribuye a la mejora de sus productos, servicios y procesos con el fin de subsanar errores, reforzar aciertos y mejorar, en definitiva, el rendimiento operativo de la empresa.

La aplicación de las diferentes metodologías o herramientas de mejora continua, sirven de guía para mejorar los procesos productivos de las organizaciones, identificando partes débiles, analizando datos y evidenciando cómo las fallas impactan en el producto o servicio; además de evaluar la generación de alternativas que permitan solucionar los problemas que se están presentando. También sirven de guía para la efectiva implementación de los sistemas de gestión y su continuo funcionamiento idóneo.

Lean Six Sigma es una metodología estadística que orienta a la mejora continua a través de su ciclo de mejora DMAIC.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Analizar y comparar las distintas metodologías y/o herramientas de mejora continua, utilizadas en los procesos que impactan la gestión de activos y sistemas de gestión de activos implementados bajo el estándar ISO 55001:2014 en empresas colombianas frente a la implementación de *Lean Six Sigma* como estrategia de mejora continua.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar las herramientas y/o metodologías de mejora continua que utilizan empresas colombianas de diferentes sectores de la economía, en sus sistemas de gestión, mediante un sondeo.
- Reconocer las herramientas utilizadas en los procesos de mejora continua y en la implementación del sistema de gestión de activos, con el fin de optimizar procesos.
- Interpretar la relación existente entre los modelos de mejora continua de los sistemas de gestión y *lean Six Sigma*, para abordar el proyecto.
- Explicar la implementación de la metodología *lean Six Sigma* como instrumento de estrategia complementaria para la mejora continua en los sistemas de gestión de activos bajo el estándar ISO 55001:2014 en empresas colombianas.
- Describir los principales resultados del proyecto.

4. Marco teórico

En este apartado se presenta un resumen de la evolución de la gestión de activos y la estrategia de estandarización a través de un sistema de gestión de activos que tiene como base los requisitos establecidos por la ISO 55001, así como la implementación de este tipo de sistema de gestión en empresas colombianas.

4.1 Estrategia

Desde sus orígenes los seres humanos la usan para fines de guerra, militares o de conquista. La estrategia se puede comprender como un conjunto de reglas que buscan una decisión óptima en cada momento (RAE, 2022).

Tanto en la vida cotidiana como en el aspecto laboral, las estrategias se implementan con orientación al cumplimiento de un objetivo en concreto. Desde un concepto laboral, casi todos los profesionales entienden que la estrategia es un plan de acción consistente para alcanzar una meta, un objetivo o una situación específica; de hecho, todos los gerentes de las compañías están en constante búsqueda de aplicar estrategias que tengan una influencia sobre su desempeño respecto a sus competidores.

Ahora bien, existe una definición muy poco conocida, y es: la estrategia como un modelo, convirtiéndola en un patrón dentro de un flujo de acciones que no permiten que esta sea enfocada solo como un plan, sino como una noción de libre albedrío acorde con el enfoque requerido por el estrategia (Mintzberg, 1987).

4.2 Gestión de Activos

Acorde con la ISO 55000:2014 la Gestión de Activos se define como las actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas a través de las cuales una organización maneja de manera óptima y sustentable sus activos y sistemas de activos, su desempeño y sus riesgos asociados a lo largo de sus ciclos de vida con el propósito de lograr su plan estratégico organizacional (ISO, 2014).

Ahora bien, de acuerdo con el Comité ISO/TC 251, la gestión de activos coordina todos los aspectos financieros, operacionales de mantenimiento, considerando la gestión de los riesgos y otras actividades asociadas a los activos de una organización, con la finalidad de obtener un mayor valor a través de sus activos (Davies, 2016).

Con lo anterior, se puede indicar que la gestión de activos no es nueva; desde hace mucho tiempo la sociedad ha venido gestionando activos, lo que ha cambiado con el tiempo es el concepto y el reconocimiento de que una buena gestión involucra el balance – relación óptima del costo, riesgo y desempeño a través del ciclo de vida del activo. Por tanto, la gestión de activos resulta ser igual a otras disciplinas de gestión, de hecho, se comprende cada vez más como una disciplina orientada por la estrategia, en donde el valor de los activos es su contribución para cumplir los objetivos estratégicos del negocio.

Estandarización de la gestión de activos

Debido a diversos sucesos ocurridos en la industria, algunos más fatales que otros, países como Nueva Zelanda, Australia y Reino Unido emprendieron la estandarización de la gestión de activos como una estrategia que permitiera mejorar el desempeño de los activos en el sector industrial del petróleo y el sector de servicios públicos, por lo que el Instituto de Estandarización Británico - BSI (por su nombre en inglés *British Standards Institute*), a través del Instituto de Gestión de Activos – IAM (*Institute of Asset Management*), publicó la BSI-PAS 55:2008. No obstante, para el año 2014, la Organización Internacional de Normalización, conocida por su acrónimo ISO (*International Organization for Standardization*) publica el primer estándar internacional relacionado a la creación y generación de valor a través de los activos, naciendo con ello el concepto de un sistema de gestión de activos.

Según la PAS 55 de la IAM

La PAS 55:2008 es una guía detallada para la optimización de la gestión de activos físicos, publicada por el IAM, en ella se describen buenas prácticas para la gestión de activos físicos durante todo el ciclo de vida del activo (desde la concepción de la idea de este, hasta su disposición final) (IAM, 2008).

En este documento, la IAM define a la gestión de activos como esas actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas a través de las cuales una organización maneja óptima y

sustentablemente sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgos y gastos asociados a lo largo de sus ciclos de vida con el propósito de lograr su plan estratégico organizacional (IAM, 2008).

Según la familia ISO 5500X

Con esta estandarización reconocida internacionalmente, se pretende que las organizaciones logren un lenguaje común respecto a la gestión de activos, así como un marco para la toma de decisiones confiable que oriente a una coherencia en las prácticas de gestión de activos implementadas por las organizaciones (Davies, 2016).

El lanzamiento de la familia del estándar internacional ISO 5500X fue en el año 2014; no obstante, tras una revisión para su actualización, sólo la norma ISO 55002 sufre algunos cambios durante el 2018 (ISO, 2018). Las normas que conforman esta familia son las siguientes:

ISO 55000-2014: Proporciona los aspectos generales, principios y terminología general de la gestión de activos y los beneficios esperados de la adopción de la gestión de activos (ISO, 2014).

ISO 55001-2014: Define los requisitos para establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora de un SGAc (Galindo, 2020). Este estándar provee un marco para establecer políticas de gestión de activos, objetivos y procesos, y permite que una organización alcance sus metas estratégicas (ISO, 2014).

ISO 55002-2018: Esta norma fue revisada en el 2018 y brinda orientación en la implementación y mantenimiento de un SGAc acorde con los requisitos establecidos en la ISO 55001 (ISO, 2018). Durante su actualización se clarifica la contribución del aporte de la implementación de los requisitos de la norma ISO 55001 a los principios básicos de la gestión de activos: valor, alineación, liderazgo y seguridad (ISO, 2018).

4.3 Sistema de Gestión de Activos (SGAc)

Un sistema de gestión es un conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas y objetivos y procesos para alcanzar esos objetivos (ISO 9000, 2015). Por su parte, la ISO define el sistema de gestión de activos como un sistema de

gestión para la gestión de activos cuya función es la de establecer la política de la gestión de activos y los objetivos de la gestión de activos (ISO 55000, 2014).

Beneficios de implementar un SGAc bajo el estándar ISO 55001:2014

Durante las últimas dos décadas, la gestión de activos se ha encaminado de una manera holística y sistemática, permitiendo la integración de las distintas actividades de la organización, desde el ámbito financiero y no financiero, así como el técnico y no técnico (ISO/TC 251, 2019).

La adopción de las normas ISO 5500X permite a la organización alcanzar sus objetivos a través de una gestión eficaz y eficiente de sus activos. Implementar un sistema de gestión de activos bajo los requisitos del estándar internacional ISO 55001 garantiza que los objetivos de gestión de activo y, por ende, los objetivos organizacionales, se puedan alcanzar de manera consistente y sostenible en el tiempo.

De igual manera, este estándar brinda orientación en las mejores prácticas de gestión de activos, ya que a través del sistema de gestión de activos se proporciona un enfoque más estructurado y sistemático en la organización, permitiendo los siguientes beneficios (The British Standards Institution, BSI, 2023):

- Agilizar el retorno de la inversión que se espera sobre los activos, maximizando el valor que le produce cada uno de estos a la organización.
- Mejorar el flujo de la información para la óptima toma de decisiones asociada a la inversión en los activos durante su ciclo de vida.
- Reducir los riesgos que están relacionados a la propiedad de los activos.
- Contribuir al mejoramiento del rendimiento financiero, la rentabilidad de las inversiones y reducción de los costos, contribuyendo al crecimiento del negocio y su sostenibilidad.
- Mejorar la garantía de calidad que se ofrece a las partes interesadas.
- Demostrar la capacidad que tiene la organización frente al cumplimiento de requisitos legales asociados a la gestión de sus activos.

Algunos de los beneficios pueden ser evaluados o cuantificarse; tal es el caso de la reducción en el capital y los costos de los mantenimientos, el aumento de la disponibilidad de los activos y la reducción a la exposición del riesgo.

Mejora continua de un sistema de gestión

La mejora es una ‘actividad’ para mejorar el desempeño, por lo que, acorde con la ISO, la mejora continua es una actividad recurrente para mejorar el desempeño (ISO 9000, 2015).

Todas las empresas de los diferentes sectores económicos siempre están en busca de la mejora continua, por ello, muchas han tomado como estrategia la implementación de sistemas de gestión requeridos para estandarizar sus procesos, y basados en ello, optimizar sus actividades para mantener el rendimiento de la organización y poder reaccionar a las necesidades y expectativas de las partes interesadas, así como a los cambios en su contexto interno y externo (Franco, Monroy, Peña, & Avellaneda, 2017).

Generalmente, la mejora continua de un sistema de gestión apunta a la optimización de las actividades que se desprenden de los procesos organizacionales a los que impacta, basados en el ciclo PHVA empleado por Deming (Garcia, Quispe, & Paez, 2003).

La mejora continua en una organización contribuye a subsanar errores, reforzar aciertos y mejorar, en definitiva, el rendimiento operativo y económico de la organización.

4.4 Lean Manufacturing

Como lo mencionan Sarria, Fonseca y Bocanegra en su escrito *Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing*, esta metodología es un conjunto de principios y herramientas de gestión de la producción, que busca la mejora continua a través de minimizar el desperdicio, considerado este último como toda actividad que no agrega valor (2017). Además, *Lean Manufacturing* dentro de sus beneficios, contribuye a la satisfacción de los clientes, a incrementar el valor agregado en los productos y servicios, conlleva a una mayor participación en los procesos de mejoramiento, y garantiza un aumento de las ganancias para aquellos que han invertido (Perez Rave, y otros, 2011).

Beneficio de implementar Lean Manufacturing

Lean Manufacturing busca reducir la cantidad de desperdicios o mudas permitiendo generar mejores resultados productivos. Estas mudas (término japonés) se pueden entender como aquella actividad que no genera valor al producto o servicio, sino todo lo contrario, consume recursos (Ibarra & Ballesteros, 2017).

Ocho (8) desperdicios o mudas en Lean Manufacturing

Al ser una metodología que aboga por optimizar procesos, se requiere analizar adecuadamente aquellos elementos que no agregan valor a la cadena o procesos de producción. Los elementos ‘desperdicio’ para tener en cuenta son:

- Talento no utilizado: uno de los desperdicios más sutiles, ya que no se puede detectar a corto plazo.
- Inventario: se puede dar por un exceso de stock, o bien por disponer de demasiada instrumentación en la cadena de producción.
- Transporte: se deriva de un exceso de distancia. Generalmente sucede cuando la localización de los distintos puntos de la cadena es deficiente.
- Tiempos de espera: son los tiempos muertos entre etapas de la cadena que presentan niveles dispares de carga de trabajo.
- Movimientos: se refiere a los traslados innecesarios del personal en el mismo centro de trabajo, dando lugar a consumir tiempo en moverse de un punto a otro para gestionar actividades que no pueden ser abordadas de otra manera, pero que no aportan valor alguno al proceso de producción.
- Defectos: este desperdicio acontece cuando el trabajo no se ha completado satisfactoriamente al primer intento.
- Sobreproducción: sucede cuando se fabrica más cantidad de producto de lo que se necesita; también se da cuando el equipamiento que se ha adquirido o diseñado cuenta con unas prestaciones excesivas.
- Exceso de procesos: tales como validaciones innecesarias, informes prescindibles o especificaciones excesivas.

Acorde con el estudio realizado por Ibarra y Ballesteros (Manufactura Esbelta, 2017) los principios de la metodología de manufactura esbelta son:

- Hacer únicamente ‘lo que es necesario, cuando es necesario y en la cantidad necesaria’.
- La calidad debe ser parte inherente del proceso.
- El tiempo total de proceso debe ser mínimo.

- Alta utilización de máquinas y mano de obra.
- Mejora Continua (KAIZEN). El proceso nunca acaba. Siempre habrá una mejor manera de hacerlo.

4.5 Six Sigma

Six Sigma es un conjunto de herramientas, técnicas y metodologías utilizadas para mejorar los procesos dentro de una organización.

De acuerdo con lo expuesto por S.K. White, *six sigma* es una metodología enfocada a la mejora de los procesos organizacionales, productos o servicios mediante la identificación, reducción y/o eliminación de desperdicios, con la finalidad de agilizar el control de calidad en los procesos para que haya poca o ninguna variación en este (White, 2023). La finalidad de esta metodología es identificar las causas de los errores, defectos y retrasos en los diferentes procesos del negocio, enfocándose en los aspectos que son críticos para el cliente (Díaz, 2020).

El principio de la metodología six sigma está orientado por el objetivo de identificar y eliminar cualquier defecto que cause variaciones en la calidad definiendo una secuencia de pasos en torno a un objetivo determinado (White, 2023).

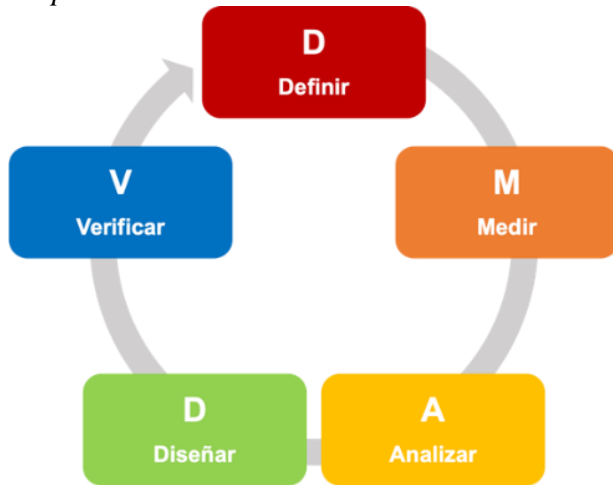
Ahora bien, existen dos enfoques para implementar una metodología *six sigma*: DMAIC y DMADV.

¿Qué es DMADV?

Método o enfoque utilizado cuando se requiere diseñar o rediseñar los productos y procesos buscando alcanzar un nivel Seis Sigma (Gomez Montoya & Barrera, 2011).

Estrategia útil de implementar para la identificación temprana de oportunidades de mejora, manejo de base de datos, y análisis exhaustivos; su objetivo se basa en asegurar el óptimo balance entre las necesidades de las partes interesadas, los procesos o procedimientos orientados a cumplir esas necesidades, así como las metas u objetivos organizacionales (Kanbanize, 2022).

Ilustración 1
Etapas DMADV



Nota. Fuente: Elaboración propia

Entre sus etapas se encuentran:

- Definir: Es la primera fase de la metodología. La estrategia y el cumplimiento de metas debe estar alineado con las expectativas y necesidades de la compañía, así como de sus partes interesadas. Por ello, en este paso se pretende determinar las metas del proyecto acorde con las necesidades o problema identificados (Kanbanize, 2022).
- Medir: Segunda fase de la metodología. Su intención es identificar los parámetros clave que impactan directamente el problema identificado durante el paso anterior y poder recolectar la información requerida (Academia Balderix, s.f.).
- Analizar: Tercera fase de la metodología DMADV. En este paso, se tiene por propósito analizar la información recolectada, con la finalidad de encontrar la causa del problema (Academia Balderix, s.f.).
- Diseñar: Es la cuarta fase de esta metodología. Su propósito es generar alternativas de diseño acorde con el resultado obtenido del problema analizado (Feldman, 2023).
- Verificar: Última fase de la metodología DMADV. En este paso se validará y verificará que el diseño es aceptable por todas las partes interesadas (Feldman, 2023).

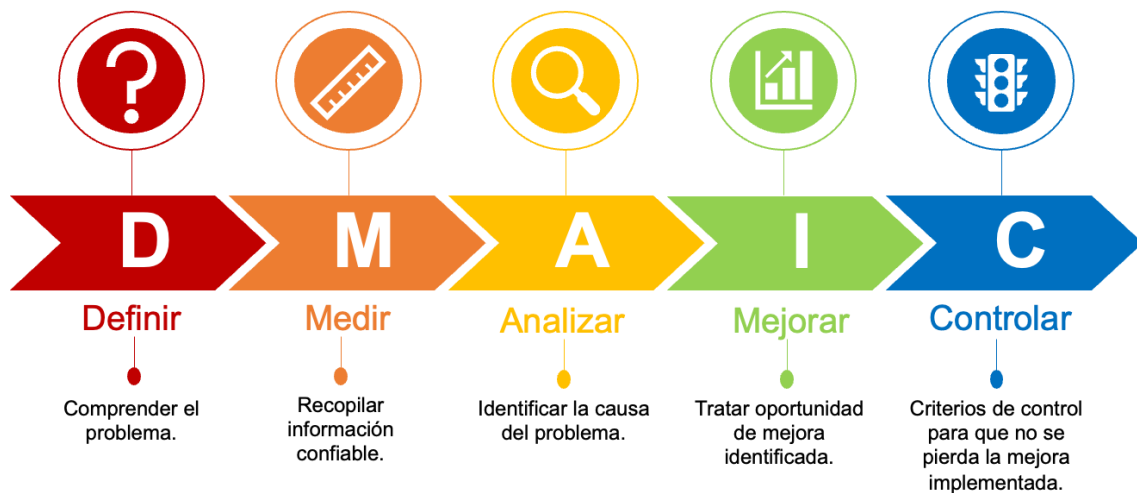
¿Qué es DMAIC?

Método o enfoque utilizado para la resolución de conflictos basado en la recopilación de datos para optimizar la toma de decisiones y mejorar la calidad del producto o servicio (Dropbox,

s.f.). Su uso se suele dar en proyectos que implementan la metodología Six Sigma; no obstante, no está dado únicamente a este tipo de estrategia, pudiéndose implementar en diversas situaciones en las que se identifican oportunidades de mejora que así lo requieran (Minetto, 2023).

Ilustración 2

Etapas DMAIC



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Las fases que tiene la metodología DMAIC son las siguientes:

- Definir: Primer fase de la metodología. Su propósito es definir lo que se hará y el resultado que se espera, a través de la identificación de oportunidades, el establecimiento del alcance, los objetivos y el equipo que participará (Minetto, 2023).
- Medir: Es la segunda fase de DMAIC. Su objetivo es recopilar información con la finalidad de analizar y evaluar el estado actual, permitiendo segregar el problema identificado (Academia Balderix, s.f.).
- Analizar: Tercera fase del DMAIC. Su foco es identificar la causa que ha originado el problema identificado; su intención es priorizar y validar las causas para tratar el problema (Minetto, 2023).

- Mejorar (Improve): Cuarta fase de esta metodología. Su intención es mejorar el proceso, servicio o producto a través de la adición o eliminación de la causa raíz (ASQ, 2018).
- Controlar: Última fase de la metodología DMAIC. Su foco está en controlar las actividades propuestas en el plan de acción establecido durante la fase anterior (Minetto, 2023).

Diferencias entre el método DMADV utilizado para Lean Manufacturing y el método DMAIC utilizado para Six Sigma.

DMADV es una metodología útil para la recopilación y análisis de información de necesidades del cliente; no obstante, su foco está en el desarrollo de nuevos productos, servicios (o incluso procesos) (Kanbanize, 2022). Por su lado, DMAIC no busca diseñar un proceso, servicio o producto nuevo, su enfoque está dado en mejorar un proceso ya existente; por lo que es usado generalmente para establecer estrategias de mejora continua, basadas en la recopilación de información, convirtiéndose en una herramienta o método esencial de *Six Sigma*.

4.6 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma, también conocida por sus siglas LSS, resulta ser una estrategia integrada en la que se ve reflejada la sinergia entre dos poderosas metodologías complementadas una a la otra (Lean y Six Sigma) con la finalidad única de la mejora continua organizacional a través de resultados óptimos en los procesos (Bloj, Moica, & Veres, 2020). Su finalidad es la optimización y mejora continua de los procesos (Ramírez J. , López, Hernández, & Morejón, 2021).

Acorde con la ASQ (Sociedad Estadounidense de Calidad), LSS no solo contribuye a mejorar la productividad y eficacia del personal, sino que también aporta sentido a la toma de decisiones basada en información, ya que permite identificar y eliminar de manera sistemática cuellos de botella, desperdicios y variaciones; por tanto, facilita la mejora continua y el aseguramiento de la calidad, mejorando el desempeño de la organización (Ali, y otros, 2020).

5. Estado del arte

En este apartado se presenta la compilación de resultados de otras investigaciones con relación a la evolución de la gestión de activos, la implementación del sistema de gestión de activos en empresas colombianas y las metodologías que se han considerado para la mejora continua de la gestión propia de los activos, así como de su sistema de gestión.

5.1 La gestión de activos y su evolución en la industria a nivel mundial

La gestión de activos es igual a otras disciplinas de gestión, de hecho, se comprende cada vez más como una disciplina orientada por la estrategia (Davis, 2015) en donde el valor de los activos es su contribución para cumplir los objetivos estratégicos del negocio. Alrededor del mundo se han desarrollado diversos enfoques, normas y modelos en la comprensión y principios de gestión de activos (Galindo, 2020).

Este tipo de gestión permite a las organizaciones supervisar activos, evaluar su estado y mantenerlos en buen funcionamiento (Medina, La gestión de activos, su historia y definiciones, aspectos claves para entender su alcance, 2016). De esta manera, se minimizan las fallas de los equipos y el tiempo de inactividad, y se mejora el valor de la vida útil de un activo; además, integra la planificación estratégica con operaciones, mantenimiento y decisiones de inversión (Zuñiga, 2018).

A nivel de operaciones, la gestión de activos apela a la eficiencia de todos los activos, incluyendo cumplimiento de normativa y recursos humanos. Del mismo modo, la gestión de activos incluye retos que incluyen la mejora de la productividad, maximización del ciclo de vida y minimización del costo total.

La gestión de activos durante el siglo XX

La gestión de activos no es nueva, desde hace mucho tiempo la sociedad ha venido gestionando activos (Medina, La gestión de activos, su historia y definiciones, aspectos claves para entender su alcance, 2016); lo que ha cambiado con el tiempo es el concepto y el

reconocimiento de que una buena gestión involucra el balance – relación óptima del costo, riesgo y desempeño a través del ciclo de vida del activo.

Para los años 70's la OPEP decide aumentar el precio del crudo ocasionando que el crecimiento de la economía mundial se frenara abruptamente (Medina, La gestión de activos, su historia y definiciones, aspectos claves para entender su alcance, 2016). Muchas industrias se vieron obligadas a innovar, ahorrar energía y reducir personal para mantener la productividad, generando que los países se enfrentaran a un sin número de consecuencias tales como el crecimiento de la inflación y el aumento en las cifras del desempleo (SOLEX, 2020).

Con la caída del petróleo en los años 80's, y como respuesta a las consecuencias originadas por el aumento del precio de este en los años 70's, surgen iniciativas que buscan el mejoramiento de la rentabilidad mediante el establecimiento de estrategias que pudieran minimizar costos y maximizar productividad (SOLEX, 2020). Para esta misma década, se origina un desastre en la plataforma petrolera Piper Alpha en donde fallecieron alrededor de 167 personas (GOLD, 2003); considerado como la peor tragedia en el sector petrolero en el Reino Unido.

El reporte condujo a una serie de recomendaciones que cambiaron radicalmente la forma cómo se gestionaba este tipo de infraestructuras (Pate-Cronell, 1993). Una de estas recomendaciones, y quizá la más importante, fue el descubrimiento de gestionar el activo desde el concepto de su ciclo de vida, lo cual permitiría lograr cambios masivos en el mejoramiento del desempeño y productividad y seguridad (Pate-Cronell, 1993). Por medio de estas situaciones, la industrial de petróleo y gas del Mar del Norte decide adoptar el término Gestión de Activos.

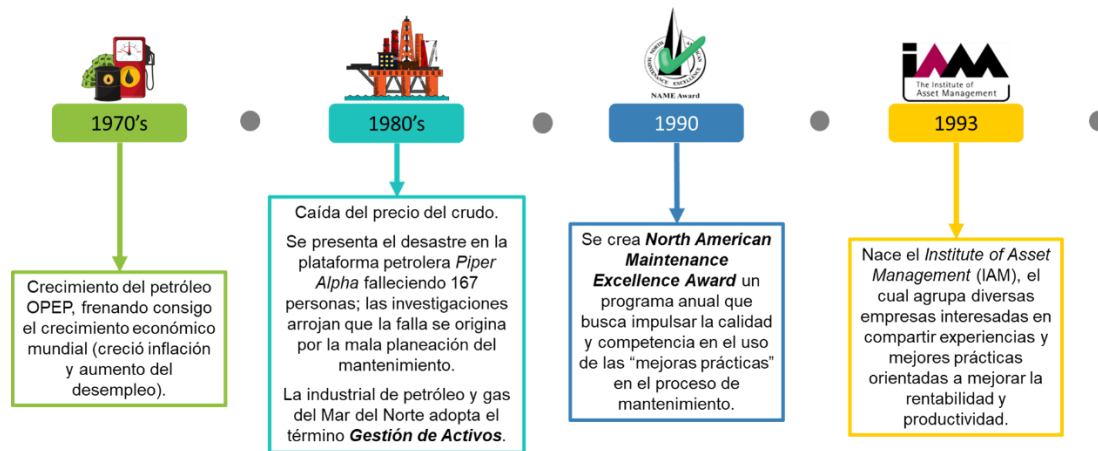
Para el año 1990 se crea en Estados Unidos la “North American Maintenance Excellence Award” (Premio a la excelencia en mantenimiento de América del Norte), también conocida como “NAME”, un programa anual creado para reconocer a las organizaciones de América del norte que se destacan por la buena realización del proceso de mantenimiento, por tanto, su objetivo principal era impulsar la calidad y competencia en el uso de ‘mejores prácticas’ y la identificación de las empresas líderes en la implementación de estas prácticas en el proceso de mantenimiento (SOLEX, 2020).

Dichas iniciativas permitieron la ocurrencia de una serie de hechos relevantes para la gestión de activos, ya que esta mismo generó enormes beneficios en la producción petrolera. Por

ello, debido al éxito de esta filosofía, surgió la necesidad de estandarizar el concepto, por lo que para el año 1993 nace en el Reino Unido el *Institute of Asset Management* (Instituto de Gestión de Activos), también conocido como IAM (BSI); instituto que agrupa diversas empresas interesadas en compartir experiencias y mejores prácticas orientadas básicamente a mejorar la rentabilidad y productividad.

Ilustración 3

Gestión de Activos durante los años 70's, 80's y 90's



Nota. Línea del tiempo de la evolución de la gestión de activos durante la mitad del siglo XX. Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que, durante mucho tiempo la gestión de activos fue considerada bajo una perspectiva relacionada netamente al mantenimiento, limitándola a las intervenciones de mantenimiento sin implementar estrategias específicas no técnicas que permitieran mejorar las actividades realizadas desde este campo (Vera, 2020).

La gestión de activos durante el siglo XXI

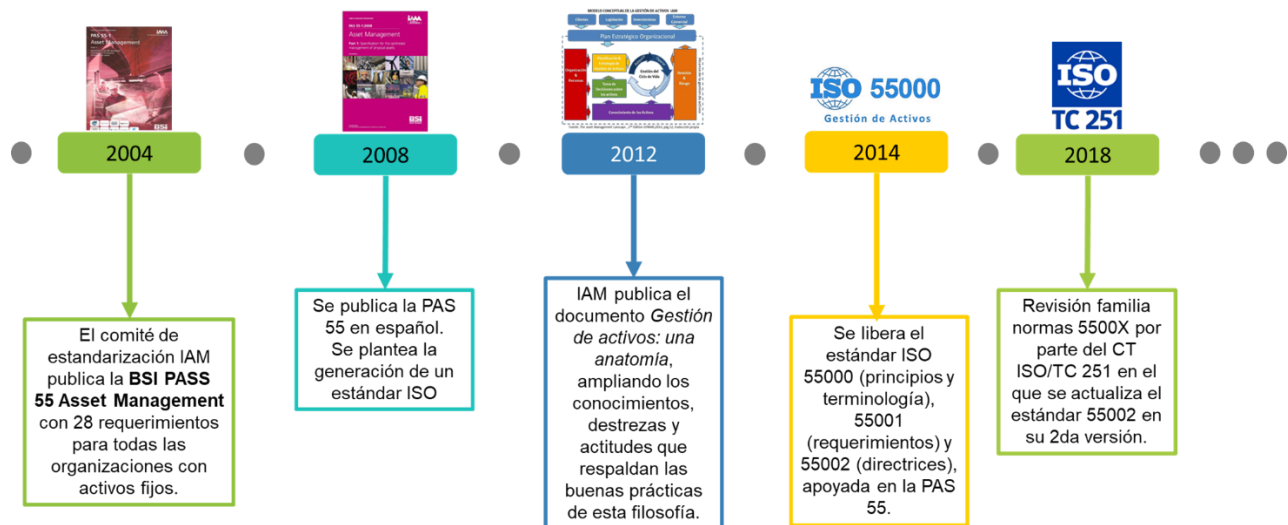
Para el año 2004 el comité de estandarización del IAM, en el que participan expertos en el área, publicó la BSI PASS 55 Asset Management (Especificación Pública del Instituto de Estándares Británico), en la que se mencionan los distintos requerimientos para implementar las buenas prácticas en cualquier organización con activos fijos realmente críticos para el cumplimiento de los objetivos del negocio (BSI, 2004). En el 2008 se publica por primera vez la PAS 55 en su versión en español. Al ser acogida con enorme éxito en un amplio rango de

sectores industriales a nivel mundial, se plantea estandarizar internacionalmente la gestión de activos por medio de la ISO (SOLEX, 2020).

Para el año 2012, el IAM publica el documento gestión de activos: una anatomía, el cual presenta la examinación y análisis de las partes de la gestión de activos, ampliando los conocimientos, destrezas y actitudes que respaldan las buenas prácticas de esta filosofía (SOLEX, 2020). Ya para enero de 2014 la Organización Internacional para la Normalización, por medio de su comité 251, aprueba y libera la primera versión de la ISO 55000 que toma como referente inicial la PAS 55 (Medina, La gestión de activos, su historia y definiciones, aspectos claves para entender su alcance, 2016).

Ilustración 4

La Gestión de Activos durante el siglo XXI



Nota. Línea del tiempo de la evolución de la gestión de activos durante el siglo XXI. Los tres puntos al final representan el futuro que trazará la evolución. Fuente: Elaboración propia.

5.2 La gestión de activos y su sistema de gestión en Colombia

Con la expedición de la resolución CREG 015 del 2018, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) estableció la metodología para la remuneración de las actividades de distribución de energía eléctrica en el país (Lopez, 2020). En el numeral 6.3.3.4 de dicha resolución se les exige a los OR incluir dentro de su plan de inversiones los activos necesarios para implementar y certificar un sistema de gestión de activos con base en la norma ISO 55001

en un plazo de cinco (5) años después de la entrada en vigor de la resolución, lo que ha conllevado a que un mayor número de empresas opten por mejorar la gestión de sus activos a través de las buenas prácticas internacionales (CREG, 2018).

Existen varios estudios de investigación relacionados al diseño metodológico para la implementación de un sistema de gestión de activos en empresas colombianas; de hecho, varias empresas de los sectores económicos de servicios públicos, infraestructura y educación han tenido iniciativas de implementación de este modelo de gestión en sus organizaciones (Lopez, 2020). Resaltando que, durante los años 2021, 2022 y el primer trimestre del año 2023, algunas organizaciones del sector transmisión y distribución de energía eléctrica, lograron la certificación de su sistema de gestión de activos basado en el estándar internacional ISO 55001:2014, generando así una mayor evolución en la implementación de mejores prácticas relacionadas a la gestión de los activos.

El estándar ISO 55001:2014 permite demostrar la relación entre un sistema de gestión de activos y el modelo de mejora continua de Deming denominado ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) bajo una visión integral para la organización (Lopez, 2020).

Implementar un sistema de gestión de activos en organizaciones colombianas es un reto de gran impacto para todos los sectores económicos, ya que les permite profundizar el análisis sistemático de su contexto organizacional, así como los requerimientos de las partes interesadas para la creación y generación de valor a través de sus activos (Agudelo, 2013).

En Colombia, organizaciones como Empresas Públicas de Medellín (EPM) han liderado la implementación de este sistema de gestión de activos, así como la implementación de mejores prácticas requeridas por los estándares internacionales PAS 55 e ISO 55001 con la finalidad de asegurar el cumplimiento de sus objetivos de gestión de activos y, por ende, los objetivos estratégicos (EPM, 2023).

En la actualidad, todas las empresas filiales del grupo EPM a nivel nacional se certificaron en la Norma ISO 55001 de gestión de activos. Iniciando con CHEC en enero de 2022, siguiendo con EDEQ en mayo de 2022, EPM en noviembre de 2022, CENS y ESSA a finales de ese mismo año y Afinia en enero de 2023 (EPM, 2023).

5.3 Herramientas y/o metodologías con enfoque a la gestión de activos

Con la publicación de la PAS 55 y el estándar internacional ISO 55001:2014, se han desarrollado metodologías que permiten optimizar la gestión que conlleva a la mejora continua de la gestión de activos y su sistema de gestión. Países como Australia y Nueva Zelanda son pioneros en la implementación de herramientas o metodologías con criterios que emanan las normas de gestión de activos y que sirven como apoyo a la toma de decisiones (Urrea Mallebrera, 2020).

De acuerdo con lo indicado por Manríquez, los modelos que se han desarrollado describen los aspectos claves de la gestión de activos (2015), así como el alcance global de esta, la manera en cómo interactúan y se enlazan con los objetivos y el plan estratégico de la organización (Galindo, 2020).

Algunas de las herramientas comunes para la optimización de la gestión relacionadas a las diferentes etapas del ciclo de vida de los activos, la gestión de activos y su sistema de gestión son:

- a. **Toma de decisiones – CRD:** Tomar decisiones basados en costos-riesgos-desempeño, permitiendo identificar proyectos con mayores beneficios y la mejor solución para enfrentar los retos propuestos.
- b. **Salud de activos:** Orienta la medición de la salud de activos, definiendo las directrices bajo las cuáles se identifican los parámetros, se evalúa la salud y se incorpora los resultados en la toma de decisiones.
- c. **Análisis de criticidad:** Evaluar la frecuencia o probabilidad de fallas vs el impacto o consecuencia que cada una de estas genera sobre los objetos de impacto de la organización, permitiendo jerarquizar los activos dependiendo de su nivel de riesgo e importancia.
- d. **Análisis de fallas:** Proceso para descubrir las causas principales de los problemas con la finalidad de identificar las soluciones adecuadas.
- e. **Calidad de datos:** Tener información confiable que alimente las decisiones sobre el activo durante todo su ciclo de vida.
- f. **Taxonomía:** Facilita la vinculación, revisión y mejoramiento de las estructuras de activos y sus atributos, apoyando la toma de decisiones.

- g. RCM:** Mantenimiento centrado en confiabilidad es una “metodología de mantenimiento que permite identificar fallos potenciales de los equipos y sus posibles causas, clasificar la criticidad de los fallos y proponer medidas que los eviten” (Gonzalez, 2021).

5.4 Lean Six Sigma como metodología para la mejora continua

Lean six sigma se ha convertido en una metodología esencial para la mejora empresarial, ya que, si se implementa de manera correcta, se puede impactar positivamente en la eficacia de la gestión, el tiempo del ciclo, costos más bajos e incluso se llega a mejorar la competitividad (Tampubolon & Purba, 2021), resultando una metodología bastante beneficiosa tanto para empresas del sector industrial [empresas de producción] o como para el sector servicio (Zhang, Irfan, Aamir, Khattak, & Zhu, 2012). Su relación con los sistemas de gestión basado en las normas internacionales ISO con estructura de alto nivel parte del concepto básico de la mejora continua (Franco, Monroy, Peña, & Avellaneda, 2017).

Ciertamente, implementar la metodología *Lean Six Sigma* tiene su grado de dificultad, ya que requiere un fuerte compromiso por parte de la alta dirección de la organización, entrenamiento y educación del recurso, así como algunos factores comunes relacionados a la comunicación, teniendo en cuenta que esta debe ser adoptada y adaptada acorde con la naturaleza, necesidades y desafíos propios de la organización (Hernandez, 2023). No obstante, las herramientas específicas de mejoramiento permiten generar mayor valor a las decisiones tomadas a partir de datos concretos (Díaz, 2020).

Socconini y Reato indican que es preciso identificar el nivel de madurez de gestión de la organización con el fin de poder definir los pasos correctos para que la implementación de la metodología *Lean Six Sigma* se lleve a cabo con éxito (2018). Otros investigadores mencionan la importancia de considerar la articulación de la metodología *Lean Six Sigma* con la estrategia organizacional denominada: formación (Felizzola & Luna, 2014).

Por otra parte, Ramírez, López, Hernández y Morejón mencionan que existen diversas herramientas que se pueden utilizar para aplicar la metodología (2021). Algunas de estas herramientas de control de calidad aplicadas desde la metodología LSS son:

- a. **DMAIC:** Es un acrónimo debido al nombre en inglés de las etapas que la comprenden (define, measure, analyse, improve, control); su uso contribuye a la reducción y eliminación de aquellas causas que generan variabilidad en los procesos (Garcia M. , 2019).
- b. **Value stream mapping:** Conocido como mapa de flujo de valor que permite analizar el flujo de información y materiales con tal de entregar el producto o servicio requerido (Canive, 2020).
- c. **5 porqués:** herramienta de uso simple que identifica el problema a través de la formulación de cinco preguntas “¿por qué?”; cabe resaltar que en algunos casos se deberá extender a más cantidades de preguntas, con la hasta llegar al origen del problema (Becher, 2020).
- d. **Diagrama Ishikawa (fishbone):** Conocido como diagrama Ishikawa, causa-efecto o espina de pescado. Recibe este último nombre debido a que su estructura tiene forma del esqueleto de un pescado. Su funcionalidad es identificar problemas, dándole soluciones al representar de forma gráfica aquellos factores que se ven involucrados en este el proceso (Rodríguez, 2023).
- e. **Cartas de control o control estadístico de procesos (SPC):** Su utilización se da principalmente para preparar las gráficas de control en las que se reflejan las distintas capacidades de mejora que puede tener el proceso (Canive, 2020).
- f. **Índice de capacidad el proceso (PCA):** Es un análisis estadístico en el que evalúa el desempeño de un proceso, indicando la medida en dicho proceso se encuentra bajo control o fuera de control, es decir, si es capaz o no (TCM, 2021).
- g. **Análisis de regresión:** Es una técnica estadística que estima la relación entre las variables dependientes y variables independientes explicativas. En otras palabras, examina la relación entre dos o más variables e identifica cuál tiene un mayor impacto en la gestión (Ortega, 2020).
- h. **Prueba de hipótesis:** Herramienta estadística que “evalúa dos afirmaciones mutuamente excluyentes sobre una población para determinar qué afirmación es mejor admitida por los datos de la muestra” (Addlink, 2019).

Relación lean six sigma con el modelo de mejora continua de un sistema de gestión de activos

Aún no existe mucha literatura en la que se manifieste una posible relación entre la metodología lean six sigma y los modelos de mejora continua enfocados a los sistemas de gestión de activos basados en el estándar ISO 55001. No obstante, considerando trabajos investigativos que se han relacionado en función a los sistemas de gestión de calidad bajo la norma internacional ISO 9001, y que estas normas cuentan con la misma estructura de alto nivel, se puede identificar y comparar el común ciclo PHVA o ciclo Deming utilizado como el modelo base para la mejora continua de los sistemas de gestión de activos con el pensamiento lean six sigma.

Acorde con dichos estudios, la relación e integración de estos modelos de mejora continua se da basado en lograr un apoyo y compromiso de la alta dirección, documentar la estrategia de lean six sigma que se está implementando en la organización.

Así mismo, se puede sintetizar esta relación tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1

Relación entre el modelo de mejora continua PHVA común para los SG y Lean Six Sigma

Ciclo PHVA para sistemas de gestión	Herramienta o principio Lean Six Sigma
Planear (P): Establecer los objetivos necesarios para alcanzar las metas propuestas acorde con las necesidades y requerimientos de la organización.	Hoshin Kanri Diagramas de flujo
Hacer (H): Implementar las estrategias para que apalanquen el cumplimiento de los objetivos.	Kaizen SIPOC
Verificar (V): Monitorear y medir lo definido por la organización en el que se pueda evidenciar el grado de cumplimiento de los objetivos trazados.	Cartas de control Indicadores (KPI) Gráficos
Actuar (A): Tomar acciones de acuerdo con lo requerido para lograr la mejora continua.	Kaizen Kanban Poka-yoke VSM – to be

Integración de la metodología Lean Six Sigma a un Sistema de Gestión de Activos basado en el estándar ISO 55001

Un sistema de gestión de activos debe ofrecer información clara para la toma de decisiones con la finalidad de que se impulse la mejora del desempeño de sus activos a partir de un enfoque basado en el costo-riesgo-desempeño.

En la actualidad existe muy poca información relacionada a la integración de la metodología *lean Six Sigma* a un sistema de gestión de activos basado en el estándar internacional ISO 55001; no obstante, se han adelantado estudios que relacionan esta metodología con otros sistemas de gestión tales como el de calidad (ISO 9001) y medio ambiente (ISO 14001) con la finalidad de ser una herramienta que contribuya a la mejora continua a través de un mejor y más detallado análisis de los datos para la adecuada y oportuna toma de decisiones (Franco, Monroy, Peña, & Avellaneda, 2017).

Ahora bien, así como con los sistemas de gestión mencionados anteriormente, integrar la metodología *lean Six Sigma* en un sistema de gestión de activos basado en el estándar internacional ISO 55001, como una herramienta de mejora continua en las prácticas y procesos que impactan el ciclo de vida de los activos y, por ende, la gestión de los activos permitirá obtener los siguientes beneficios:

- Toma de decisiones mejorada.
- Equipos multidisciplinarios con mayor cooperación.
- Riesgo reducido.

6. Metodología

Durante la investigación se realizará un abordaje metodológico cualitativo a partir de la revisión sistemática de literatura. La recopilación de información se realizará de manera exhaustiva con la intención de obtener la máxima información relevante y disponible, pertinentes respecto al tema de investigación, aprovechando las bases de datos aptas para consultas científicas.

En dichas bases de datos bibliográficas se consultará información publicada en los últimos 15 años desde el 2009 hasta el 2023; sin embargo, se tendrá en cuenta información con fecha de años anterior, toda vez que la información sea relevante y no se encuentre replicada. Para ello, se establecen criterios de inclusión de documentos referentes a: artículos, tesis, e investigaciones relacionadas a la estrategia de implementación de una metodología *lean six sigma* con enfoque a la mejora continua de sistemas de gestión basados en el estándar internacional como lo es la ISO 55001 para el sistema de gestión de activos. La información consultada se encontró redactada en idioma inglés o español. De igual manera, se estableció el criterio de exclusión de información proveniente de fuentes no confiables.

Fase 1. Se realizará una selección y evaluación metodológica del título y resumen de cada una de las investigaciones.

Fase 2. Se revisará el texto completo de los documentos seleccionados en la fase anterior.

Fase 3. Se realizará una búsqueda inversa y hacia adelante con la finalidad de precisar un mayor número de documentos. Esta fase se realizará considerando buscar referencias de las consultas iniciales en plataformas como Google Académico, *Mendely*, *Scielo* y *Scopus*.

Fase 4. Se realizará una lectura crítica de las investigaciones teniendo como referencia la guía de lectura crítica de estudios observacionales en epidemiología de Agustín Ciappioni (2010), con la intención de evaluar posibles brechas en la metodología de investigación.

Fase 5. Se realizará un trabajo de campo que permita levantar información más concreta respecto a las iniciativas de mejora continua en las empresas colombianas.

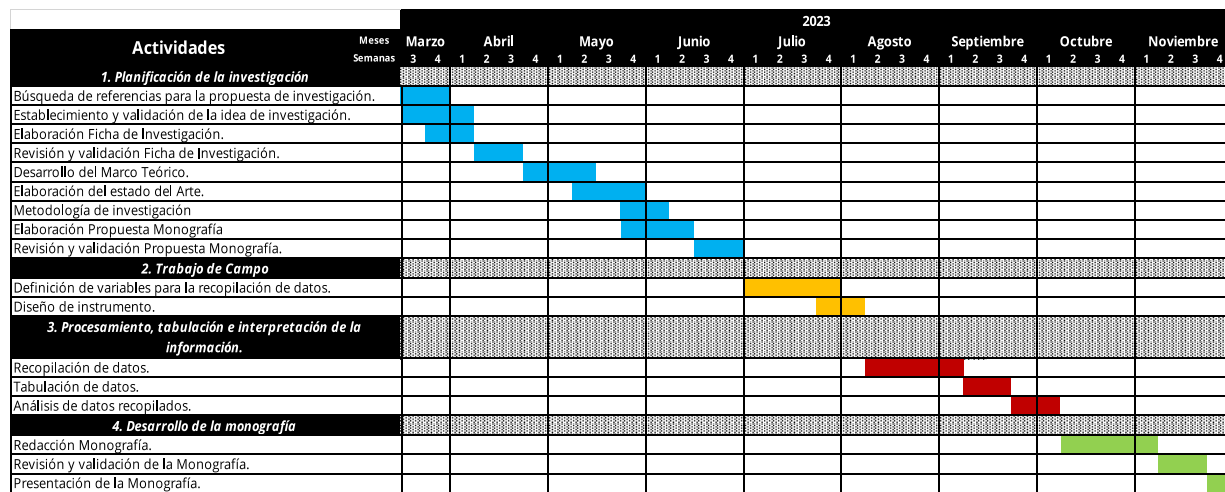
Fase 6. Se analizará y evaluará la información recopilada para la respectiva redacción de esta monografía.

6.1 Cronograma

Por tanto, se proyecta abordar este trabajo de investigación de la siguiente manera:

Ilustración 5

Cronograma Trabajo de Investigación



Nota. Representación gráfica del cronograma proyectado por el equipo para la realización del trabajo monográfico.

Fuente: Elaboración propia.

7. Resultados esperados

Son muchos los esfuerzos y recursos que hoy día las empresas efectúan para lograr de forma sistemática que sus procesos estén orientados a la mejora continua, entre ellos, estandarizar sus procesos a través de la implementación de estándares internacionales como lo es la ISO 55001 para sistema de gestión de Activos.

Actualmente en Colombia se han adelantado proyectos de implementación de sistema de gestión de activos a través de los sectores de infraestructura y servicios. La exigencia regulatoria por parte de la CREG contribuyó a aumentar el número de empresas que implementan el SGAc como estrategia para la creación y generación de valor a través de sus activos físicos de las empresas de distribución de energía.

Por otro lado, existen varios modelos de gestión para la mejora continua de un sistema de gestión, tal es el caso del popular “ciclo Deming” o “ciclo PHVA” (planear, hacer, verificar actuar), el cual está más enfocado a los procesos organizacionales que al detalle de mejora continua en cuanto a la gestión propia de los activos.

Ahora bien, a lo largo de los años, se ha estudiado la posible implementación del pensamiento *lean* y la metodología *Six Sigma* con un enfoque hacia la gestión de activos, arrojando resultados positivos para la gestión organizacional.

Por su parte, *lean six sigma* es una metodología que contempla los principios de un pensamiento *lean* y las herramientas estadísticas de la metodología *six sigma*, logrando convertirse en una herramienta metodológica práctica para lograr la mejora continua con un mínimo de errores o fallas en la ejecución de las actividades involucradas en cada uno de los procesos de la organización. No obstante, esta aún tiene muy pocas bases relacionadas a la mejora continua de un sistema de gestión de activos basado en el estándar internacional ISO 55001 o la gestión propia de activos físicos.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se espera lograr brindar una propuesta respecto a los beneficios que representa implementar la metodología *Lean Six Sigma* como herramienta estratégica para la mejora continua para un sistema de gestión de activos basado en la ISO 55001.

8. Estudio técnico de la monografía

En este apartado se tratará la parte técnica de este trabajo de monografía en el que se identificará a través de un estudio práctico muestral, las herramientas de mejora continua, las cuales son implementadas en empresas colombianas sin discriminar sector u objeto social.

8.1 Sondeo de uso de herramientas de mejora continua, aplicado a empresas colombianas

Gracias a la estructura de alto nivel con la que cuentan todos los estándares de normalización ISO en sus numerales, los sistemas de gestión implementados en las organizaciones buscan generar una cultura de mejora continua en sus procesos, con la finalidad de brindar un mejor producto y/o servicio acorde con las necesidades y expectativas de todas sus partes interesadas. No obstante, aun cuando los requisitos de la norma ISO 55001:2014 apuntan a la mejora continua, estos no especifican las herramientas o metodologías a implementar para conseguirla.

Para el desarrollo de esta monografía, se realizó un sondeo con el que se pretende identificar las herramientas o metodologías de mejora continua, utilizadas por las empresas colombianas con sistemas de gestión ya implementados. Para ello, se diseñó un instrumento considerando las necesidades del trabajo monográfico, y se construyó a través de la herramienta tecnológica *Google forms*; este formulario fue compartido por redes sociales profesionales como LinkedIn, así como por medio de correos electrónicos.

El total de respuestas recibidas durante la realización de este sondeo fue de 30 participantes.

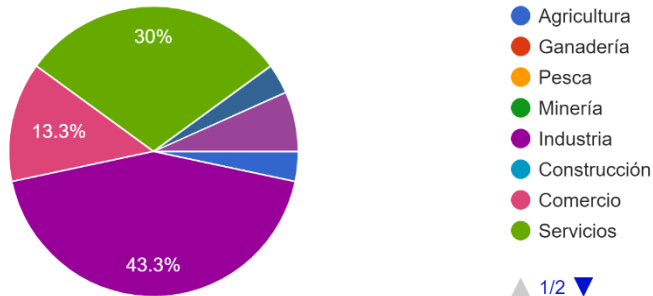
De los resultados obtenidos, las preguntas 2 y 3 del cuestionario están enfocadas en conocer el sector o actividad económica en el que la empresa se desenvuelve y el tipo de empresa del cual hace parte. En la ilustración 6 se observa que el 43.3% de las empresas desempeñan en el sector industrial, el 30% en el sector de los servicios, un 13.3% en el sector comercial y el 13.4% restante actúa en los demás sectores económicos que se mencionan en el formulario.

Ilustración 6

Actividad económica, participantes sondeo

Seleccione la actividad económica en la que se desempeña la empresa

30 respuestas



Nota. Se realiza una clasificación de actividades económicas acorde con lo establecido por entidades gubernamentales de Colombia. Fuente: Sondeo realizado por formulario Google

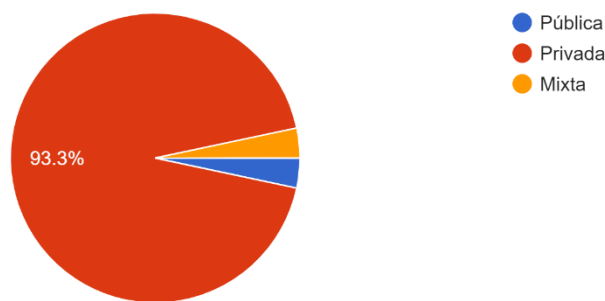
Para la pregunta 3, se consultó sobre la categoría en la que pertenece cada una de las empresas que realizaron el sondeo. De acuerdo con esto, el 93.3% de las empresas son privadas, y el porcentaje restante se divide en 3.3% del tipo Pública y 3.3% son Mixtas.

Ilustración 7

Clasificación por tipo, participantes sondeo

Seleccione el tipo de empresa

30 respuestas



Nota. Se realiza la clasificación por el tipo de empresa. Fuente: Sondeo realizado por formulario Google.

La pregunta 4 del sondeo está enfocada a identificar los sistemas de gestión implementados que tienen las empresas participantes. Acorde con las repuestas, se aprecia que el 76.1% tienen implementado al menos un sistema de gestión.

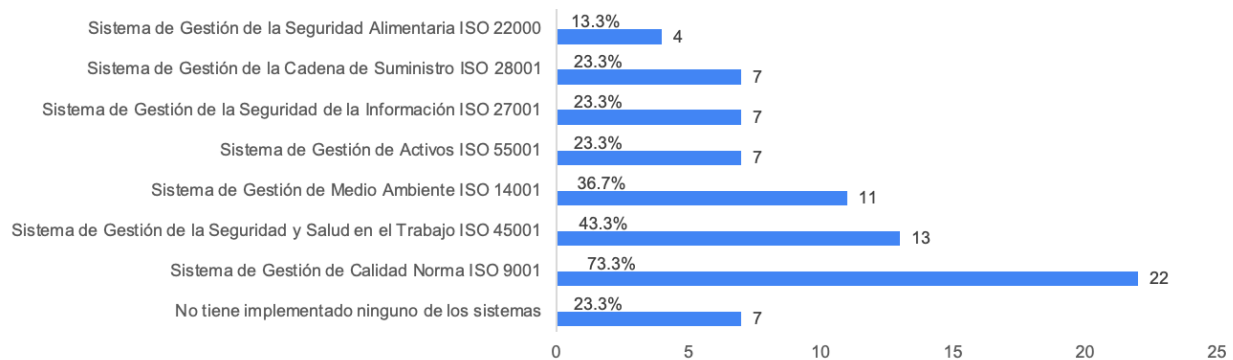
En la ilustración 8 se muestra que, de las empresas que tienen implementados sistemas de gestión, el 73.3% respondieron que cuentan con el sistema de gestión de calidad bajo el estándar ISO 9001, siendo la norma más implementada por las organizaciones participantes del sondeo. El 43.3% tiene implementado el sistema de gestión ambiental bajo la norma ISO 14001 y el 36.7% ha implementado el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo considerando los requisitos del estándar internacional ISO 45001.

Adicionalmente, se obtiene que de las 30 empresas, al menos 7 de ellas, las cuales representan un 23.3%, tienen implementado el Sistema de Gestión de Activos bajo el estándar ISO 55001, lo que permite apreciar que cada vez las organizaciones están teniendo en cuenta esta normativa para apalancar y dar cumplimiento a los objetivos estratégicos, permitiendo mejorar sus procesos para satisfacer las necesidades y expectativas de las partes interesadas.

Ilustración 8

Sistemas de gestión implementados por las empresas participantes del sondeo

Seleccione a continuación los Sistemas de Gestión implementados en la empresa:
30 respuestas



Nota. Se clasificaron los sistemas de gestión que han implementado las empresas participantes del sondeo como estrategia organizacional. Fuente: Sondeo realizado por formulario Google.

Con las preguntas cinco (5) y seis (6) se pretende identificar el porcentaje de las empresas participantes del sondeo que tienen implementada alguna metodología o herramientas de mejora continua en relación con los sistemas de gestión, así como las herramientas que han aplicado en sus procesos para obtener un mejor resultado en el producto y/o servicio final. De acuerdo con lo

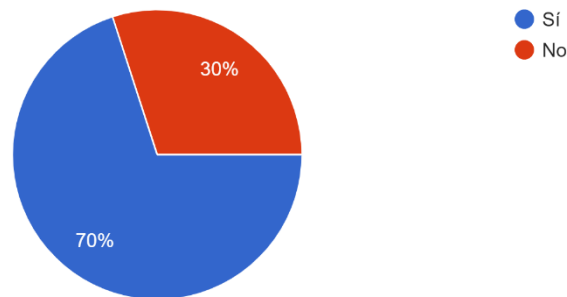
anterior, en la ilustración 9 se observa que un 70% de las empresas participantes implementan dichas herramientas.

Ilustración 9

Porcentaje de empresas encuestadas que implementan herramientas de mejora continua

¿En la empresa se han implementado metodologías o herramientas de mejora continúa en relación a los sistemas de gestión que tienen?

30 respuestas



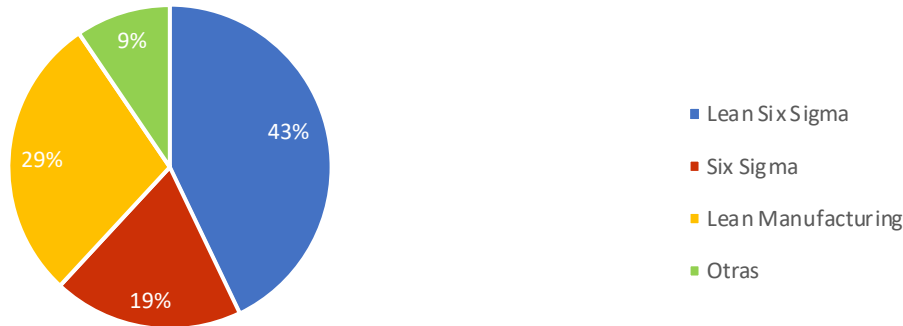
Nota. Se identifica el porcentaje de empresas que implementan herramientas o metodologías de mejora continua en sus sistemas de gestión y/o procesos organizacionales. Fuente: Sondeo realizado por formulario Google

En la ilustración 10 se aprecia que, del 70% de las empresas que han implementado metodologías de mejora continua en relación con sus sistemas de gestión, un 43% han utilizado la metodología Lean Six Sigma, 29% Lean Manufacturing, un 19% Six Sigma, y un 9% otras. Esto permite reconocer que actualmente hay organizaciones que están incursionando en implementar Lean Six Sigma como una estrategia empresarial para la mejora continua.

Ilustración 10

Metodologías implementadas como estrategias de mejora continua

De las siguientes metodologías, seleccione la que se haya implementado en su empresa:
30 respuestas



Nota. Fuente: Sondeo realizado por formulario Google.

La pregunta 7 del sondeo se formula para conocer las herramientas de mejora continua aplicadas por las organizaciones con la finalidad de relacionarlas con aquellas que han sido mayormente utilizadas por diferentes autores acorde con la literatura consultada, relacionándolo a su vez con los diferentes numerales del estándar internacional ISO 55001, identificando aquellos requerimientos que esta exige con relación a la metodología *lean six sigma*.

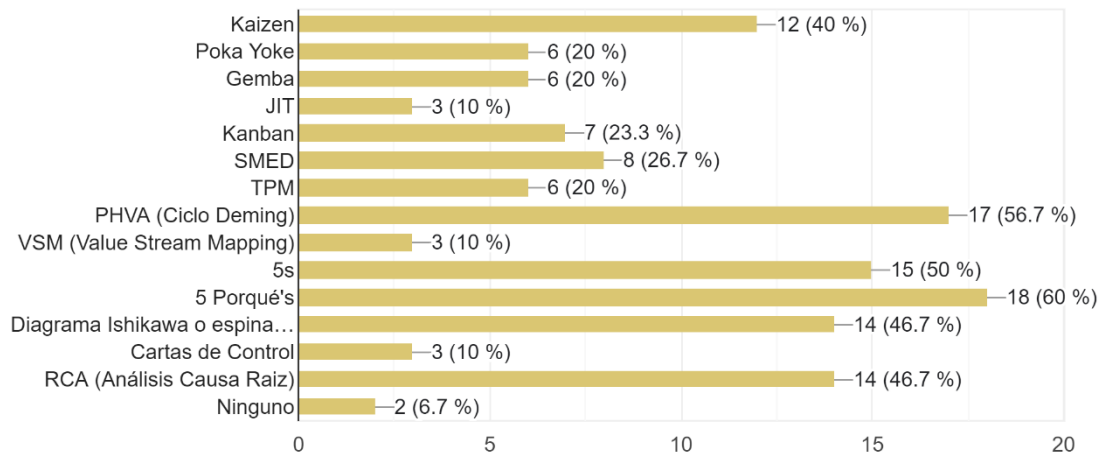
Ahora bien, acorde con el resultado obtenido para la pregunta siete (7), un 60% de las empresas encuestadas tienen implementada la herramienta 5s, un 56.7% el ciclo Deming o el ciclo PHVA, un 46.5% Diagrama de Ishikawa o espina de pescado y RCA, un 40% tiene grupos Kaizen.

Ilustración 11

Herramientas de mejora continua implementadas en las empresas participantes del sondeo

De las siguientes herramientas, seleccione la que se haya implementado en su empresa:

30 respuestas



Nota: Se clasificaron las herramientas más utilizadas como herramientas de mejora continua, las cuales tienen relación con la metodología Lean six Sigma. Fuente: Sondeo realizado por formulario Google.

La última pregunta, permite apreciar si las metodologías y herramientas de mejora que proponen los sistemas implementados en cada organización participante de la encuesta es suficiente para lograr la mejora continua que desean. Para este caso, se obtuvo que el 53.3% respondieron de manera positiva frente a un 46.7% que respondieron “no”.

Del anterior resultado, se puede evidenciar como aún hay un porcentaje de empresas que tienen la necesidad de implementar metodologías y herramientas que contribuyan a lograr la mejora continua como una estrategia organizacional.

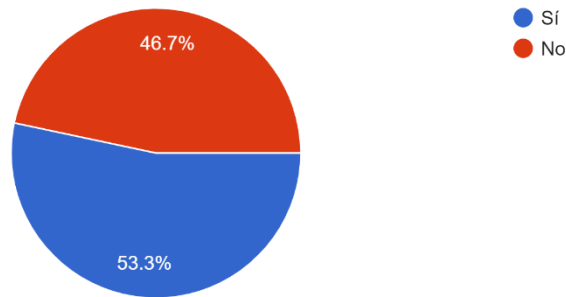
El enfoque de esta monografía es analizar, comparar y explicar la metodología *lean six sigma* como estrategia para la mejora continua de la gestión de activos y sus sistema de gestión con otras metodologías y/o herramientas. El enfoque DMAIC de la metodología *lean six sigma*, resulta útil para tener un mejor desempeño y una mejora continua acorde con las necesidades de los sistemas de gestión, y cumple con el ciclo del planear, hacer, verificar y actuar que estos requieren para el cumplimiento de sus numerales.

Ilustración 12

Eficiencia de las herramientas de mejora continua implementadas por las empresas encuestadas.

¿Cree usted que las metodologías y herramientas de mejora que proponen los SGI implementados en su empresa son suficientes para lograr la mejora continua que se desea?

30 respuestas



Nota. El equipo pretendió reconocer la opinión respecto a la eficiencia de las herramientas de mejora continua que se han implementado en las organizaciones que participaron en el sondeo. Fuente: Sondeo realizado por formulario Google.

9. Discusión

Los requisitos establecidos en la norma ISO 55001:2014 se organizan de acuerdo con la estructura de alto nivel proporcionada por el Anexo SL, el cual tiene como finalidad lograr una armonización entre los distintos estándares internacionales de sistemas de gestión.

Durante las consultas literarias se encuentran muy pocos trabajos de investigación que relacionan la integración de las metodologías lean y six sigma con normas internacionales como ISO. Los autores que han desarrollado investigaciones enfocadas en esta temática hacen la relación con los requerimientos de la norma ISO 9001.

Así mismo, en el transcurso de la revisión literaria se logra ir resolviendo las preguntas problemas que se dieron al inicio de la investigación, más exactamente durante la descripción del problema identificado. Actualmente son muchas las empresas que se enfrentan a mejorar continuamente su gestión de activos con la finalidad de lograr una mayor generación de valor a través de sus activos.

La gestión de activos es una serie de actividades inherentes en la operación de todas las industrias, por lo que, por su naturalidad, las empresas en Colombia no son ajenas a desarrollarlas desde el alcance de cada uno de sus procesos, conservando el enfoque del tratamiento durante cada una de las etapas del ciclo de vida del activo.

ISA Colombia fue una de las empresas pioneras en implantar el sistema de gestión de activos basado en la norma internacional ISO 55001 en todo el país. Su caso fue un rotundo éxito al lograr conseguir la certificación, lo que se puede traducir como el cumplimiento de los requerimientos que este estándar tiene. Otras empresas, tal como el Grupo EPM, logran certificar su SGAc, teniendo una trayectoria de aproximadamente 14 años de cultura de gestión de activos con enfoque al SGAc. Con la publicación de la Resolución 015 de 2018, se logra aumentar el número de empresas, especialmente del sector de energía, que se vieron involucradas en crear proyectos de implementación de sistemas de gestión de activos.

Ahora bien, considerando que son muy pocas las empresas que conocen esta norma, a través de un sondeo, se realizó la caracterización de las técnicas y/o herramientas que empresas colombianas utilizan para apalancar la mejora continua.

10. Conclusiones

Con los cambios dinámicos que enfrentan las industrias, así como el alto nivel de competencias que se ha dado en los últimos años como resultado de las estrategias implementadas para la búsqueda de la mejora continua desde la optimización de los procesos, este trabajo de grado se enfocó en analizar y comparar las herramientas de mejora continua que utilizan las empresas colombianas con las técnicas que se implementan desde la metodología lean y el pensamiento *six sigma*.

La finalidad de esta investigación es lograr generar un impacto en las industrias respecto al reconocimiento de otras herramientas de mejora continua como estrategia organizacional para la mayor generación de valor de las empresas a través de sus activos respecto a los lineamientos que se establecen desde sus sistemas de gestión de activos implementados bajo la norma internacional ISO 55001:2014.

Aunque existen algunas investigaciones en las que se trata la relación entre lean y six sigma, y un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001, al analizar la literatura consultada se logró identificar que no existen muchos documentos de investigación en los que se evidencien la posible implementación de *lean six sigma* como estrategia para la mejora continua de un sistema de gestión de activos basado en el estándar ISO 55001:2014.

A través de la Resolución 015 de 2018 se logró generar un impacto en la industria Colombia en relación con la implementación de los sistemas de gestión de activos bajo el estándar ISO 55001:2014; sin embargo, a la fecha, el número de empresas que han logrado mirar estratégicamente este sistema de gestión sigue siendo bajo.

Así mismo, aunque existe un panorama de reconocimiento de los beneficios que implica implantar la metodología *lean six sigma* como una estrategia organizacional, son muy pocas las empresas colombianas que han considerado tenerla como una iniciativa o proyecto en un corto o mediano plazo.

11. Recomendaciones

Este trabajo de grado permite tener varias direcciones futuras de investigación; entre ellas está el generar conciencia de los beneficios de estandarizar la gestión de los activos en empresas colombianas en el marco del cumplimiento de los requisitos para sistemas de gestión de activos basados en el estándar ISO 55001.

Se sugiere a los profesionales encargados de los sistemas de gestión de la industria, ampliar el panorama de las herramientas, técnicas y/o metodologías de mejora continua que permitan la optimización de sus procesos para alcanzar un mayor grado de madurez de dichos sistemas de gestión.

Bibliografía

31000, I. (2018). Gestión de riesgo- Directrices.

Academia Balderix. (s.f.). *DMAIC*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2023, de Probabilidad y Estadística: https://www.probabilidadyestadistica.net/dmaic/#google_vignette

Academia Balderix. (s.f.). *ProbabilidadyEstadística.net*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2023, de Academia Balderix: https://www.probabilidadyestadistica.net/dmadv/#google_vignette

Addlink. (25 de Marzo de 2019). *Comprendamos las pruebas de hipótesis: Por qué es necesario utilizar pruebas de hipótesis en estadística*. Obtenido de Addlink Software Científico: <https://www.addlink.es/noticias/minitab/2870-comprendamos-las-pruebas-de-hipotesis-por-que-es-necesario-utilizar-pruebas-de-hipotesis-en-estadistica#:~:text=La%20pruebas%20de%20hip%C3%B3tesis%20es,los%20datos%20de%20la%20muestra.>

Agudelo, A. I. (2013). *Propuesta de modelo de gestión de activos fijos con enfoque en procesos*. Convenio Universidad Santo Tomás e ICONTEC.

Alba Herrera, J., & Jimenez, O. (2021). *Estrategias y métodos para la gestión del conocimiento de acuerdo con los requisitos NTC- ISO 30401:20199*. Obtenido de Signos, investigación en sistemas de gestión 13(2): <http://doi.org/10.15332/24631140.6672>

Ali, S., Anwar, M., Mahtab, Z., Kabir, G., Kumar, S., & Haq, Z. (2020). Barriers to lean six sigma implementation in the supply chain: An ISM model. *Computers & Industrial Engineering*.

Amendola, L. (2011). *La madurez como factor de éxito en la Gestión Integral de activos físicos*. Obtenido de Asset Management PAS 55: <http://www.mantenimientomundial.com/notas/Factor-PAS55.pdf>

ASQ. (18 de Abril de 2018). *The define measure analyze improve control (DMAIC) process*. Obtenido de ASQ Excellence Through Quality: [https://asq.org/quality-resources/dmaic#:~:text=What%20Does%20DMAIC%20Stand%20For,\(internal%20and%20external\)%20requirements.](https://asq.org/quality-resources/dmaic#:~:text=What%20Does%20DMAIC%20Stand%20For,(internal%20and%20external)%20requirements.)

- Becher, M. (30 de Noviembre de 2020). *5 porqués: qué es y como aplicar*. Obtenido de Excellence Blog: <https://blog.softexpert.com/es/5-porques/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20aplicar%20los%20Cinco%20Porqu%C3%A9s,n%C3%BAmero%20sugerido%20por%20el%20m%C3%A9todo.>
- Bloj, M., Moica, S., & Veres, C. (2020). *Lean Six Sigma in the Energy Service Sector: A Case Study*. Obtenido de Procedia Manufacturing: <https://pdf.sciencedirectassets.com/306234/1-s2.0-S2351978920X00102/1-s2.0-S235197892030929X/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEHoaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIDY7IW4WoxrgNHVXs zacvFCfGGedyngTTPhzwxOafmHuAiBYAOoSFVFIx4gWk0eDP7MwbSeEFEUnLYcIKlpYGSHTLCq8>
- BSI. (29 de Abril de 2004). *BSI makes standards an asset with launch of PAS 55*. Obtenido de bsi.: <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/media-centre/press-releases/2004/4/BSI-makes-standards-an-asset/>
- Canive, T. (2020). *Lean Six Sigma*. Obtenido de Sinnaps: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/lean-six-sigma#six-sigma-green-belt-que-es>
- Chiavenato, I. (2001). *Administración de Recursos Humanos*. Colombia: McGraw-Hill.
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del Talento Humano (Tercera ed.)*. México DF: McGraw Hill.
- Ciapponi, A. (2010). *Artículo Especial: Guía de lectura crítica de estudios observacionales en epidemiología (primera parte)*. Obtenido de Studocu: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-nacional-autonoma-de-mexico/metodos-de-investigacion/ciapponi-a-guia-de-lectura-critica-de-estudios-observacionales-en-epidemiologia/17606526>
- CREG. (29 de Enero de 2018). *Resolución No. 15*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energías: [http://apollo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/\\$file/creg015-2018.pdf](http://apollo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/$file/creg015-2018.pdf)
- Cressey, D. (1961). *The Prison: Studies in Institutional Organization and Change* New York. Holt.
- Davies, R. (15 de Septiembre de 2016). *ISO 55000: It's all about the value*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2023, de ISO - ISO/TC 251: <https://committee.iso.org/home/tc251>

- Davis, R. (2015). *Introducción a la gestión de activos*. Obtenido de The Institute of Asset Management: <https://bit.ly/40UTq16>
- Depool, T. (05 de marzo de 2019). *Nuevos fundamentos para la implementación de la gestión de activos (ISO 55002:2018) [Archivo de video]*. Obtenido de PMM Business School escuela de formación: <https://www.youtube.com/watch?v=xBCbKGaUsZU>
- Díaz, M. T. (08 de Diciembre de 2020). *Lean Six Sigma como herramienta para la mejora de costos en una empresa de servicios*. Obtenido de DSpace Repository: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/17443>
- Dropbox. (s.f.). *¿Qué es la metodología DMAIC?* Obtenido de Dropbox: <https://experience.dropbox.com/es-la/resources/dmaic#:~:text=En%20pocas%20palabras%2C%20la%20sigla,productos%2C%20dise%C3%B1os%20y%20procesos%20comerciales>.
- Durlacher, D. (Septiembre de 2009). *Gestionando el riesgo reputacional*. PRICE WATERHOUSE COOPERS.
- EALDE. (23 de diciembre de 2019). *7 tipos de fraude interno y cómo prevenirlos en las empresas*. Obtenido de EALDE.COM: <https://www.ealde.es/tipos-fraude-interno-empresas/>
- EALDE. (16 de junio de 2021). *EALDE BUSINESS SCHOOL*. Obtenido de *Cómo gestionar y mitigar el riesgo reputacional en las organizaciones*: <https://www.ealde.es/gestion-de-riesgos-reputacional/>
- EPM. (2023). *Sistema de Gestión de Activos*. Obtenido de Empresas Publicas de Medellín - EPM: <https://cu.epm.com.co/proveedoresycontratistas/servicios-a-proveedores-y-contratistas/comunica/sistema-de-gestion-de-activos>
- Feldman, K. (17 de Julio de 2023). *DMADV: The methodology for Redesigning Broken Process*. Obtenido de ISIXSIGMA: <https://www.isixsigma.com/dictionary/define-measure-analyze-design-verify-dmadv/>
- Felizzola, H., & Luna, C. (17 de Enero de 2014). *Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico*. Obtenido de *Ingeniare*: <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v22n2/art12.pdf>

- Franco, H. R., Monroy, M. M., Peña, C. P., & Avellaneda, J. G. (29 de Septiembre de 2017). *MODELO PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA COMO ESTRATÉGIA DE COMPLEMENTO PARA LA MEJORA CONTINUA EN SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD Y AMBIENTE, BAJO LAS NORMAS ISO 9001:2015 E ISO 14001:2015*. Obtenido de <https://bit.ly/3UuHwsj>
- Galindo, A. C.-V. (2020). *IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO 55001 EN ISA INTERCOLOMBIA Y SU IMPACTO EN LA TRANSFORMACIÓN CULTURAL DE LA ORGANIZACIÓN*. Obtenido de <https://bit.ly/3UkvUbj>
- García Abad, G. (14 de mayo de 2020). *Sage experience*. Obtenido de <https://www.sage.com/es-es/blog/activos-intangibles-ayudar-empresa/>
- Garcia, M. (13 de Octubre de 2019). *Herramientas del Lean Six Sigma: la metodología para la excelencia operacional*. Obtenido de apd: <https://www.apd.es/herramientas-del-lean-six-sigma/>
- Garcia, M., Quispe, C., & Paez, L. (1 de Agosto de 2003). *Mejora continua en la calidad de los procesos*. Obtenido de Industrial Data: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81606112.pdf>
- GOLD, D. (Dirección). (2003). *Explosión en el Mar del Norte Plataforma petrolera Piper Alpha* [Película].
- Gómez Correa, O. (2016). *Gestión del riesgo reputacional en las grandes empresas de la ciudad de Medellín (Colombia): Un estudio de casos . trabajo de grado*. Medellin, Colombia: EAFIT.
- Gomez Montoya, R. A.-M., & Barrera, S. (2011). *Seis sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica*. Obtenido de <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/515/1/13.%20223-242.pdf>
- Gonzalez, C. (10 de Diciembre de 2021). *¿Qué es el RCM? Ventajas y limitaciones*. Obtenido de Aeromarine: [https://software.aeromarine.es/rcm-que-es-ventajas-y-limitaciones/#:~:text=El%20RCM%20\(Reliability%20Centered%20Maintenance,propone%20medidas%20que%20los%20eviten](https://software.aeromarine.es/rcm-que-es-ventajas-y-limitaciones/#:~:text=El%20RCM%20(Reliability%20Centered%20Maintenance,propone%20medidas%20que%20los%20eviten).
- Hernandez, Y. J. (16 de Mayo de 2023). *Descubre las claves del éxito empresarial con Lean Six Sigma: Una visión personalizada*. Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/descubre-las-claves-del-%2525C3%2525A9xito->

- empresarial-con-lean-hern%2525C3%2525A1ndez-coba%3FtrackingId=lbI8dmKKRHKqhuqv1hlRCw%253D%253D/?trackingId=qqfPyk1gGOyGqwe0g805bQ%3D%3D
- IAM. (2008). *PAS 55-1 Gestión de Activos* (Segunda ed., Vol. 1). (B. S. Institute, Ed., & T. W. Limited, Trad.) BSI. Recuperado el 2023
- IAM. (2008). *The IAM*. Obtenido de The Institute of Asset Management: <https://theiam.org/knowledge-library/bsi-pas-55/>
- Ibarra, V. M., & Ballesteros, L. L. (2017). Manufactura Esbelta. *CONCIENCIA TECNOLÓGICA*, 54-58.
- IFRS Foundation. (2020). Las Normas NIIF® Ilustradas.
- ISO. (2014). *ISO 55000* (1 ed.). (T. W. Group, Trad.) Ginebra, Suiza: ISO. Recuperado el 2023
- ISO. (2014). *ISO 55001*. Ginebra: ISO.
- ISO. (2015). ISO 9000. En ISO, *ISO 9000:2015* (pág. 15). Ginebra: ISO. Obtenido de ISO.
- ISO. (2018). ISO 55002. En ISO, *ISO 55002*.
- ISO. (2018). *LA NUEVA ISO 55002:2018 Directrices para la aplicación de la ISO 55001*. Recuperado el 2023, de ISO: <https://committee.iso.org/files/live/sites/tc251/files/guidance/Leaflet%2055002%20A4%20Nov%202018%20ES%20LR.pdf>
- ISO 30401. (2018). *Gestión del conocimiento* .
- ISO 31000. (2018). *Gestión de riesgo- Directrices*.
- ISO 55000. (2014). *Gestión de activos - Resumen, principios y terminología*. Organización Internacional de Normalización .
- ISO 55001. (2014). *Gestión de activos - Sistemas de gestión -Requerimientos*. Organización Internacional de Normalización .
- ISO/TC 251. (Abril de 2019). *Understanding the beneficts of an ISO 55001 Asset Management System*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2023, de ISO: <https://committee.iso.org/files/live/sites/tc251/files/guidance/ISO%20TC251%20WG4%20ISO%2055001%20AMS%20Benefits%20EN.pdf>
- Isotols excellence. (22 de agosto de 2019). Blog calidad y excelencia. La gestión de riesgos reputacionales en las organizaciones.

- Kanbanize. (24 de Junio de 2022). *What is DMADV?* Obtenido de Kanbanize: <https://kanbanize.com/lean-management/six-sigma/dmadv#:~:text=DMADV%20is%20a%20Six%20Sigma%20framework%20that%20focuses%20on%20the,analyze%2C%20design%2C%20and%20verify.>
- Lizarzaburu, E., & del Brio, J. (2016). Responsabilidad Social Corporativa y Reputación Corporativa en el sector financiero de países en desarrollo. *Revista Gloablización, competitividad y gobernabilidad GEORGETOWN UNIVERSITY GCG*, 42-65.
- Lopez, F. C. (2020). *Diseño metodológico para facilitar la implementación de un sistema de gestión de activos en empresas del sector de distribución eléctrica en Colombia.* Obtenido de Biblioteca General Alfonso Borrero Cabal S.J.: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/53561>
- Manriquez, V. D. (2015). *Los modelos conceptuales de la gestión de activos.* Obtenido de Mantenimiento en Latinoamerica: <https://bit.ly/41fOLGC>
- Massingham, P. (2010). Knowledge risk management:. *JOURNAL OF KNOWLEDGE MANAGEMENT*, 464-485.
- Medina, R. (3 de Noviembre de 2016). *La gestión de activos, su historia y definiciones, aspectos claves para entender su alcance.* Obtenido de LinkendIn: <https://es.linkedin.com/pulse/la-gestion-de-activos-su-historia-y-definiciones-para-medina-cmrp>
- Medina, R. (2021). *La gestión eficiente del conocimiento como un activo intangible, es clave para cualquier organización.* Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/el-conocimiento-unos-de-los-activos-mas-importantes-robinson-jos%25C3%25A9/?trackingId=G1ya0hD2U3mqdCoij8p40A%3D%3D>
- Minetto, B. (2023). *¿Qué es DMAIC?* Recuperado el Agosto de 2023, de Blog de la calidad: <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>
- Mintzberg, H. (1987). *Las cinco P's de la estrategia.* Recuperado el 2023, de California Management Review: <https://libroweb.alfaomega.com.mx/book/385/free/data/Materiales/Capitulo07/Las5Ps.pdf>
- Nch- ISO 31010. (2013). *Norma chilena- Gestión de riesgo-Técnicas de evaluación de riesgo.*
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1999). *La organización creadora de conocimiento.* Mexico: Oxford.

- Ortega, C. (12 de Diciembre de 2020). *Análisis de regresión: Qué es, tipos y cómo realizarlo*. Obtenido de QuestionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-de-regresion/>
- Pate-Cronell, M. E. (April de 1993). *Learning from from the Piper Alpha Accident: A Postmortem Analysis of Technical and Organizational Factors*. Obtenido de Risk Analysis: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1993.tb01071.x>
- Perez Rave, J., La Rotta, D., Sanchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodriguez, M., . . . Parra, C. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare*, 396-408.
- RAE. (2022). *Diccionario de la lengua española*. (RAE, Editor) Recuperado el 15 de 08 de 2023, de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/estrategia>
- Ramírez, J., López, G., Hernández, S., & Morejón, M. (20 de Junio de 2021). *Lean six Sigma e industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones*. Obtenido de UNESUM-Cienias: Revista Científica Multidisciplinaria: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view>
- Ramírez, J., López, V., Hernández, S., & Morejón, M. (2021). LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0, UNA REVISIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES PARA LA MEJORA CONTINUA DE LAS ORGANIZACIONES. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(4), 151-168. Obtenido de <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/584/370>
- Rodríguez, J. (13 de Febrero de 2023). *Qué es el diagrama de Ishikawa, para qué sirve, cómo crearlo y ejemplos*. Obtenido de Hubspot: <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>
- Ruiz Mercader, J., Martínez León, I., & Ruiz Santos, C. (2001). CONOCIMIENTO EXPLÍCITO EN PYMEs. España: XI Congreso Nacional de ACEDE.
- Sarria Yepez, M. P., Fonseca Villamarin, G. A., & Bocanegra Herrera, C. C. (Julio - Diciembre de 2017). *Revista EAN*. Obtenido de Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing: <https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825>
- Serna Jaramillo, C. (2011). *Cómo prevenir el riesgo de lavado de activos (LA) y financiación del terrorismo (FT) en tu empresa*. Bogotá Emprende.

- Socconini, L., & Reato, C. (2018). *Lean Six Sigma. Management System for Leaders*. Marge Book.
- SOLEX. (2020). *Todo lo que tiene que saber sobre la gestión de activos y mantenimiento (EAM)*. Obtenido de SOLEX: <https://www.solex.biz/noticias/todo-gestion-de-activos-mantenimiento-eam/>
- Tampubolon, S., & Purba, H. H. (24 de July de 2021). *Lean Six Sigma Implementation, A Systematic Literature Review*. Obtenido de International Journal of Production Management and Engineering: <http://polipapers.upv.es/index.php/IJPME/article/view/14561/14211>
- TCM. (2 de Septiembre de 2021). *Capacidad del proceso*. Obtenido de TCM: <https://www.tcmetrologia.com/blog/capacidad-del-proceso/#:~:text=La%20capacidad%20de%20proceso%20normalmente,dentro%20o%20fuerza%20de%20especificaciones.>
- The British Standards Institution, BSI. (2023). *ISO 55001:2014 Gestión de Activos*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2023, de BSI: <https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-55001-Gestion-de-activos/>
- Urrea Mallebrera, M. A. (2020). *ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS. PROPUESTAS METODOLÓGICAS PARA DETERMINACIÓN DE CÁNONES Y TARIFAS CON DISTINTOS MARCOS REGULATORIOS*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8826/maum.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vallejo-Alonso, B., García-Merino, J., & Arregui-Ayastuy, G. (2015). *Motives for Financial Valuation of Intangibles and BusinessPerformance in SMEs*. Innovar.
- Vera, D. (Julio de 2020). *Estudio de la mejora de la gestión de activos aplicando el pensamiento lean*. Obtenido de Pontifica Universidad Católica del Perú: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18204/VERA_CASTILLO_DANIEL_ESTUDIO_MEJORA_GESTI%c3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vieira, C. (2015). *Codigo de Etica mucho más que buenas intenciones*. Lima: Imagen Ediciones.

White, S. K. (13 de Febrero de 2023). *What is Six Sigma? Streamlining quality management*. Obtenido de CIO: <https://www.cio.com/article/227977/six-sigma-quality-management-methodology.html>

Zhang, Q., Irfan, M., Aamir, M., Khattak, O., & Zhu, X. (Febrero de 2012). *Lean Six Sigma: A Literature Review*. Obtenido de LJOCRB: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6303744cf0edb78ac8512ecb660b19167b607ddb>

Zuñiga, M. (Septiembre de 2018). *Integrated Management Systems ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 and their Importance in Business Management*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/327515797_Sistemas_Integrados_de_Gestion_ISO_90012015_ISO_140012015_ISO_450012018_y_su_Importancia_en_la_Gestion_Empresarial