

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

ESTUDIO DE LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS
APLICANDO EL PENSAMIENTO LEAN
Trabajo de investigación para la obtención del grado de BACHILLER
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUTOR:

Daniel Aarón Vera Castillo

ASESOR:

Marco Antonio Luna Flores

Lima, julio, 2020

RESUMEN

Actualmente, una gestión de activos eficiente es primordial e indispensable para las empresas alrededor del mundo que enfrentan grandes desafíos tales como identificar las inversiones de menor costo y mayor retorno, y comprender los costos de ciclo de vida de sus activos; mientras que las economías más maduras tratan de extender la vida útil de su infraestructura. (Davis, s/f)

Por otro lado, el Pensamiento Lean se enfoca en la identificación y eliminación de desperdicios en todos los procesos desarrollados para la producción o entrega de un producto o servicio. Existen diferentes tipos de desperdicios eliminados o mitigados por el Pensamiento Lean compartiendo algo en común en todas estas: No agregan valor al producto o servicio (Giménez, 2017)

Cuando los equipos o instalaciones no son usados eficientemente, trae consigo la compra de equipos adicionales, mala satisfacción del cliente, o incluso la expansión de las instalaciones de la empresa sin necesidad alguna. En ese sentido, la Gestión de Activos con el Pensamiento Lean es una integración que permite aumentar el rendimiento de las empresas utilizando los activos existentes permitiendo obtener activos más eficientes e instalaciones con gran rendimiento, pero con menor inversión de capital.

En el presente trabajo de investigación, se analiza la información de resultados de casos de estudio para determinar si en el Pensamiento Lean (PL) mejora el desempeño de la Gestión de Activos (GA). Se presentarán definiciones y conceptos asociados a cada término empleado anteriormente con la finalidad de entregar un marco teórico sólido, para posteriormente presentar casos de estudio analizados por dos autores: Nierop y Flynn & Vlok que permitan identificar la validez de la mejora del PL en la GA. Finalmente, se presentarán conclusiones de los estudios realizados que demuestran mejoras notables en los indicadores de las empresas analizadas.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	1
1. Antecedentes	1
1.1 Gestión de Activos	1
1.1.1 Evolución de la Gestión de Activos	4
1.1.2 Relación de la Gestión de Activos con la Gestión de la Organización	5
1.1.2 Ciclo de vida de los activos.....	7
1.1.2 Niveles de madurez de la Gestión de Activos	8
1.2 Pensamiento Lean	10
1.2.1 Principios de Lean.....	12
1.2.2 Desperdicios Lean.....	13
1.2.3 Herramientas Lean	14
1.2.4 Templo Lean	18
1.3 Pensamiento Lean en la Gestión de Activos	19
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍA EN CASOS DE ESTUDIO.....	26
2.1 Casos de estudio por Nierop.....	26
2.1.1 Descripción de empresas	26
2.1.2 Comparación y resultados de los casos de estudios	32
2.2 Casos de estudio Flynn y Vlok.....	36
2.2.1 Descripción.....	36
2.2.2 Comparación de resultados	39
2.2.3 Evaluación.....	40
CONCLUSIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de los Activos	3
Figura 2: Relación entre elementos clave de un Sistema de G.A.	4
Figura 3: Evolución de la Gestión de Activos.	5
Figura 4: Gestión y la relación con los activos.	6
Figura 5: Ciclo de vida de los activos y cadena de suministro.	6
Figura 6: Niveles de madurez en la gestión de activos.	10
Figura 7: Relación de valor, costo y desperdicio en el Pensamiento Lean.	14
Figura 8: Ejemplo de VSM.	15
Figura 9: Templo Lean	19
Figura 10: Relación entre el PL y el Sistema de GA ISO 55000.	20
Figura 11: Entradas y salidas del modelo de mejora.	22
Figura 12: Procesos en la Terminal de Tanques	26
Figura 13: Procesos de las Línea de envasado de la Cervecería	28
Figura 14: Procesos del Almacenamiento de Gas.	31
Figura 15: Gráfico comparativo entre los casos de estudio	33
Figura 16: Gráfico comparativo entre el Almacén de gas actual y futuro	35
Figura 17: Operaciones antes de la implementación del PL en la minera Rio Tinto Aluminium (RTA)	38
Figura 18: Operaciones después de la implementación del PL en la minera Rio Tinto Aluminium (RTA)	39
Figura 19: Gráfico comparativo entre el Rio Tinto Aluminium (RTA) y Votarantim Group Flourspart Mine	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de los niveles de madurez del Terminal de Tanques	27
Tabla 2: Resultados de los niveles de madurez de la Cervecería	29
Tabla 3: Resultados de los niveles de madurez del Almacenamiento de gas	32
Tabla 4: Tabla comparativa de resultados entre los 2004 y 2006 de la minera Rio Tinto Aluminium (RTA)	37
Tabla 5: Resultados de los niveles de madurez de Rio Tinto Aluminium (RTA)	41
Tabla 6: Resultados de los niveles de madurez de Votarantim Group Flourspart Mine ...	42



CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de este capítulo, se detalla la información teórica que será utilizada a lo largo del presente trabajo. Los primeros puntos a desarrollar son los conceptos teóricos principales y complementarios de la Gestión de Activos físicos y el Pensamiento Lean (Lean Thinking), además de detallar qué es y cómo es aplicable en las empresas.

1. Antecedentes

En este apartado, se detallarán los conceptos de Gestión de Activos y el Pensamiento Lean a partir de información recabada a lo largo de este trabajo de investigación.

1.1 Gestión de Activos

El concepto de Gestión de Activos (GA) surge en los años 90 dentro de la actividad petrolera lo cual generó grandes ventajas económicas, y con el pasar de los años, se le otorgaron muchas interpretaciones a este concepto, relacionándolo a temas de finanzas, informática, mantenimiento, bienes raíces, entre otros. Bajo este contexto, en el 2002, el Institute of Asset Management (IAM) en cooperación con el British Standards Institute (BSI) definió la norma BSI PAS 55 cuya denominación en inglés es Asset Management, o traducido en español, Gestión de Activos (F. Cerón, F. Orduña, Aponte, & A. Romero, 2015). La norma definió la GA como las actividades y procedimientos sistemáticos y coordinados a través de los cuales una organización administra de forma óptima sus activos físicos, además del desempeño, riesgos y gastos asociados a lo largo de su ciclo de vida, Todo esto con la finalidad de lograr el plan estratégico organizacional (Amadi-Echendu, Brown, Willett, & Mathew, 2010). No obstante, siguiendo en la línea de tiempo, en el año 2008, se publicó la norma BSI PAS 55 con mejoras en cuanto a la gestión en todas las etapas del ciclo de vida de un activo, las cuales cubren la ingeniería, operación, mantenimiento y renovación. Esta norma actualizada define la GA como el conjunto de disciplinas, métodos, procedimientos y herramientas para optimizar el impacto en costos, desempeño y exposición al riesgo en el ciclo de vida de los activos físicos de la empresa (Amadi-Echendu, Brown, Willett, & Mathew, 2010). Sin embargo, para el año 2014, se publicaron una serie de normas internacionales denominadas ISO 55000/1/2 con la finalidad de permitir a las organizaciones implementar la GA de manera eficaz y eficiente, bajo una estructura sólida y sostenible (F. Cerón, F. Orduña, Aponte, & A. Romero, 2015).

De acuerdo a la International Organization for Standardization (ISO), el conjunto de normas ISO 55000/1/2:2014 proporcionan una visión general de los sistemas de gestión de activos mediante la identificación de prácticas comunes que permitan aplicar a una gama más amplia de activos y culturas organizacionales. Estas tres normas internacionales están destinadas principalmente para organizaciones que deseen mejorar la obtención del valor desde la base de sus activos, requieran mejorar su sistema de gestión de activos desde la aplicación a mantenimiento o que participen de la

planificación, diseño, ejecución o revisión de las actividades de gestión de activos en conjunto con sus proveedores de servicios (International Organization for Standardization (ISO), s.f.). De acuerdo a esta misma norma internacional, la GA se describe como una actividad coordinada de una organización para obtener valor de los activos (Mattioli, Perico, & Robic, 2020).

Para entender mejor la GA, se define qué son los activos y se tomará como referencia lo definido por los autores Mattioli, Perico & Robic citados anteriormente. De acuerdo a estos, los activos son artículos, cosas o entidades que tienen valor potencial o real para una organización. Estos pueden ser tangibles, como máquinas de fabricación, bancos de prueba o equipos, o intangibles como patentes, conocimientos técnicos, procesos; y también pueden ser recursos, incluidos los recursos humanos (2020). Para el presente trabajo, se utilizará el término activo referido como activo tangible.

Por otro lado, para entender el alcance de la GA, se tiene el término Gestión proveniente del verbo gestionar y cuyo significado es definido por la Real Academia de la Lengua Española (RAE) como “Ocuparse de la administración, organización y funcionamiento de una empresa, actividad económica u organismo” (Real Academia Española (RAE), 2019). En general, la palabra gestión tienen un significado mucho más amplio respecto a la administración. Es posible inferir que la gestión abarca diversas actividades enfocadas en obtener un objetivo en común el cual posee un impacto dentro de la empresa. Esto permite definir a la gestión como la organización y coordinación de las actividades de una empresa con el fin de lograr los objetivos definidos (Nierop, 2017)

Actualmente la GA se ha convertido una parte fundamental dentro de muchas organizaciones debido al manejo y los beneficios que este trae consigo. La falta de calidad, el tiempo de inactividad y el rendimiento subóptimo están relacionados con una mala GA, lo cual induce costos crecientes, pérdida de oportunidades de mercado y confianza, menores ganancias y disminución de la reputación (Mattioli, Perico, & Robic, 2020).

La GA es una de las mejoras formas de aumentar la productividad en una empresa mediante la estrategia de gestión en las fases del ciclo de vida de los activos (Figura 1). Entre los beneficios, permite optimizar su vida útil de los activos, reducir costos totales de los activos operativos y de inversión, mejorar la calidad y eficiencia en el desempeño operativo, reducir el tiempo de inactividad no planificado, reducir impactos en la salud y uso del activo, reducir riesgos de seguridad y minimizar impactos ambientales.



Figura 1: Ciclo de vida de los Activos

Fuente: *“Improvement in asset management using a lean perspective”* por T.A. van Nierop (2017)

La GA se define como un actividad coordinada de una organización para obtener valor de los activos que involucra el contexto de la organización y las partes interesadas. Debido a esto, la GA es un sistema integrado que abarca el Sistema de Gestión de Activos, que a su vez se relaciona con otros sistemas de gestión tales como Gestión de Calidad, Gestión Ambiental, Gestión del Riesgo, entre otros con la finalidad de reducir costos y obtener beneficios de dicha integración. (Castañeda Gonzáles & Pérez Otavo, 2017).

La norma ISO 55000 muestra la relación existente entre el Sistema de Gestión de Activos y el modelo de ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) planteado por la norma PAS 55 bajo una visión global e integradora de la organización (López López, 2019). En la figura 2, se observa esta relación que inicia mediante la alineación de los planes y objetivos organizacionales con el contexto de la organización y partes interesadas para conseguir mejoras en el desempeño. En este margen, existen conjuntos de elementos interrelacionados para establecer una política, objetivos y procesos de GA que son parte fundamental dentro del logro de objetivos.

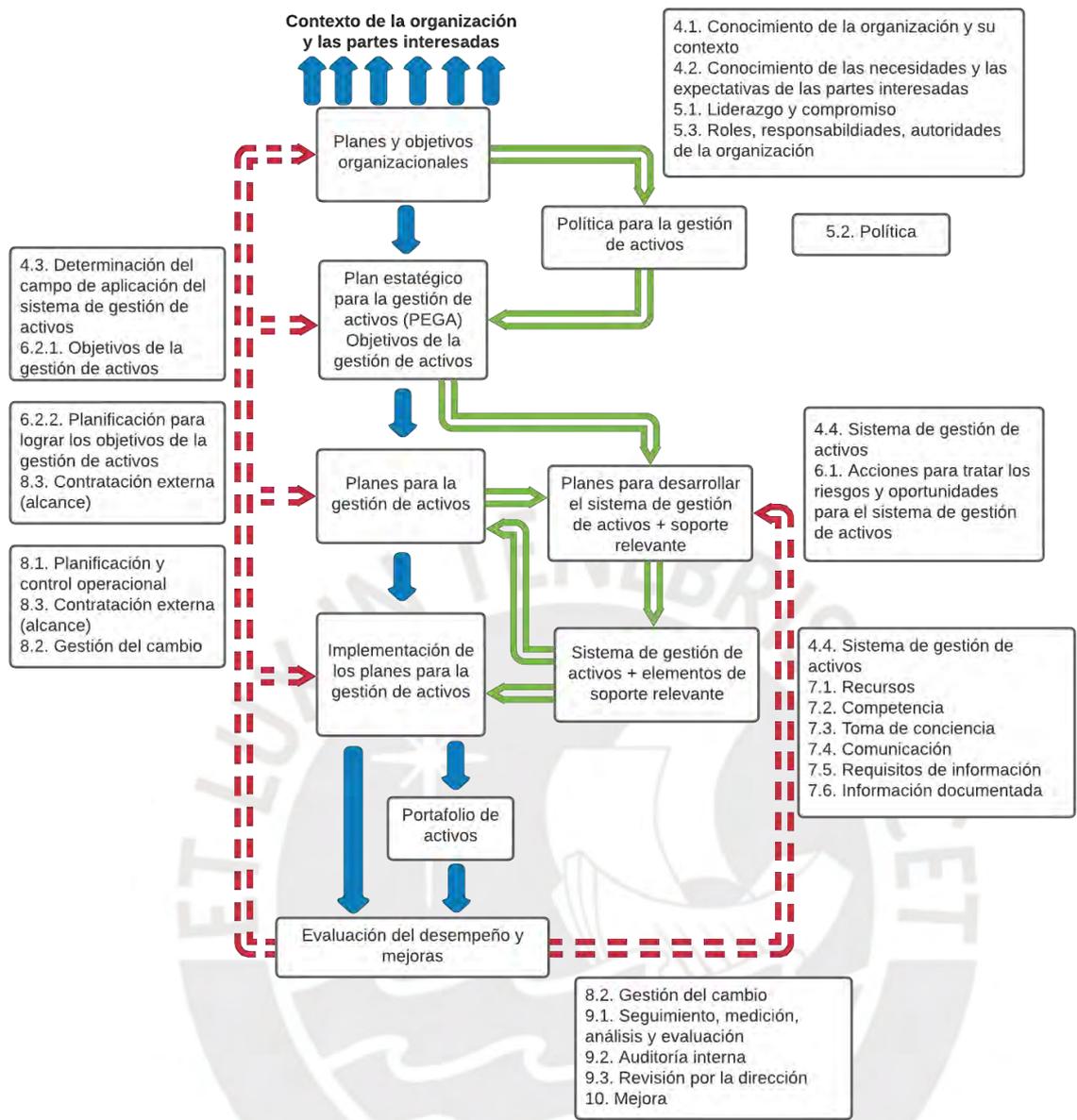


Figura 2: Relación entre elementos clave de un Sistema de G.A.

Fuente: "Integración de la Gestión de Activos Físicos en empresas manufactureras de Manizales" por López (2019)

1.1.1 Evolución de la Gestión de Activos

La GA ha evolucionado en diferentes alcances y mejoras a lo largo del tiempo siendo cada perspectiva mejorada con nuevas estrategias bajo una visión más integradora y global de las empresas. La GA estuvo en un inicio relacionada con la Ejecución del Mantenimiento que se limitaba a intervenciones de mantenimiento sin estrategias ni técnicas que permitan el mejoramiento de dicha actividad. Con el pasar del tiempo, la GA siguió evolucionando centrandose sus esfuerzos en generar técnicas que luego estas servirían para aplicar conceptos de confiabilidad y disponibilidad en sus activos para que cumplan con los objetivos para los que fueron destinados. La confiabilidad hace referencia a la probabilidad de

que el activo tenga un funcionamiento correcto en un periodo de tiempo. Por otro lado, la disponibilidad es la probabilidad de que el activo esté operativo y se encuentre en óptimas condiciones cuando sea solicitado.

La GA continuó evolucionando dirigiendo su enfoque no solo en el mantenimiento, sino en todo el ciclo de vida de los activos bajo tres operaciones fundamentales: mantenimiento, operaciones e ingeniería. Como último peldaño de la mejora que ha tenido la GA a lo largo del tiempo, se encuentra esta misma bajo una visión integradora de políticas y estrategias que se alinean a los objetivos organizacionales. En la figura 3, se observa la evolución de la GA que empieza en un primer momento por la Ejecución del Mantenimiento, terminando en lo que actualmente se conoce como Gestión de Activos.

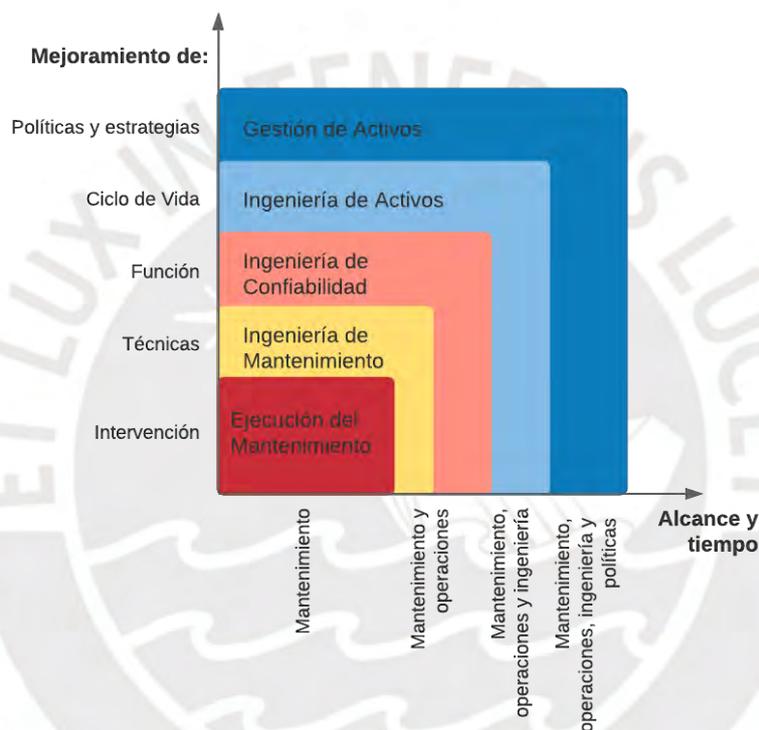


Figura 3: Evolución de la Gestión de Activos.

Fuente: "Integración de la Gestión de Activos Físicos en empresas manufactureras de Manizales" por López (2019)

1.1.2 Relación de la Gestión de Activos con la Gestión de la Organización

La GA se encarga de las diferentes actividades del ciclo de vida de los activos para maximizarlos dentro de la organización. El valor lo determina la misma organización, por el cual la GA debe ir alineada con los planes y objetivos estratégicos organizacionales, influyendo en todos los niveles de trabajo. Por lo tanto, podemos concluir que la GA posee influencia en los niveles más altos de una empresa: Estratégico, táctico y operativo (Nierop, 2017). No obstante, se requiere de una Gestión de la Organización comprometida que contribuya a la alineación de procesos, roles y responsabilidades dentro de la organización con los objetivos de la GA, además que permita generar una cultura

organizacional consecuente con los mismos objetivos. En la figura 4, se observan los niveles y la relación que existe entre la GA y la organización, así como niveles inferiores.

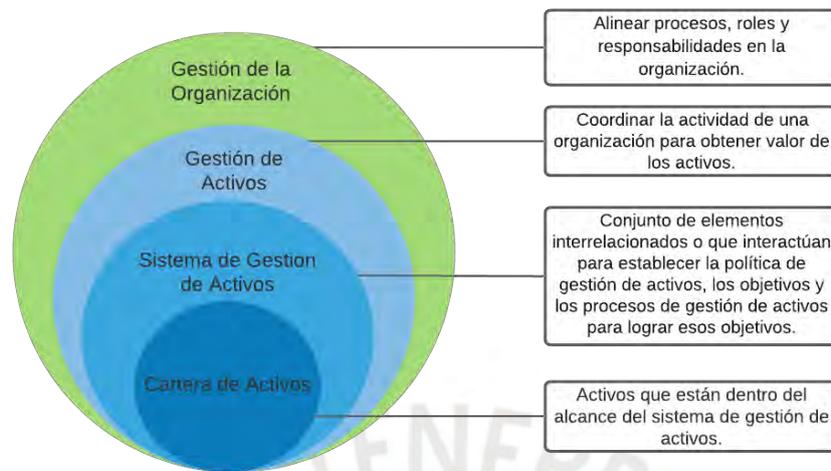


Figura 4: Gestión y la relación con los activos.

Fuente: “Improvement in asset management using a lean perspective” por T.A. van Nierop (2017)

Por otro lado, en la figura 5, se observa la relación existente entre el ciclo de vida de los activos y el ciclo de la cadena de suministro. Se identifica que ambas se relacionan en la producción; no obstante, este término incluye empresas dedicadas al desarrollo de productos o servicios.

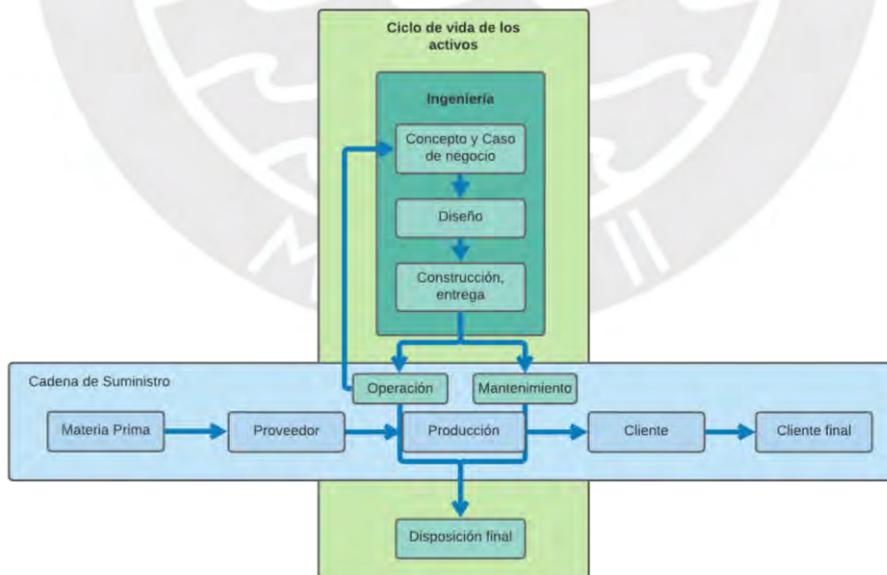


Figura 5: Ciclo de vida de los activos y cadena de suministro.

Fuente: “Improvement in asset management using a lean perspective” por T.A. van Nierop (2017)

1.1.2 Ciclo de vida de los activos

El ciclo de vida de los activos cuenta con fases definidas; sin embargo, estas pueden variar dependiendo del autor tomado como referencia. En este presente trabajo se propone como referencia lo descrito en la figura 1. Las cinco etapas son las enunciadas y explicadas a continuación:

- **Concepto y caso de negocio**

Esta fase involucra el análisis técnico y financiero para el diseño, planificación y gestión de la adquisición del activo. En esta fase, se define el valor potencial del activo dentro de la organización.

- **Diseño**

En la etapa de diseño, se definen las características físicas del activo y cómo es que este será operado, mantenido y dispuesto al final de su ciclo de vida. Se requiere en esta etapa que los requisitos para las operaciones y el mantenimiento del activo estén determinados de manera clara. Esta etapa es fundamental para las siguientes fases del ciclo del activo.

- **Construcción y entrega**

Esta etapa del ciclo de vida cubre desde la instalación, prueba y puesta en marcha del activo. Los ajustes del activo deben ser correctos y los errores de inicio de la puesta en marcha deben reducirse al mínimo en esta etapa.

- **Operación y mantenimiento**

La finalidad de esta etapa es garantizar la efectiva disponibilidad, longevidad y capacidad de los activos. La operación involucra todas las actividades relacionadas con el uso del activo, siendo esta la que otorga valor a los activos. Los operarios cumplen un rol importante en la operatividad debido a su cercanía en el trabajo diario con los activos. Por otro lado, el mantenimiento asegura la disponibilidad y confiabilidad de los activos. El tipo de mantenimiento realizado a los activos es determinado por la empresa. Existen diversas formas tal como simplemente no optar por mantener a los activos, realizar un mantenimiento correctivo que es reparar el activo cuando este falle, o realizar mantenimiento preventivo que es reparar antes que falle. La mayoría de las empresas optan por este último; sin embargo, los criterios de elección son diversos y dependen de la estrategia organizacional y el valor del activo.

- **Eliminación o disposición final**

Cuando los activos no sean adecuados para su uso, se podría optar por realizar una reingeniería al activo o retirarlo de la empresa. La eliminación de los activos debe ser mediante reciclaje o eliminación de este mediante partes. Algunas partes pueden ser reutilizadas o inclusive pueden venderse para generar ingresos a la empresa. Esta actividad final se debe considerar en el diseño de los activos.

Tal como se ha definido anteriormente, el ciclo de vida de los activos es un factor clave dentro de la GA. Las diferentes actividades del ciclo de vida las cuales cubren ingeniería (Concepto y caso de negocio, diseño y construcción o compra), operación, mantenimiento y disposición final deben ser coordinadas y gestionadas en conjunto para maximizar el valor de los activos. Cabe resaltar que el valor en una empresa es definido por esta misma, por lo cual la dirección a seguir para maximizar el valor debe partir del plan estratégico organizacional. Lo anterior permite concluir que la GA tiene influencia a nivel estratégico, táctico y operativo en una empresa (Nierop, 2017).

1.1.2 Niveles de madurez de la Gestión de Activos

De acuerdo a Nierop, la GA cuenta con ciertos niveles de madurez los cuales son definidos en un modelo por la norma ISO 55000:2014 bajo cuatro fundamentos: Valor, alineación, liderazgo y seguridad. El criterio para determinar en qué nivel de madurez se encuentra la empresa es en función del cumplimiento de los aspectos de la gestión de activos. Los requisitos de la GA de acuerdo a la norma internacional ISO 55000 están relacionado a 7 puntos importantes. A continuación, se listan:

- **Contexto de la organización**

La empresa debe tener en cuenta el contexto en la que se encuentra para realizar una revisión de su sistema de GA. El contexto se divide en dos: Interno y externo. El contexto interno hace referencia a la cultura y entorno organizacional, además de la visión, misión y valores de la organización. Asimismo, las expectativas y preocupaciones de las partes interesadas forman parte de este contexto. El poder que las partes interesadas poseen es parte fundamental del diseño y alcance de la GA, puesto que las partes interesadas influyen para establecer objetivos organizacionales consistentes que le proporcionen prudente prioridad a la GA. El contexto externo hace referencia al entorno social, cultural, económico, así como las limitaciones normativas, regulatorias y financieras, entre otros.

- **Liderazgo**

Tal como se ha mencionado en el punto anterior es fundamental que la política y objetivos de la GA estén alineados con los objetivos organizacionales. La alta dirección de las organizaciones son los responsables del desarrollo y el establecimiento de estas directrices. Los líderes de la organización se necesitan comprometer con garantizar que se disponga de los recursos humanos y tecnológicos necesarios para el correcto desarrollo de la GA. Asimismo, los líderes son responsables de comunicar a todos los demás niveles los objetivos de la GA de la organización y la importancia de su sistema de GA que es creado a partir de dichos objetivos. Finalmente, entre las diversas responsabilidades de los líderes, se enfatiza que estos deben asegurar y respaldar el sistema de GA y su alineación con otros sistemas de gestión dentro de la organización.

- **Plan de GA**

Los objetivos organizacionales son los que proporcionan el contexto y la dirección general de las actividades de la organización, donde se incluye las de GA. Los objetivos organizacionales de la empresa son establecidos a partir de la planificación estratégica. Por lo cual, si la organización posee la intención de implementar la GA es necesario la inclusión de la política de la GA dentro de los objetivos de la organización. El enfoque para implementar esta política se establece en un plan estratégico de GA que permite establecer los objetivos de la GA y el papel que cumple el sistema de GA. Los planes de la Gestión de Activos definen las actividades que se realizarán a los activos, además de establecer objetivos específicos medibles como plazos y recursos a utilizar. La alineación de los objetivos de la GA con los objetivos organizacionales mejora la eficacia y eficiencia de la organización.

- **Operación**

El sistema de GA permite la dirección y control de todas las actividades de la gestión de activos, además de las subcontratadas en caso lo sean. Las políticas, normas, planes y procesos para la GA deben estar basadas en el diseño y la operación del sistema de GA. Asimismo, la evaluación y el control de riesgos en la gestión del cambio es un factor importante a considerar para el correcto funcionamiento del Sistema de la GA.

- **Evaluación**

La organización debe medir y evaluar el desempeño de sus activos, la GA y su Sistema de GA. La buena transformación de la información de los activos; y el seguimiento, análisis y evaluación de esta información a lo largo de su ciclo de vida es fundamental. Esto permite medir el rendimiento de los activos siendo este un proceso continuo de medición. Por un lado, la evaluación del desempeño de la GA es para determinar si esta ha logrado sus objetivos propuestos. Por otro lado, la evaluación del desempeño del Sistema de GA es para determinar si este ha sido eficaz y eficiente en el apoyo a la GA en la organización.

- **Mejora**

La mejora continua es un concepto que se implementa a los activos, a las actividades de la GA y su Sistema de GA, incluyendo además todas las actividades o procesos que son tercerizados. Las oportunidades de mejora son identificadas mediante el seguimiento de estos elementos. Como parte de la mejora, se debe investigar cualquier incidente o imprevisto relacionado con los activos para determinar si se necesita una mejora en el sistema de GA. Además, es de vital importancia evaluar los riesgos de la implementación de la mejora para mitigar los efectos secundarios y prevenir que el riesgo sea recurrente.

- **Instalaciones de apoyo**

El Sistema de GA requiere de la colaboración con otras partes de la organización que implica compartir recursos, por lo que es necesario que su uso sea coordinado, verificado y mejorado, y además sea parte de los objetivos del sistema. El Sistema de la GA proporciona información

para desarrollar correctamente los planes de la GA y evaluar su eficiencia y eficacia. Esta información es compleja y grande en ciertas organizaciones, además de los problemas que estas características traen consigo como la dificultad para recopilar, verificar y consolidar. Por esa razón es importante controlar y documentar dicha información que, además, debe ser una de las funciones críticas del Sistema de GA.

El modelo de madurez puede verse como una herramienta comparativa que permite indicar el rendimiento mediante el estándar de gestión de activos y sus requisitos. Es decir, este modelo de madurez proporciona un modelo de ayuda para alcanzar metas y objetivos mediante la comparación de los niveles de madurez planteados (Nierop, 2017).

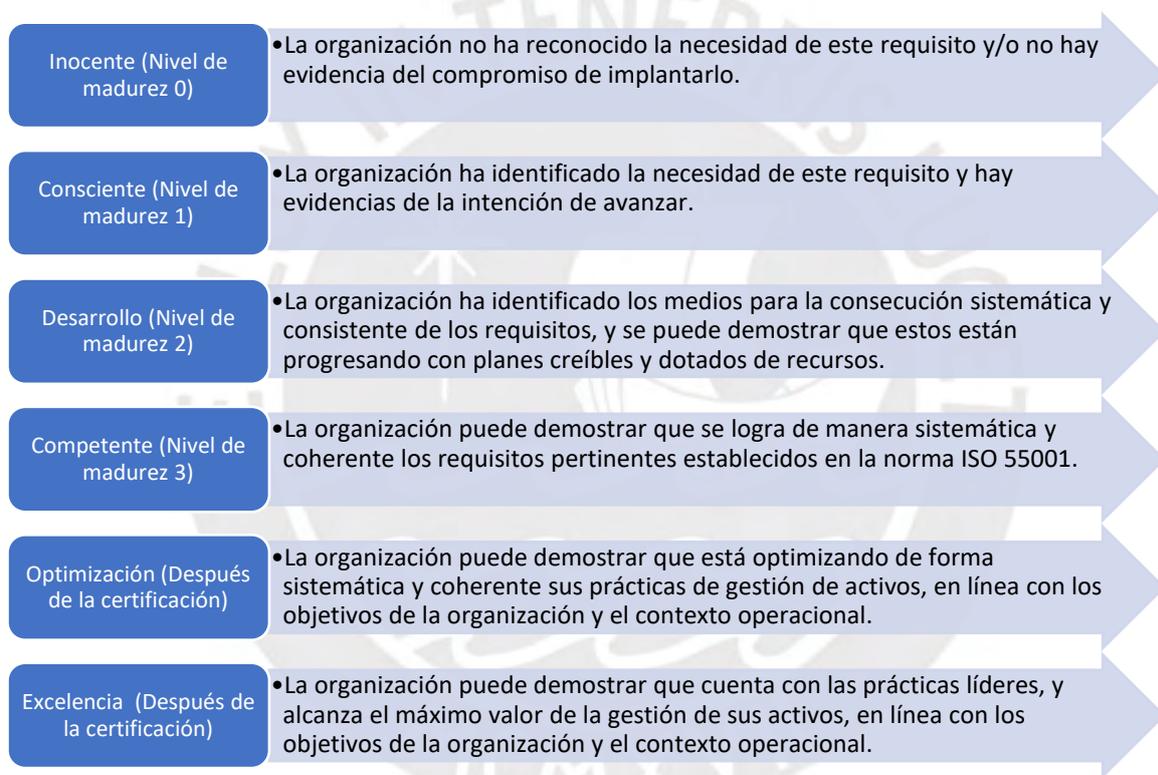


Figura 6: Niveles de madurez en la gestión de activos.

Fuente: *"Improvement in asset management using a lean perspective"* por Nierop (2017)

1.2 Pensamiento Lean

El Pensamiento Lean (PL), o en inglés, Lean Thinking es un enfoque que utilizan diversas industrias para mejorar el rendimiento convirtiéndolos en organizaciones altamente competitivas. Los principios del PL se remontan en el año 1913, en el contexto cuando Henry Ford se enfocó en los procesos de Ford Motor Company mejorándolo mediante la implementación de las líneas de montaje con cintas transportadoras (Ross Flynn & Vlok, 2015). La motivación de Ford por implementar una mejora parte

del hecho de elevar las ventas a grandes masas del automóvil producido en ese entonces por la compañía. Sin embargo, para lograr este cometido, se necesitaba disminuir el precio unitario del vehículo. Esto lo consiguió disminuyendo el costo de producción gracias a la fabricación en serie que Ford y su equipo implementó. La idea nace al notar que los trabajadores se desplazaban en la línea de montaje para realizar actividades en el producto el cual permanecía estático. Como solución, se mejoró el proceso mediante el movimiento de las piezas y producto en cintas transportadoras hacia los puestos de trabajo los cuales se mantuvieron estáticos. Bajo el cambio realizado en la línea de producción, el costo del vehículo disminuyó de 850 dólares a 265 dólares para el año 1922. Esta gran innovación trajo consigo la optimización del tiempo y recursos, permitiendo el objetivo principal: Ventas masivas, además de convertirse en la pauta a seguir para los procesos industriales para los siguientes años (Fernández Ortega, 2018). Henry Ford conceptualizó varios principios del PL en su libro *Today and Tomorrow* escrito en el año 1926. No obstante, la teoría se desarrolló de manera formalizada como una forma de vida por la industria automotriz japonesa, Toyota; y detallada en el libro *The Toyota Way* por Jeffrey Liker aproximadamente 80 años después. Es así que Toyota desarrolló el Toyota Production System (TPS) como respuesta al entorno al que se encontraba que solo le permitía operar para sobrevivir como consecuencia de la necesidad que poseía Japón para reconstruir la industria y su economía tras la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, tanto los recursos como la demanda para ese entonces eran limitados por lo que la producción en masa en este contexto no era posible al igual que la compañía Ford había implementado (Ross Flynn & Vlok, 2015). Es por esta razón que el TPS se centra en modificar y adaptar el sistema de producción de Ford para adaptarlo a las necesidades cambiantes de los clientes, así como poder ofrecer diversos productos sin dejar de lado la fabricación en serie, mediante la implementación de conceptos ideados por esta empresa. Entre estos se encuentran Jidoka relacionado con la calidad y Just-in-Time, con la productividad. (Fernández Ortega, 2018). Estos conceptos serán explicados en los siguientes puntos en el presente trabajo.

Continuando con la referencia de Fernández, en el año 1990, aparece por primera vez el término Lean, el cual fue definido por los autores del libro *The Machine that Changed the World*, como la forma de producir del TPS bajo un enfoque de reducción de desperdicios. Asimismo, se determinó que dicho concepto podría ser implementado en distintos sectores y en cualquier parte del mundo (2018). Para el año 1996, los mismos autores publican un libro llamado *Lean Thinking* en donde se describen los principios Lean, además del plan de acción para lograr una implementación correcta en cualquier organización. En las últimas décadas, el PL ha despertado el interés por diversas industrias por adoptar estos principios en sus procesos logísticos, distribución, servicios, comercio, salud, mantenimiento, entre otros (Fernández Ortega, 2018).

1.2.1 Principios de Lean

La implementación de la filosofía Lean requiere de cinco fundamentos o principios que requieren ser aplicados en secuencia y repetitiva con la finalidad de llegar a un ciclo de mejora continua. Los principios son explicados a continuación (Nierop, 2017).

- **Especificar valor**

El valor del producto es definido por el cliente final mediante requerimientos que necesitan o desean en un momento y lugar determinado. Eso determina la especificidad del producto, el plazo de entrega, la calidad y el precio que los clientes están dispuestos a pagar. Es decir, el cliente solo desea pagar por el valor agregado que este percibe en el producto final.

- **Identificar la cadena de valor**

La cadena o flujo de valor son todas las actividades que permiten la realización de los procesos para la creación del producto y agregan el valor agregado al mismo. La cadena de valor integra procesos de producción, diseño y gestión de la información, por lo que usualmente se involucran diversos actores debido a la especialización de estos en ciertas actividades de la cadena. Por ello, lo anterior requiere de un sistema correcto de comunicación entre todas las empresas involucradas a lo largo de la cadena de valor para asegurar que realmente se está creando valor a los clientes mediante la eliminación de desperdicios.

- **Hacer que el valor fluya**

Primero, se define el término desperdicio como cualquier actividad que no agregue valor al producto final. Bajo la definición anterior, el flujo se determina a partir de la eliminación de los desperdicios a lo largo del proceso. Desde una perspectiva dentro de la industria manufacturera, este principio dice que lo más eficiente es trabajar con un flujo continuo en lugar que por lotes. Esto se debe a que los lotes generan esperas innecesarias que no agregan valor al producto, además que el cliente no está dispuesto a pagar por eso.

- **Sistema pull desde el cliente**

El sistema pull consiste en que la producción debe planificarse a partir de las necesidades del cliente con la finalidad de reducir inventarios. Esto permite que el flujo de información provenga de los clientes al proveedor, y el flujo de productos sea en sentido contrario, pasando por todos los procesos que le agreguen valor para llegar al cliente. Solo es posible que el sistema funcione si anteriormente se ha creado el flujo correctamente y se tiene una producción rápida.

- **Perseguir la excelencia**

Una vez cumplidos los principios anteriores, ya se obtienen beneficios a corto plazo como la mejora en la productividad, reducción de tiempos de producción, disminución de defectos y desperdicios, mejora en la calidad, entre otros. No obstante, los principios se deben repetir para continuar la optimización del proceso. Este último principio se le conoce como mejora continua o Kaizen el cual se basa en que el mejoramiento siempre es posible, aunque ya se hayan

obtenido mejoras con el cambio de flujo de valor. Para lograr este objetivo, se necesita de un correcto flujo de información entre cliente-proveedor que permita identificar correctamente el valor, y así poder intensificar el flujo de la cadena de valor.

1.2.2 Desperdicios Lean

Hasta el momento, se ha detallado los cinco principios del PL, y que ellos se basan en la reducción de los desperdicios y el aumento de valor para el cliente. Sin embargo, no se ha determinado cuáles son esos desperdicios. A continuación, se detallan los siete desperdicios definidos por el PL (Ross Flynn & Vlok, 2015).

- **Transportes**

Este desperdicio hace referencia a los movimientos innecesarios de transporte de material entre procesos los cuales afectan directamente el tiempo de producción reflejándose en el aumento del costo.

- **Inventario**

El exceso de materia prima o productos no requeridos por el cliente bajo el sistema pull trae consigo trabajo extra tales como la inspección, búsqueda, orden; además de incrementar los costos de almacenamiento, transporte y mayor riesgo de daños o pérdidas de productos dependiendo del rubro de la empresa. Además, la posesión de inventario impide la solución de errores durante los procesos debido a que permite que la producción no pare gracias a la disponibilidad de materia prima o productos que este ofrece.

- **Movimientos**

Los movimientos innecesarios de personas como el desplazamiento que emplea un operador para buscar una herramienta que está lejos por una mala ubicación de las áreas, o el desplazamiento de un trabajador en una oficina para imprimir. Este desperdicio genera aumentos en el tiempo y esfuerzo, lo cual se refleja en costos aumentados.

- **Esperas**

Este desperdicio se genera por recursos inactivos que poseen el impedimento de continuar con sus actividades al tener que esperar por otras partes del proceso, defectos, tiempos de preparación, falta de materiales, recursos, información, capacidad o cuellos de botella. Debido a esto, la productividad disminuye y, por lo tanto, los costos son mayores.

- **Sobreproducción**

Este desperdicio va en contra del principio del sistema pull desde el cliente en el PL. El desperdicio consiste en producir cantidades mayores no necesarias a lo requerido por los pedidos que tiene la empresa. La sobreproducción genera costos en el manejo de inventarios.

- **Sobreprocesos**

El sobreproceso hace referencia a la utilización de más pasos a lo estrictamente necesarios para completar el proceso. Este desperdicio está relacionado con la ineficiencia de procesos o el uso de herramientas no adecuadas, que no generan valor al producto al tratarse de actividades duplicadas. Por ello, se generan incrementos en el tiempo y coste de todo el proceso.

- **Defectos**

Las piezas defectuosas involucran gastos en inspección, reprocesos o desecho de estas los cuales generan costos elevados, esfuerzos extras; además de involucrar una mala calidad en los productos.

1.2.3 Herramientas Lean

Los principios y los conceptos de desperdicios del PL detallados anteriormente requieren de herramientas para llevarlas a la práctica. Existen numerosas herramientas las cuales están enfocadas en reducir el desperdicio en todos los procesos internos de las empresas con el objetivo de reducir costos y para luego desarrollar e intensificar el valor que el cliente percibe como valioso y esté dispuesto a pagar por ello. En la figura 7, se muestra gráficamente la relación que existe entre el valor y el costo, y la ruta deseada a seguir mediante las herramientas del PL. La línea de equilibrio de Costo-Valor muestra todas las posiciones donde el valor percibido por el cliente es igual a los costos del producto o servicio. Es decir, todos los productos o servicios que se encuentra por encima de este equilibrio resulta ser más atractivo tanto para el cliente y como para el fabricante, puesto que se reduce por un lado el costo del producto, y por el otro, se incrementa el valor percibido por el cliente. Los productos que se posicionan debajo de la línea de equilibrio son productos no deseados por los clientes. Bajo lo explicado anteriormente, el PL se centra en reducir el costo del producto y crear valor al cliente mediante el punto 1 y 2 señalados en la figura 7 (Ross Flynn & Vlok, 2015)

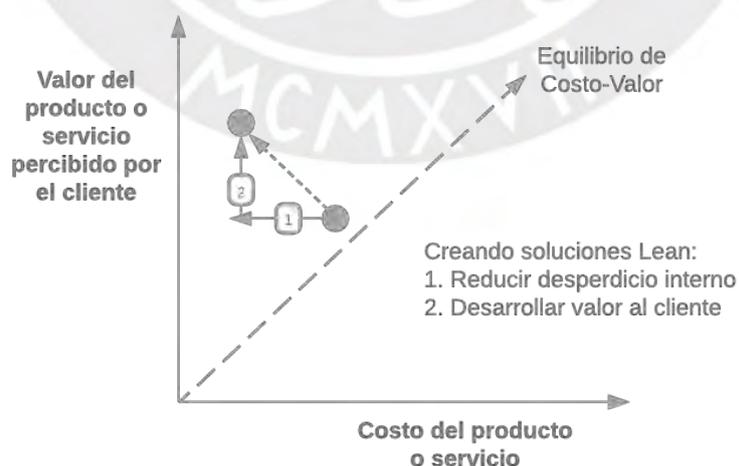


Figura 7: Relación de valor, costo y desperdicio en el Pensamiento Lean.

Fuente: "Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry" por Flynn & Vlok (2015)

A continuación, se enumera y describe brevemente las principales herramientas del PL utilizadas para concretar y poner en práctica lo detallado anteriormente.

a) Value Stream Mapping (VSM)

El VSM es una herramienta que permite obtener un enfoque estratégico, global y operativo de los procesos mediante la representación de la cadena de valor con símbolos estandarizados (Fernández Ortega, 2018). Para esto, con la herramienta VSM, se debe identificar y crear un mapeo del flujo de cada actividad requerida para diseñar y fabricar el producto. Con ello, se clasifica cada actividad en tres categorías: Actividades que crean valor desde la percepción del cliente, actividades que no generan valor desde la percepción del cliente, y por último, las actividades que no crean valor desde la perspectiva del cliente, pero que no pueden ser eliminadas al ser necesarias para crear el producto. Esto permite evaluar la eliminación o mejora de la actividad dependiendo en la categoría que se encuentre (Tapia Coronado, Escobedo Portillo, Barrón López, Martínez Moreno, & Estebané Ortega, 2017). En la figura 8, se muestra un ejemplo de VSM donde puede mostrarse el flujo de la información entre proveedor, productor y cliente; el flujo del producto en cada proceso y el tiempo en que se realiza cada actividad.

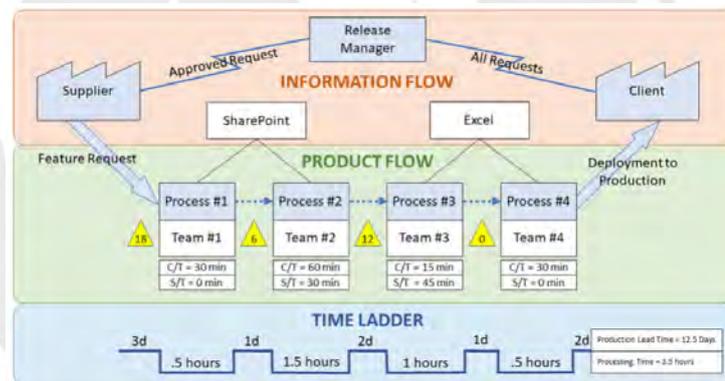


Figura 8: Ejemplo de VSM

Fuente: "What is Value Stream Mapping (VSM), Benefits, Process and Value" por Plutora (2020)

b) 5S

Las 5S hace referencia a 5 palabras japonesas que su terminación empieza con la letra S. Cada palabra contiene un significado en específico para mantener el puesto de trabajo limpio, ordenado y organizado (Fernández Ortega, 2018). Lo importante de disponer un lugar de trabajo con las características mencionadas es evitar pérdidas de tiempo por desplazamientos innecesarios, el mantenimiento de los equipos disminuye al conservarse de manera pulcra y aumenta la seguridad. Asimismo, un puesto de trabajo con 5S ayuda a motivar al personal al

poder trabajar en óptimas condiciones (Berganzo, 2016). Las cinco palabras que conforman la herramienta del PL con sus respectivos significados son los siguientes:

Seiri: Clasificación

Seiton: Orden

Seiso: Limpieza

Seitkesu: Estandarización

Shitsuke: Disciplina

c) Total Process Maintenance (TPM)

El TPM es un sistema de mantenimiento para los equipos que se manejan en cualquier empresa con la finalidad de mejorar la eficiencia eliminando pérdidas por tiempos de parada. El TPM es un sistema que comprende todo el ciclo de vida útil de los equipos y se basa en dos tipos de mantenimiento: Automantenimiento el cual es realizado por los mismos operarios, y el mantenimiento preventivo realizado por los encargados de mantenimiento (Fernández Ortega, 2018). La importancia de esta herramienta se ve reflejada el momento de comparar el costo de mantenimiento respecto al total, representando este entre el 10% y 20% del costo total de producción (Lean Manufacturing 10, s.f.).

De acuerdo a Fernández (2018), para controlar los resultados ofrecidos por esta herramienta, se utilizan indicadores siendo el principal de estos el OEE (Overall Equipment Efficiency). Este indicador permite calcular la eficiencia de cada equipo mediante la comparación entre la productividad el equipo y su capacidad máxima. No obstante, debido a esta limitación a nivel de equipo, existen otros indicadores como el OTE (Overall Throughput Effectiveness) que consideran a todo el sistema de producción midiendo su rendimiento a nivel de fábrica el cual permite un diagnóstico al mismo nivel (M. Durán, González-Prida, Crespo, & Guillén, 2019).

d) Control Visual

Esta herramienta permite identificar con facilidad eventos anormales o desperdicios que requieran de mejora o eliminación brindando información del estado general del sistema, así como los resultados de las mejoras. El Control Visual utiliza dispositivos de control e información y código de colores estandarizados creando una comunicación visual en todo el entorno de trabajo (Fernández Ortega, 2018).

Toda la información que se encuentra en los sitios web de la empresa, carpetas, archivos y sistema de datos de la empresa se comunican abiertamente a empleados y clientes. Toda esta información es convertida en un formato visible y que pueda ser entendible de manera rápida para todas las personas que necesitan acceder y utilizar. De esta manera, los empleados pueden entender de manera efectiva la información del lugar del trabajo solo observando las indicaciones visuales, además de convertir el lugar de trabajo en un lugar que contribuye a una cultura innovadora mediante (Lynn Schultz, 2017).

e) Heijunka

Esta palabra significa “nivelación” y la herramienta hace referencia a la forma de ajustar la producción y el tiempo de trabajo basándose en la demanda del cliente, pero en un periodo largo de tiempo. Sin embargo, esto no significa variar la producción según la variable demanda de cliente, puesto esto traería mayores desperdicios. (Fernández Ortega, 2018). La herramienta consiste en nivelar la producción a un patrón repetitivo lo cual implica poseer una producción media diaria similar a otros días de la semana; sin embargo, las modificaciones se realizan a los pedidos a largo plazo con cambios que no afecten en gran medida (Tapia Coronado, Escobedo Portillo, Barrón López, Martínez Moreno, & Estebané Ortega, 2017). Esta herramienta refuerza el principio del PL denominado en el presente trabajo como “sistema pull desde los clientes” De acuerdo a Fernández (2018), Heijunka trata de establecer un flujo continuo de producción mediante técnicas como One Piece Flow que consiste en crea un flujo continuo de materia prima, productos, información, operarios, etc; y células de trabajo en forma de U que crea un flujo continuo en la producción.

Por otro lado, José Luis Giménez, docente del Diploma Internacional en Lean Supply Chain & Logistics Management de Esan, menciona que la implementación de Heijunka es un sistema que radica en aplicar las siguientes herramientas: Células de trabajo para crear un flujo continuo de planta, flujo continuo pieza por pieza para optimizar inventarios, flujo del producto según la demanda acorde al principio PL, producción ajustada al takt time (indicador de frecuencia de compra de los clientes) para adaptar la producción a la expectativas de los clientes con el fin de determinar el ritmo de la producción; y por último, la herramienta de Nivelación de cantidad de producción cuyo fin es minimizar la producción entre un periodo y el siguiente; es decir, lo óptimo es producir una cantidad de productos similares en un determinado tiempo cuando la demanda sea similar (Conexión Esan, 2019).

f) Kaizen

La herramienta Kaizen o mejora continua hace referencia a una mejora incremental continua, donde se plantea solucionar problemas o mejoras a diario. Estas pequeñas ideas que surgen como soluciones o mejoras representan una ventaja competitiva sostenible con el tiempo (Ross Flynn & Vlok, 2015). Asimismo, de acuerdo a Flynn & Vlok (2015), el enfoque Kaizen debe estar dirigido a personas que están realmente relacionadas con las operaciones puesto que ellos presencian la totalidad de los problemas, y estas mejoras deben estar relacionadas con la limpieza, eliminación de desechos y la estandarización. Además, Kaizen es una herramienta de bajo riesgo y requiere de poca inversión comparado con los beneficios que este trae consigo. Entre estos beneficios, se tiene mejorar la organización mediante la atención al detalle, participación de todos los empleados y una cultura adaptable al cambio. Kaizen desarrolla habilidades y creatividad de los empleados para encontrar las causas raíz de problemas para

solucionarlos lo cual representa un cambio cultural organizacional positivo (Favela Herrera, Escobedo Portillo, Romero López, & Hernández Gómez, 2019)

g) JIT (Just in Time)

Esta herramienta consiste en producir solo las piezas necesarias para cubrir la demanda del proceso siguiente en el plazo requerido de tiempo (Tapia Coronado, Escobedo Portillo, Barrón López, Martínez Moreno, & Estebané Ortega, 2017). JIT no solo se centra en cubrir la demanda, sino también en que la calidad y cantidad sean correctas eliminando o reduciendo desperdicios lo cual refleja el aumento del valor al cliente (Ross Flynn & Vlok, 2015). El sistema JIT posee cuatro objetivos principales que son los siguientes: Atacar los problemas fundamentales, eliminar los desperdicios, buscar la simplicidad y diseñar sistemas que permitan identificar problemas. Con ello, se logra aumentar el nivel de productividad y de la calidad (Favela Herrera, Escobedo Portillo, Romero López, & Hernández Gómez, 2019).

h) Jidoka

Jidoka es un sistema de control autónomo de defectos el cual hace referencia que cada trabajador tiene la facultad para detener un equipo o maquinaria si este nota que existe una falla. Por lo tanto, esta herramienta le otorga responsabilidad al trabajador sobre su entorno o lugar de trabajo (Mendoza Tineo, 2018). La herramienta Jidoka tiene como finalidad alertar la presencia de problemas en los procesos de producción para que éstos sean solucionados en el menor tiempo posible evitando pérdidas de tiempo o de dinero. No obstante, para esto, se requiere que el trabajador se haga responsable junto a su equipo de notificar o detener el proceso si existen eventos que son anormales en el sistema. Bajo esta lógica, en el caso de máquinas, existen dispositivos integrados a la maquinaria que permite detectar una anomalía y detener automáticamente el proceso. Jidoka les otorga compromiso e importancia a los empleados, además de darles la potestad de ejercer autoridad en cuanto a la mejora de la producción (Tapia Coronado, Escobedo Portillo, Barrón López, Martínez Moreno, & Estebané Ortega, 2017).

1.2.4 Templo Lean

El Templo Lean muestra la relación que existe entre las diversas herramientas y conceptos detallados anteriormente mediante una representación gráfica. El siguiente Templo es tomado como referencia de Fernández usado en su Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Aeronáutica de Sevilla (2018). En esta figura, se observa que existen cuatro partes: la cima, los pilares, la base y el motor del sistema Lean.

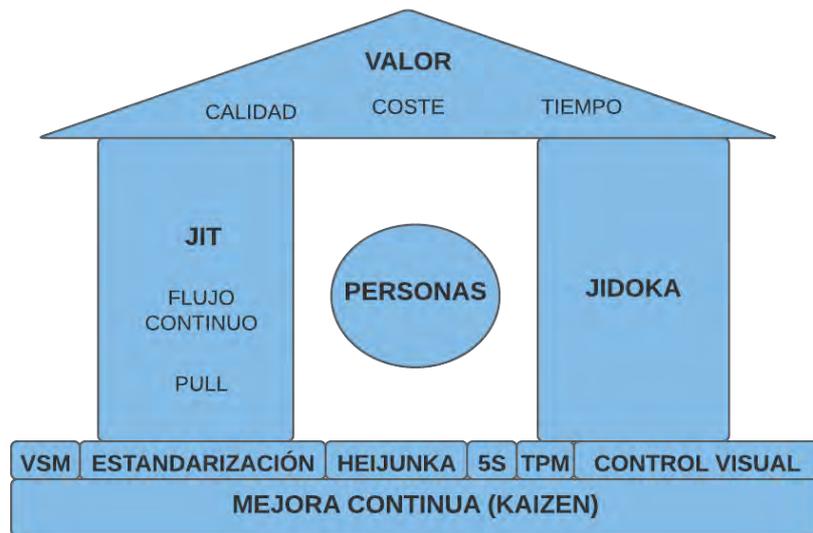


Figura 9: Templo Lean

Fuente: " Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Aeronáutica de Sevilla" por Fernández (2018)

Para alcanzar la cima es necesario fundamentarse sobre los pilares JIT (Just in Time) y Jidoka, basándose en el principio del sistema pull desde el cliente. Los pilares se cimentan en las herramientas del PL. En la figura 9, se ha mencionado algunas herramientas que se han detallado a lo largo del trabajo; no obstante, en este nivel se encuentran todas las herramientas del PL. Bajo las herramientas, se encuentra a la Mejora Continua (Kaizen) como base de todo el sistema Lean. Esto se debe a que Kaizen involucra todos los procesos que el producto requiere para llegar hasta la venta final convirtiéndolo en una herramienta base que puede ser aplicado al sistema completo. De igual forma, el PL no se centra solo en el cliente, sino en todas las personas y actividades involucradas en todos los procesos. En ese sentido, se puede decir que el PL es un programa de mejora continua que se enfoca en la entrega de calidad total, disminuir costo y tiempo. Asimismo, los pilares se relacionan con las personas las cuales representan el motor del sistema Lean reflejando la importancia del rol de los empleados en el PL. Es necesario que la participación de las partes interesadas y empleados sea de manera activa y comprometida, puesto que gracias a las personas es posible la mejora continua, y la formación de una cultura lean.

Finalmente, la cima del Templo Lean representa a los objetivos del PL cuyo enfoque principal es agregar el valor entregado a los clientes por medio de tres apartados fundamentales: Calidad, costo y tiempo.

1.3 Pensamiento Lean en la Gestión de Activos

De acuerdo a lo que se ha detallado a lo largo del presente trabajo, se puede determinar que el PL, como una estrategia de mejora continua, está alineada con la GA definida por norma internacional ISO 55000. Por un lado, el PL se enfoca en reducir los desperdicios con la finalidad de centrarse en procesos

o actividades que agreguen valor al producto final. Por el otro lado, se encuentra la GA que es una forma de gestión para aportar valor a partir de los activos en todo su ciclo de vida a la organización y a las partes interesadas tal como lo describe la norma ISO 55000. Ambas se relacionan en el propósito de agregar valor; no obstante, la GA centra todos sus esfuerzos alrededor de los activos de la organización. Ciertos principios y herramientas del PL también se enfocan en mejorar el rendimiento y confiabilidad de los activos para que estos cumplan con su propósito requerido, como TPM y VSM. Asimismo, el PL requiere de procesos de monitoreo y mejora continua que también es requerido por la norma ISO 55000. Esto demuestra que hay principios y herramientas incorporadas dentro de la GA definida por la norma ISO 55000 complementándose ambos enfoques (Ross Flynn & Vlok, 2015). En la siguiente figura 10, se observa el vínculo existente entre la GA de la norma internacional ISO 55000 y el PL.



Figura 10: Relación entre el PL y el Sistema de GA ISO 55000.

Fuente: "Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry" por Flynn & Vlok (2015)

En el presente trabajo, se estudia el mejoramiento de la GA mediante el enfoque del PL. Usualmente cuando los equipos o plantas industriales se operan sin efectividad, se declaran como activos con la capacidad insuficiente obligando a la empresa a realizar compras adicionales. Esto último genera sobrecostos, sobretiempos, poca satisfacción del cliente, y llegar al punto de realizar expansiones de planta por un mal manejo de los activos (Niño Herrera, s.f.). De acuerdo a Niño (s.f.), consultor en Gestión de Activos, la implementación del PL en la GA significa gestionar de manera costo-efectiva la creación de valor al cliente sin comprometer la confiabilidad e integridad de los activos a través de la eliminación de desperdicios y una cultura organizacional que comprometa al trabajador con el logro de los objetivos propuestos. Por otro lado, la norma ISO 55000 es una buena guía para la integración de la gestión energética, calidad, ambiental y activos.

En ese sentido, la implementación del PL en la GA debe ser bajo un enfoque de mejora y optimización que permita brindar modelos efectivos en el desempeño de los activos. Si bien es cierto que la GA en la norma ISO 55000 involucra como parte de la gestión a la mejora continua, la dirección y método estructural de la mejora no está definida. Además, el modelo de madurez planteado por la norma ISO no proporciona pautas de mejora (Nierop, 2017). El PL posee herramientas que pueden ser utilizadas en la GA durante el ciclo de vida de los activos; sin embargo, se necesita que los principios del PL sean implementados y seguidos para que el resultado de la aplicación de las herramientas sea efectivo. Desde una perspectiva de GA, los principios del PL se localizan en este nuevo contexto detallado por Nierop.

- **Especificar valor:** El valor del activo es definido por la disponibilidad para ser utilizado cuando sea requerido y por su tasa de ocupación. No obstante, la prioridad que se le otorga a estos factores es dada por la misma organización.
- **Identificar la cadena de valor:** Este principio identifica cuales pasos son necesarios para la creación de valor en los procesos actuales de la empresa. En la GA es esencial determinar cómo el tiempo de inactividad influye en el valor del activo.
- **Hacer que el valor fluya:** En este principio, se eliminan los desechos y se tratan de aliviar los cuellos de botella. Los recursos consumidos en cada proceso deben ser los mínimos para maximizar el valor de los activos. Asimismo, se necesita establecer prioridades para cada activo de acuerdo a los riesgos que estos puedan sufrir.
- **Sistema pull desde el cliente:** Bajo un enfoque de la GA, este principio hace referencia a contar con los incentivos necesarios para realizar los cambios en el proceso.
- **Perseguir la excelencia:** En este último principio del PL, se requiere tratar de optimizar constantemente los procesos.

El ciclo de mejora debe realizarse bajo el método PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) cuya principal ventaja es que puede realizarse en cualquier tipo y nivel de organización. El ciclo de mejora consta de 3 pasos que son repetidos constantemente: El primero es analizar problemas para encontrar áreas susceptibles a mejoras, luego encontrar métodos de mejora, y finalmente, implementar las mejoras al proceso (Nierop, 2017). Estos pasos generan un ciclo de mejora continua.

Por otro lado, existen factores que pueden alterar el resultado del modelo propuesto por Nierop, los cuales son detallados a continuación:

- **Industria de la empresa**

El tipo de industria es un factor que influye el desempeño de la mejora en la eficiencia. En ciertos rubros, la eficiencia de la empresa es menos importante; además de poseer menos riesgos que le obliguen a ser más eficientes. En ese sentido, se concluye que la GA tienen potencial dependiendo del tipo de industria.

- **Cantidad de actores involucrados**

Las actividades a lo largo del ciclo de vida son coordinadas por diferentes personas, puesto que caso contrario sería irrelevante la coordinación entre actividades, sin elementos de mejora.

- **Tipo de proceso de producción**

El tipo de proceso de producción influye en la realización de la GA, puesto que dependiendo de cada tipo se presentan dificultades para la coordinación entre actividades.

- **Duración y diseño del activo**

Tanto la duración como el diseño de los activos son factores importantes que influyen en el potencial de la GA. Mientras la vida útil del activo sea corta, el potencial de mejora de la GA es bajo debido a la imposibilidad de recuperar las inversiones iniciales durante la vida útil del activo. Del mismo modo, el diseño es un factor clave dentro del ciclo de vida de los activos. En esta etapa es necesario que se haya tenido en cuenta las políticas de la GA; caso contrario, disminuirá el potencial de mejora.

En cuanto a los principales requisitos de mejora, se tiene que las herramientas del PL deben poder utilizarse en la GA, todos los aspectos de la GA definidos por la norma ISO 55000 deben tenerse en cuenta en la implementación del método de mejora, y que la herramienta del PL deba mejorar por los menos un aspecto de la GA.

Finalmente, el método de mejora parte del ciclo de mejora detallada anteriormente. Como método de mejora, requiere de ciertas entradas de información que permitan evaluar los principales aspectos y el estado actual de la empresa en cuestión. Estas entradas son el nivel de madurez actual de acuerdo al modelo de madurez de la norma ISO 55000, el desempeño actual de la GA de la empresa medido en base a los requisitos definidos por la norma ISO 55000 y las herramientas del PL que puedan aplicarse de acuerdo a la organización.

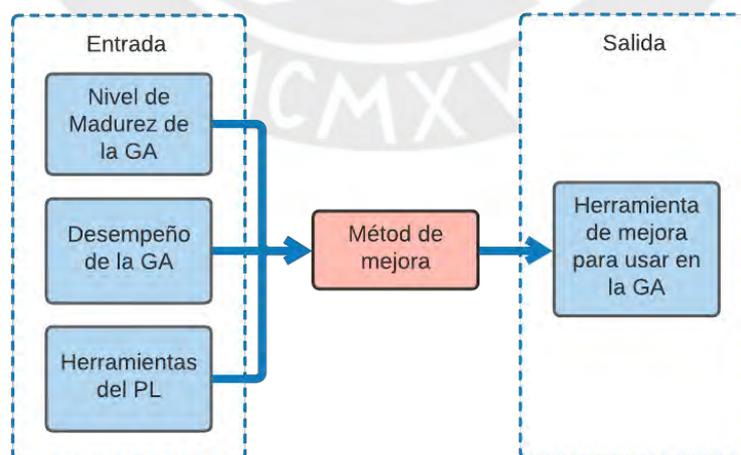


Figura 11: Entradas y salidas del modelo de mejora.

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

Para medir el desempeño actual de la GA de la organización y realizar mejoras, se presentan las posibles herramientas del PL o tipos de herramientas que pueden ser aplicadas en cada aspecto de la gestión.

- **Organización**

Para analizar la organización dentro de la GA, se requiere de un sistema de medición de desempeño que permite comprender cómo se está desempeñando en relación con las mejores prácticas y los riesgos a los que se enfrenta. Para mejorar la gobernanza de la GA, se plantean usar herramientas de gestión. Es importante que los objetivos de la empresa estén alineados con los objetivos de la GA. Entre las herramientas, se encuentran la autonomía y mejora continua.

- **Liderazgo**

El liderazgo es analizado mediante la herramienta del PL Value Stream Mapping (VSM), puesto que permite observar las actividades que agregan valor a la organización. Todas las actividades que no agreguen valor deben ser minimizadas o eliminadas, en caso sea posible siendo este el enfoque que la organización debe poseer. Asimismo, el VSM permite constatar si las metas y objetivos de la empresa están bien establecidos al tener un panorama general de las actividades que agregan valor. Dentro de este requisito, se pueden emplear mejora continua, puesto que también puede relacionarse con la elaboración de políticas. La participación de los empleados y la resolución de problemas son herramientas que ayudan a alinear el liderazgo con el plan de GA.

- **Plan de GA**

Para realizar el Plan de la GA se necesita la utilización de herramientas de análisis. Esto permite determinar qué factores afectan el desempeño de los activos. Para mejorar este concepto, se puede aplicar herramientas de integración como la participación de los empleados. La involucración de empleados permite ajustar mejor la política y estrategia, así como el proceso a los objetivos de la GA. Otra herramienta útil es TPM.

- **Operación**

Para analizar el funcionamiento de las operaciones, se utilizan herramientas de análisis para encontrar problemas en la situación actual de la organización. El VSM es una herramienta que permite distinguir las actividades que agregan valor agregado y permite visualizar un panorama general de todas las operaciones. Los equipos multifuncionales, la resolución de problemas y el TPM son muy eficientes para mejorar los procesos.

- **Evaluación**

Para analizar la evaluación de la GA se utilizan herramienta de desempeño con la finalidad de observar la eficiencia de los procesos mostrando oportunidades de mejora. Las herramientas de análisis son necesarias para evaluar un problema en específico. Las herramientas que ayudan a mejorar la evaluación es la autonomía de los procesos para obtener datos fiables y disponibles

para medir el rendimiento y la gestión visual para garantizar que la medición del rendimiento sea visible y que los datos se usen en el proceso.

- **Mejora**

Para analizar la mejora de la GA, se utilizan las mismas consideraciones que en la parte de Operación. Para este apartado, se usan herramientas de integración que permitan involucrar diferentes departamentos, así como diferentes niveles de gestión con la finalidad de obtener distintas perspectivas de las oportunidades de mejora. La mejora continua es otra herramienta que garantiza el ciclo de mejora continua en la GA. Asimismo, la autonomía ayuda a obtener datos reales y fiables que contribuyan al mejor análisis y a aumentar el impacto de la mejora.

- **Instalaciones de apoyo**

Para analizar las instalaciones de apoyo, se usan herramientas de análisis las cuales permiten determinar si la organización, las personas y los recursos son los adecuados y suficientes. La organización puede mejorarse mediante herramientas de gestión, implementación de política, mejora continua y TPM. Esto permite alinear los objetivos de la organización con los objetivos de la GA. Para mejorar el aspecto de las personas, se usan herramientas que permitan elevar la participación de los empleados. Asimismo, la gestión visual y TPM para motivar a los empleados y mejorar las habilidades en la que se necesita enfocar respectivamente. Por último, los recursos en la GA pueden mejorar con autonomía de procesos y la gestión visual contribuyendo a generar medios para trabajar mejor con otras herramientas de otros aspectos.

Bajo toda la información detallada anteriormente, se toma el método de mejora implementado por Nierop dentro de la GA lo cual sigue cuatro pasos diferentes y marcados:

- 1. Determinar cuál es el nivel de madurez de la GA de la organización**

El nivel de madurez de la GA dentro de la organización influye directamente en la selección de las herramientas del PL que pueden ser implementadas con mayor éxito en la mejora del rendimiento de la gestión.

- 2. Determinar qué aspecto de la GA necesita ser mejorada basado en el desempeño de la GA de la organización**

Este paso consiste en determinar qué aspecto de los 7 presentados en los puntos anteriores de la GA necesitan mejoras. La selección del aspecto a mejorar se basa en el desempeño de la GA de la organización el cual requiere una escala de medición de acuerdo al nivel de madurez.

- 3. Identificar que herramientas son las adecuadas para mejorar la GA.**

El siguiente paso es identificar la herramienta del PL correcta para realizar la mejora. La finalidad de este paso es seleccionar la mejor herramienta que se ajuste y analizar la mejora de cada aspecto de la GA.

- 4. Desarrollar el plan de implementación de acuerdo a las características de la organización.**

Luego de la selección de las diferentes herramientas del PL, se requiere el desarrollo del plan de implementación dependiendo de las características de la empresa. El plan debe guiarse de los aspectos y el nivel de madurez de la GA de la empresa por lo que el plan es específico para cada organización. Otro factor importante que influye en el desarrollo del plan de implementación es la experiencia que cuenta la empresa utilizando las herramientas del PL.

Por otro lado, la medición del nivel de madurez de la GA es por medio de cinco niveles, siendo el nivel más bajo el no uso de ninguna herramienta dentro de la GA, y el nivel cinco es utilizar las herramientas de manera eficiente, además de poseer un elemento de mejora continua dentro de sus procesos, puesto que esta es la principal ventaja de lean respecto a otros modelos aplicados a GA actual. Cabe agregar que las herramientas presentadas anteriormente como posibles a utilizar en cada aspecto pueden variar dependiendo del nivel de madurez en la que se estén aplicando actualmente en la organización, lo cual deja a disposición del evaluador usar la herramienta que más se adecúe a la organización.



CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍA EN CASOS DE ESTUDIO

En este capítulo, se describirá los casos de uso mediante la aplicación de la metodología y los resultados obtenidos a partir de aquella implementación.

2.1 Casos de estudio por Nierop

Los casos de estudio son obtenidos de la investigación realizada por Nierop para la consultora Stork Asset Management Solution, el cual es una empresa que tiene una basta experiencia en la GA y la utilizan de herramientas del PL en soluciones de mantenimiento de activos. En los casos estudiados por Nierop, se comprueba la mejora obtenida en la GA mediante una Perspectiva Lean.

2.1.1 Descripción de empresas

Terminal de Tanques

En el terminal de tanques, los procesos principales es el almacenamiento, transbordo y adición de aditivos siendo estas las actividades de valor agregado dentro de los procesos. Los activos usados en todos estos procedimientos son bombas, instalaciones de almacenamiento y brazos de carga. En proceso de transbordo de fluidos, usualmente se realiza desde un barco en el muelle hasta otro transporte marítimo o un camión a una corta distancia. El proceso comienza con la descarga de los buques en el muelle mediante los brazos de carga. Una vez descargados, los fluidos son transportados por bombas mediante tuberías hacia los tanques de almacenamiento. Luego de ser almacenados los fluidos en los tanques, se puede agregar ciertos aditivos al fluido o solo ser almacenados. Cuando los fluidos son solicitados, se bombean hacia las instalaciones del brazo de carga. Durante este proceso, se pueden agregar aditivos también. Finalmente, mediante los brazos de carga, los fluidos son cargados a los buques o camiones de carga. En la figura 12, se muestra el flujo de las operaciones.

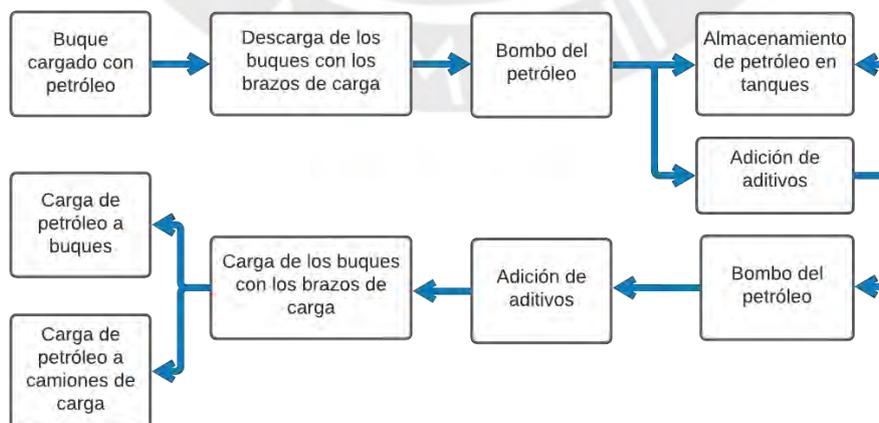


Figura 12: Procesos en la Terminal de Tanques

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

Respecto al análisis de la madurez de la GA, se obtuvo como resultado la falta de coordinación entre las diferentes actividades relacionadas con los activos, menor utilización de las bombas respecto a su capacidad máxima, y límites físicos entre departamentos y lugar de trabajo que dificultan la coordinación de actividades. La empresa cuenta con aspectos implementados de la GA como las instalaciones de apoyo, operaciones y evaluación, por lo que se refleja una mejor puntuación en estos aspectos. En general, el nivel de madurez de la GA de la organización de acuerdo a la norma ISO 55000 según el análisis del autor es 0. La evaluación y la medición realizada por el autor de todos los aspectos de la GA del terminal de tanques se muestra a continuación.

Tabla 1: Resultados de los niveles de madurez del Terminal de Tanques

Aspecto de GA	Puntuación	Explicación
Organización	0	Necesidad no reconocida por la organización y hay una ausencia de compromiso para implementarla.
Liderazgo	0	Necesidad no reconocida por la organización y hay una ausencia de compromiso para implementarla.
Plan de GA	0	Necesidad no reconocida por la organización y hay una ausencia de compromiso para implementarla.
Operación	1	La necesidad está presente en la organización, puesto que se planificó el traslado de un departamento a una ubicación más cercana al otro departamento.
Evaluar	1	La organización ha identificado y planificado la necesidad de evaluar el desempeño de su instalación mediante la implementación de sensores y relacionar estos indicadores con los objetivos de la GA.
Mejorar	0	Necesidad no reconocida por la organización y hay una ausencia de compromiso para implementarla. No existe una mejora continua en las instalaciones.
Instalaciones de apoyo	1	La organización ha identificado la necesidad, puesto que ha planificado contratar un administrador de activos. Se manifiesta la intención de querer mejorar los recursos humanos en la instalación.

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

En ese sentido, se determinaron problemas actuales en el terminal de tanques. A continuación, se muestran estos resultados:

- El trabajo no es coordinado entre las diferentes actividades durante el ciclo de vida de los activos impidiendo la fluidez en el proceso.

- El trabajo no cumple con el principio del PL del sistema pull desde el cliente, puesto que se realizan requerimientos de activos nuevos sin los requisitos ni demanda de actividades anterior a dicho proceso.
- Existe la dificultad de revisar el desempeño del activo.

Cervecería

En este caso de estudio, se estudió la línea de envasado de la cervecería. El proceso de envasado empieza con el despaletizado de las botellas de cerveza con las cajas almacenamiento. Posteriormente, las botellas son separadas de las cajas de almacenamiento para ser posteriormente lavadas. Por otro lado, las cajas son derivados a un puesto de lavado también. Las botellas continúan el proceso hasta llegar al llenado, donde la cerveza es embotellada. Luego de este proceso, las botellas llenas de cerveza son pasteurizadas y secadas. Posteriormente, los envases son etiquetados, para luego ser empaquetados con las cajas de almacenamiento anteriormente ya lavadas. Finalmente, son apiladas y paletizadas. En la figura 13, se muestra el flujo de las operaciones.

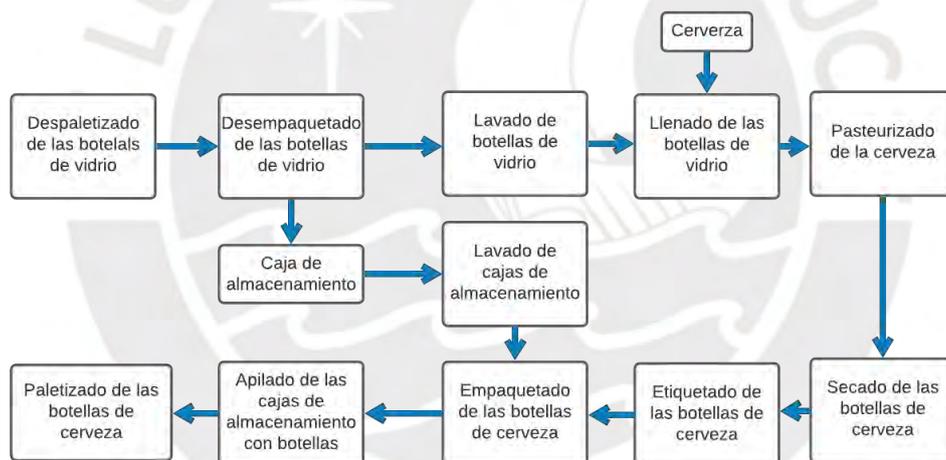


Figura 13: Procesos de las Línea de envasado de la Cervecería

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

Esta organización emplea la herramienta del PL TPM para realizar el mantenimiento de tus equipos y maquinarias en esta línea de envasado en producción. Las tareas de mantenimiento se dividen en mantenimiento, autónomo realizada en las mismas operaciones por el operador, y mantenimiento preventivo cuyo encargado son los mecánicos del departamento de mantenimiento de la organización. Asimismo, tanto el departamento de operaciones como de mantenimiento se relación con los procesos de ingeniería, lo que ha permitido que estos procesos de la línea de envasado estén diseñados para poder implementar TPM, además de poder contar con recursos disponibles y funciones claras que cada miembro debe ejercer. Por otro lado, eso refleja la coordinación existente entre las operaciones y

mantenimiento desde el inicio de la producción. No obstante, el intercambio de información entre estos dos departamentos no ha sido eficiente debido a que se utilizan dos sistemas de información con diferentes softwares.

En cuanto a la estructura organizacional, la cervecera cuenta con un departamento compartido de mantenimiento, calidad y seguridad. El departamento de mantenimiento es el responsable de todo el mantenimiento de los activos dentro del edificio, además que existen equipos enfocados en las modificaciones y proyectos de reingeniería para la planta. La cervecera no cuenta con departamento de ingeniería, puesto que es subcontratado. Cabe resaltar que esta empresa cuenta con un departamento de TPM que se encarga de monitorear y mejorar el uso de esta herramienta del PL en la planta.

Actualmente, la cervecera cuenta con múltiples plantas donde todas comparten el mismo sistema y estructura organizativa. Para realizar de manera eficiente las operaciones, el TPM es introducido en todas las cervecerías, asegurando la mejora del mantenimiento y operaciones de los activos. No obstante, la ingeniería aún no está bien integrada y faltan buenos sistemas para analizar y medir el desempeño del trabajo. Como se ha mencionado anteriormente, la cervecera está enfocada en el TPM, que permite que cumpla con los requisitos de la GA; no obstante, el enfoque debe ser la GA. Bajo lo anterior descrito, la cervecera debe ampliar el alcance de sus instalaciones de TPM para centrarse en integrar la ingeniería, la coordinación táctica y estructural; y evaluar y analizar el desempeño de los activos. En general, el auto califica el nivel de madurez de la GA de acuerdo a la norma ISO 55000 con un nivel 3.

De acuerdo a la evaluación del autor en cada aspecto, se muestra la siguiente tabla.

Tabla 2: Resultados de los niveles de madurez de la Cervecería

Aspecto de GA	Puntuación	Explicación
Organización	4	La estructura de la organización es sólida y bien desarrollada, además que las partes interesadas están involucradas. Los objetivos están establecidos y permiten obtener un buen rendimiento.
Liderazgo	3	Los objetivos de la GA son implementados mediante estrategias y conceptos dentro de la organización, identificando la mejor práctica para cada requerimiento de la GA.
Plan de GA	3	El plan de la GA es una integración del plan de operaciones y mantenimiento que gobierna los requisitos; sin embargo, el plan de ingeniería aún es deficiente.

Operación	3	La coordinación de operaciones y mantenimiento es buena y está incluida dentro de la ingeniería. Se esfuerzan por alcanzar los requisitos del sistema
Evaluar	3	La planta se evalúa en función de su desempeño y mejore prácticas, estableciendo estos indicadores dentro de los objetivos de la GA.
Mejorar	2	La mejora en las instalaciones es menor. Existe progreso, pero la cervecera no logra identificar maneras de mejorar continuamente.
Instalaciones de apoyo	2	Los servicios, instalaciones, entre otros no son proporcionados dentro de la empresa, puesto que son tercerizados. El software del sistema de información aún no es suficiente

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

De acuerdo a estos puntajes, se identificaron los problemas actuales de la cervecera los cuales son listados a continuación.

- La cooperación entre mantenimiento y operación es buena por el programa TPM, y no por una integración de la GA.
- El intercambio de información es dificultoso entre los departamentos debido a la diferencia de sistemas de información
- No existe la libertad en el diseño de activos.
- Se enfocan en la eficacia, y no en eficiencia.

Almacenamiento de Gas

En este caso de estudio, se examina una instalación de almacenamiento de gas cuyo modelo de negocio consta de almacenar gas cuando la demanda es baja y extraer para venderla cuando la demanda sea alta. La instalación de almacenamiento es usada para lucrar con los precios fluctuantes del gas. El proceso de esta instalación empieza con la compresión del gas ingresante a un almacenamiento de gas para mantenerlo a alta presión. Tal como se mencionó, este es almacenado y extraído bajo ciertas circunstancias decididas por la organización. Cuando el gas es extraído, se comprime y se le agrega gel de sílice. Posteriormente es calentado, y finalmente es trasladado fuera de la instalación de almacenamiento. En la figura 14, se muestra el flujo de las operaciones.

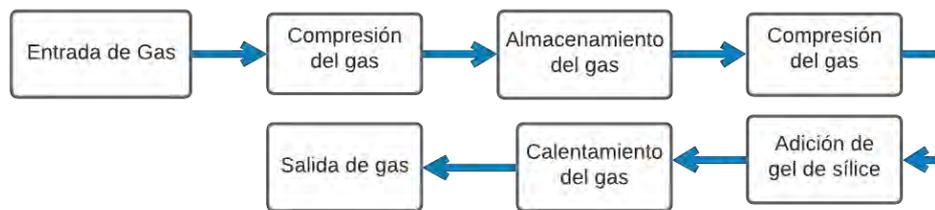


Figura 14: Procesos del Almacenamiento de Gas

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

Las actividades en la instalación de almacenamiento de gas se organizan mediante flujos de trabajo estándar, pero estos no se ajustan a los procesos. Uno de los problemas que ocasiona este mal ajuste es el poco tiempo de trabajo que necesitan los supervisores para enfocarse en aprobar ciertos pasos del proceso. Esto detiene el flujo del proceso provocando retrasos e ineficiencias. Cabe mencionar que el mantenimiento y los procesos de ingeniería son tercerizados. Esta instalación cuenta con tres gerentes que supervisan y son responsables de todas las operaciones del ciclo de vida de los activos. Para ello, se cuenta con un gerente de mantenimiento, un gerente de operaciones y un gerente técnico. Asimismo, se cuenta con un departamento de planificación que se encarga de elaborar normativas de salud, seguridad, protección al medio ambiente, y la planificación de la planta.

Actualmente, la instalación cuenta con actividades del ciclo de vida de los activos separadas por diferentes departamentos; sin embargo, no se cuenta con indicadores que permita medir su desempeño frente a la gestión de activos y no existen mejoras integrados entre estos departamentos. A pesar de esto, la instalación cuenta con la disposición de mejorar su GA. En ese sentido, se ha incurrido en contratar un administrador de activos y se han realizados planes de GA, pero que aún no son implementados. Por otro lado, la organización no cuenta con el ciclo de mejora en las instalaciones y procesos de almacenamiento de gas. Al tratarse de una instalación de almacenamiento de gas, la organización cuenta con equipos de seguridad ambiental para evitar cualquier accidente grave dentro de las instalaciones; sin embargo, no se tiene un buen manejo de la administración de estos equipos que requieren de regulaciones estrictas en inspecciones y mantenimiento. En general, la calificación otorgada por el autor del caso de estudio en el nivel de madurez de la GA según el ISO 55000 es el nivel 1.

De acuerdo a lo evaluado por el autor, se muestra las siguientes puntuación aspecto de GA.

Tabla 3: Resultados de los niveles de madurez del Almacenamiento de gas

Aspecto de GA	Puntuación	Explicación
Organización	1	Se ha identificado la necesidad de este requisito, y ya hacen esfuerzos por alinear los objetivos de la GA con los objetivos organizacionales.
Liderazgo	1	Se ha identificado la necesidad de este requisito, y los objetivos organizacionales se traducen en políticas y estrategia de GA.
Plan de GA	2	El plan de la GA ha estado en marcha desde hace algún tiempo cuyo inicio fue desde el mantenimiento. El plan está en proceso de integración para adaptarse a las otras actividades de la GA.
Operación	1	Se ha identificado la necesidad de este requisito, y se planea contratar un administrador de activos para integrar actividades
Evaluar	1	Actualmente, miden y evalúan el desempeño de la GA mediante un tablero de indicadores de desempeño
Mejorar	0	El ciclo de mejora continua no es visible en la organización, y tampoco dispone de planes para implementarla.
Instalaciones de apoyo	2	La organización y los medios son adecuados para la GA. El recurso humano es mejorado actualmente para conseguir las personas correctas en el lugar adecuado.

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

Bajo este contexto, se listan los problemas actuales respecto a la GA de la instalación de almacenamiento de gas.

- Aislamiento del departamento de ingeniería.
- Poca atención al flujo de trabajo que requiere de mayor enfoque por parte de los supervisores.
- La falta de coordinación en la GA.
- No presente ciclo de mejora continua lo cual impide seguir mejorando.

2.1.2 Comparación y resultados de los casos de estudios

Comparación

De acuerdo a la puntuación otorgada por el autor de esta investigación de los casos, se procede a realizar un gráfico de líneas que permita comparar cada aspecto entre estos tres casos de estudio. Como se observa en la figura 15, la cervecera cuenta con los mayores niveles de desempeño en cada aspecto de la GA comparado con los otros casos de estudio. El terminal de tanques es el caso que posee menor implementación de la GA obteniendo 0 en los aspectos de Organización, Liderazgo y Plan de GA. A pesar de esto, sí cuenta con cierto nivel dentro de Operación y Evaluación e instalaciones de apoyo, por lo

que se puede concluir que es posible implementar estos aspectos de la GA sin poseer los primeros. Asimismo, en los tres casos de estudio se puede evidenciar la dificultad para implementar el ciclo de mejora continua o la poca disposición a esta para implementarse en la GA.

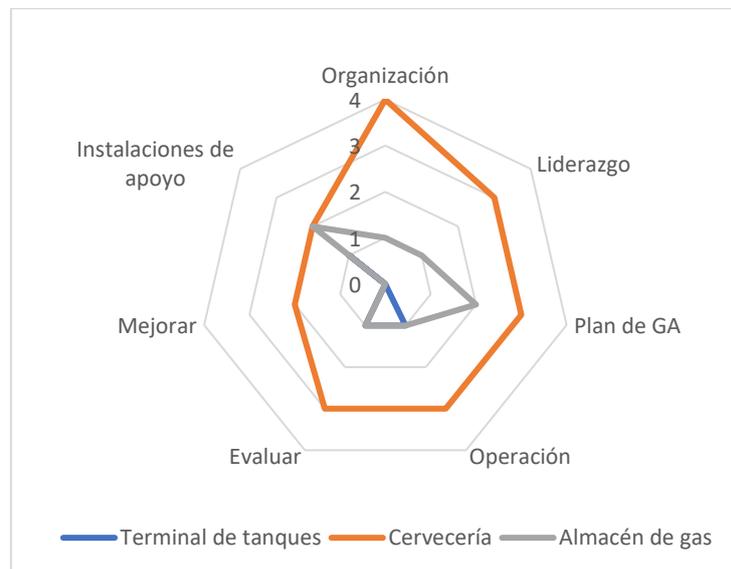


Figura 15: Gráfico comparativo entre los casos de estudio

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

Por otro lado, existen factores que pueden alterar el resultado de la mejora. Una diferencia notable de las tres industrias mostrados es que dos de ellas pertenecen a la industria química, y la industria de petróleo y gas. La cervecera es una industria manufacturera. Dependiendo de cada tipo de industria, la normativa de seguridad es variante y muchas veces más estricta. En las industrias a las que pertenecen tanto el terminal de tanques como el almacén de gas requieren de mayor seguridad por los riesgos medioambientales o accidentes graves que puedan ocurrir, comparado con la industria manufacturera. Estas empresas invierten mucho para enfocar y garantizar una producción segura para evitar correr riesgos, en lugar de centrarse en eficiencia y eficacia. Esto se logra visualizar en la grafica comparativa anteriormente propuesta, donde se observa que la empresa manufacturera se ha enfocado en implementar la GA en su organización en todos los aspectos, y las otras dos empresas en la seguridad de su producción.

Otro factor importante es el tipo de proceso que cada empresa posee. La empresa de almacenamiento de gas cuenta con un proceso continuo puesto que el gas esta almacenado sin interrupciones. En este caso, el mantenimiento necesariamente reduce el valor del activo, puesto que se requiere que este tenga ciertas limitaciones para que el mantenimiento sea correcto. Por otro lado, una empresa manufacturera puede realizar el mantenimiento de sus activos en el momento que la planta no esté en funcionamiento. En los casos de estudio, se identifica que la cervecera tiene mayor probabilidad de realizar el mantenimiento cuando los activos no estén en uso sin perder valor en toda la cadena de producción.

Resultados

El resultado de la implementación del PL en la GA se validó con el caso de estudio de la empresa de almacenamiento de gas debido a que las instalaciones son nuevas por lo que permite agregar la fase de diseño al estudio. Para analizar la producción, los datos se dividen en tiempo de inactividad no planificado y tiempo de inactividad planificado. La información de estos dos tipos de tiempo es usada como base para la implementación del modelo de la GA. Para esto, la capacidad de inyección y extracción del gas son calculados como el promedio de la cantidad de gas almacenado en un año. Bajo esta premisa, se calcularon pérdidas de gas de 30% en la extracción y 16% en la inyección. En ese sentido, se determina que estos procesos requieren de la implementación de una mejora.

Siguiendo los pasos planteados por Nierop, en primer lugar, ya se han identificado el nivel de madurez de la organización en la descripción de la empresa. El almacenamiento de gas tiene madurez en su GA nivel 1 el cual fue determinado por el autor del estudio. Posteriormente, se determinó qué aspectos de la GA deben mejorarse. Estos son el aspecto de mejora y operaciones. Siguiendo con el paso siguiente, se determina que las herramientas a usar, de acuerdo al desempeño de su actual GA. Son el análisis de causa raíz y mejora continua las herramientas que poseen el mejor ajuste a los problemas que posee la organización. Finalmente, no se realizó el plan de implementación puesto que los resultados de la mejora con a partir de estimaciones realizadas.

Para medir en rendimiento actual de los activos, se requiere utilizar el indicador OEE (Overall Equipment Efficiency) para medir el rendimiento la eficiencia global de los equipos. El OEE es calculado en base a la disponibilidad, desempeño y calidad del activo. Las mediciones en esta empresa no son usadas con frecuencia y muchas veces no se realizan mediciones lo cual dificulta la medición del indicador y la veracidad que este pueda obtener bajo estimaciones.

El OEE es comparado en su estado actual con el rendimiento futuro esperado mediante estimaciones. Para esto se tienen que tener ciertas consideraciones. Las instalaciones necesitan cierto control interno visual de los valores de la presión, puesto que estos valores deben ser configurados cada cuatro años de acuerdo a la empresa. Se planteó que las pérdidas de cambio de presión pueden reducirse hasta un 25% con el hecho de realizarlo con un año de anticipación. En las instalaciones existen 6 compresores que no tienen confiabilidad porque lo que el diseño de esos activos es ineficiente y generan pérdidas de producción. Por otro lado, se estima que los compresores serán 30% más disponibles respecto a la anterior GA. Asimismo, se plantearon válvulas de reemplazo para las averiadas y la mejora del tiempo de inactividad de las unidades de secado reduciéndose a cero.

Mediante la medición de los tiempos planificados y no planificados de las actividades, se obtuvo una mejora de 70% a 77% en el indicador OEE en el proceso de extracción y de 84% a 90% en el proceso de inyección. Esto significa el aumento notable de la eficiencia de cada proceso ya que el OEE mide el

porcentaje de tiempo de producción planificado que es verdaderamente productivo. Las mejoras fueron mediante la implementación de las herramientas del PL a cada aspecto de la GA.

Como resultado y debido a las estimaciones de los datos no es posible estimar el nivel de madurez futuro de la organización, pero se realizaron estimaciones en los cambios que podrían ocurrir.

En primer lugar, debido a la implementación del análisis de causa raíz, el aspecto de mejora y operaciones aumentará su madurez. El ciclo de mejora continua afecta de manera positiva el aspecto de mejora, y también el aspecto organizacional de la GA. Asimismo, como parte del análisis, se identificaron los principales problemas de la empresa: El aislamiento del departamento de ingeniería, ineficiente flujo de trabajo continuo, falta de coordinación en la GA y la incapacidad de mejora continua. Estos problemas son solucionados con el ciclo de mejora continua.

Bajo estimaciones de los niveles de madurez de cada aspecto de la GA en base a lo anterior detallada, se muestra a continuación la comparación de los niveles futuros y actuales de madurez en la empresa de almacenamiento de gas.

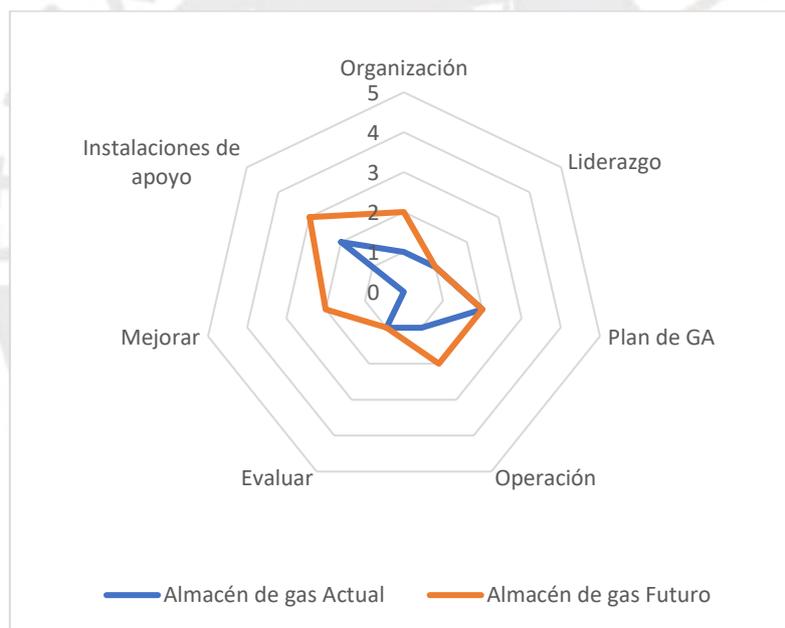


Figura 16: Gráfico comparativo entre el Almacén de gas actual y futuro

Fuente: "Improvement in asset management using a lean perspective" por Nierop (2017)

Nierop termina su análisis de mejora validando esta información con expertos. En conclusión, dentro de la instalación de almacenamiento de gas se analizaron problemas dentro de cada aspecto de la GA, se seleccionaron las herramientas de PL más adecuadas para la mejora de la organización y se determinaron el efecto de estos cambios con la implementación de las herramientas. El autor del estudio de los casos ratifica que las pérdidas de estas instalaciones pueden reducirse en un 30%.

2.2 Casos de estudio Flynn y Vlok

Los casos de estudio investigados por Flynn y Vlok son en el entorno minero y son casos que han aplicado con éxito en PL en la GA. Cabe mencionar que los autores reconocen las distintas diferencias que involucran la industria minera respecto a otras tales como la imposibilidad de detener procesos teniendo una producción continua de 24 horas, la existencia de una gran cantidad de polvo, el entorno físico es desafiante y variable, las unidades mineras se encuentran en lugares remotos, impacto del clima sobre los activos, los equipos de producción están distribuidos geográficamente, entre otros.

2.2.1 Descripción

Rio Tinto Aluminium (RTA)

Rio Tinto es una industria minera que ha aplicado el PL en muchas de sus operaciones y sitios mineros con éxito rotundo. No obstante, el camino para adoptar el PL se originó por la atmósfera creada por los programas de mejora Six Sigma. Esta organización ha logrado un valor de 25 millones de dólares en mejoras cada año a través de proyectos de Six Sigma. Cuando la organización implementó el PL el enfoque de sus operaciones cambió. Las medidas tomadas por la empresa pasaron de correctivas a preventivas permitiéndole anticipar problemas potenciales e identificar oportunidades de mejora. Como primer paso, RTA implementó un Centro de Información (CI) que se enfocó en proporcionar indicadores del desempeño de la producción en las paredes de dicho centro en tiempo real. Debido a esto, las reuniones diarias de producción fueron eliminadas al volverse redundantes, asimismo las reuniones de fabricación donde se discute el progreso de las operaciones se vieron minimizadas. Esto último permitió que los operarios, encargados de mantenimiento y contratistas puedan cooperar y enfocarse en resolver problemas que se susciten en las operaciones. En un periodo de 6 meses, se obtuvo resultado de esta mejora que, en principio, solucionó problemas que fueron resueltos de manera implícita, y además que permitió el manejo de una mejor programación del trabajo en el horno de carbón permitiendo que la operación de horneado termine antes de su fin programado por primera vez.

Por otro lado, el CI se enfocó en métricas para medir la producción bajo los objetivos y estrategias organizacionales de RTA para determinar el éxito de sus esfuerzos aplicando el PL. Estas métricas fueron graficadas en un diagrama cada turno de cada día, además los CI se ubicaron en el centro de las instalaciones para que todos los empleados de cualquier nivel de la organización pudieran acceder a ellos. Este último tiene como finalidad que todos los empleados sean conscientes del desempeño de la producción y fomentar el sentido de responsabilidad y control.

RTA implementó las 5S en varias operaciones. Por ejemplo, aplicó tableros de sombra para garantizar que todo esté ordenado, limpio y clasificado. También, agregaron páginas a cada equipo en un formato estandarizado para indicar el correcto funcionamiento, además de tableros que indicaran si las tareas programadas fueron realizadas o no.

Bajo este contexto de mejoras, se presentan los siguientes resultados de las mejoras comparando entre el año 2004 y 2006 en la operación de horneado. RTA implementó el PL en la GA en el año 2006.

Tabla 4: Tabla comparativa de resultados entre los 2004 y 2006 de la minera Rio Tinto Aluminium (RTA)

Resultados	2004	2006
Salud y seguridad		
Incidentes	154	67
Primeros auxilios	24	0
Días laborales perdidos	1	0
Tratamiento médico	1	0
Compromiso de los empleados		
Rotación	15.5%	9%
Absentismo	3.4%	1.8%
Medio ambiente y comunidades		
Hedor	14	2
Posición de mercado		
Conformidad con la curva de calentamiento	70%	88%
Rechazos de ánodo	2%	0.9%
Excelencia operativa		
Polvo de carbón	20%	6%
Ratio de carbono neto	0.431	0.410

Fuente: "Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry" por Flynn & Vlok (2015)

Los CI fueron un éxito total reduciendo de 20% de polvo de carbón a 6%, los accidentes se redujeron de 154 a 67, la rotación de los empleados se redujo de 15.5% a 9% y el absentismo de 3.4% a 1.8% lo que ambos indicadores demuestran el mayor compromiso por los trabajadores. Los grandes beneficios de los CI permitieron que sea implementado en todas las áreas comerciales para que los empleados y gerentes pudieran acceder también al desempeño de los equipos.

Entre las diversas mejoras, el compromiso de los trabajadores aumentó puesto que el nivel de inclusión dentro de la estrategia de mejora no ha distinguido empleados. Todos están dispuestos a identificar y resolver problemas que afectan la producción. Además, los equipos operativos y de mantenimiento han logrado poseer un sentido de propiedad que los une mediante el PL.

Gracias a la relevancia de las mejoras con los CI, RTA los implementó en otras unidades mineras. Como resultado de esta implementación, en una de las unidades mineras se mejoró en un 56% los tiempos de ciclo de producción en los primeros 30 días.

Votarantim Group Flourspart Mine

Esta empresa minera realizó un mapeo de su proceso productivo el cual arrojó los resultados en la figura 17. En esta, se muestran las diferentes operaciones realizadas por la unidad minera que cubren operaciones esenciales, de preparación, auxiliares y derrochadoras.

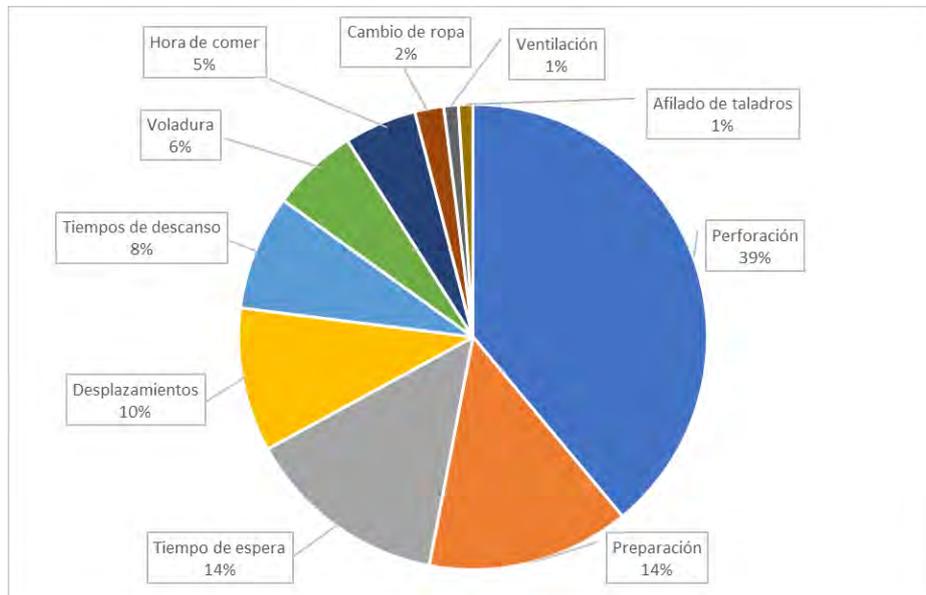


Figura 17: Operaciones antes de la implementación del PL en la minera Rio Tinto Aluminium (RTA)

Fuente: "Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry" por Flynn & Vlok (2015)

Bajo este indicador, se implementó el PL para identificar todas las fuentes de desperdicio y eliminarlas. En primer lugar, se identificó que las operaciones de perforación y voladura son realizadas por el mismo operario que se encarga de afilar los taladros y recuperar los explosivos. Aquello causa que la operación de perforación tenga mayor tiempo de inactividad mientras el operario realiza operaciones auxiliares. La solución a este problema fue tener un equipo de 3 perforadores que alternen sus operaciones; es decir, mientras dos perforaban, el tercero realizaba las operaciones auxiliares.

Otro problema identificado es colocar demasiado lejos las válvulas de la máquina perforado generando que los perforadores se desplacen distancias innecesarias para abrir y cerrar válvulas. La solución a este problema fue colocar las válvulas más cerca de las máquinas perforadoras, lo que generó menos tiempo de inactividad además de menor fatiga. Por otro lado, la ventilación fue mejorada puesto que se redujo el tiempo necesario de ventilación en determinados momentos.

A continuación, se muestran los resultados de cada operación después de la implementación del PL en la unidad minera.

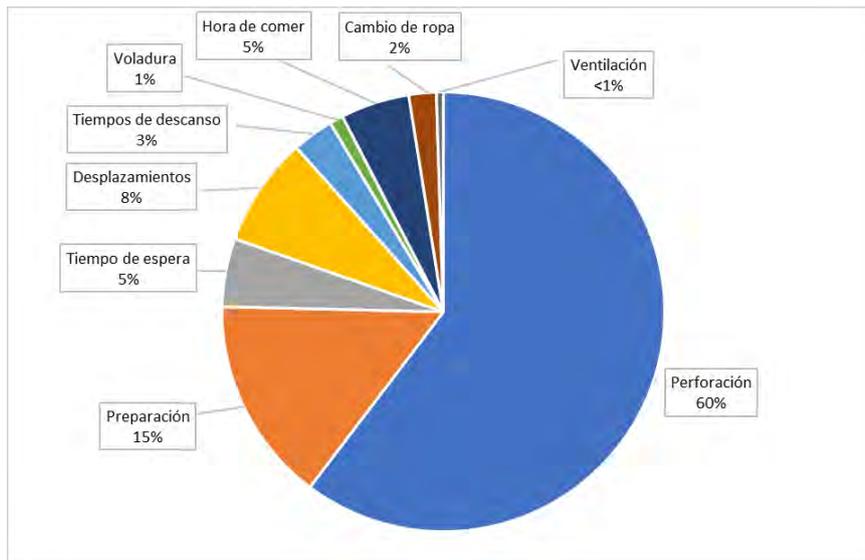


Figura 18: Operaciones después de la implementación del PL en la minera Rio Tinto Aluminium (RTA)

Fuente: "Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry" por Flynn & Vlok (2015)

La operación de perforación que es la operación esencial de esta mina mejoró aumentando de 39% a 60% con la implementación del PL. Por otro lado, los tiempos de espera se redujeron considerablemente de 14% a 5% beneficiando altamente la productividad de la mina.

Cabe resaltar los resultados que se afectaron positivamente con estas mejoras. La unidad minera extraía 15.72 toneladas por máquina perforadora antes de la implementación del PL. Luego de la implementación, ahora esta mina extrae 22.58 toneladas por máquina perforadora que, llevando estos resultados a niveles mensuales, se aumentó de 5661 toneladas a 8129 toneladas de volumen extraído lo que representa un aumento en rendimiento del 43.6%. Asimismo, el costo de tonelada extraída se ha reducido en un 32.9% decreciendo de 5.23 dólares por tonelada a 3.51 dólares por tonelada en la fecha de la investigación.

2.2.2 Comparación de resultados

Cada unidad minera mejoró ciertos aspectos de la GA que como consecuencia les generó grandes beneficios en la productividad que reflejados en términos económicos, las mineras consiguieron disminuir sus costos operativos. Por un lado, se encuentra la minera RTA que mejoró varios aspectos de la GA dentro de su organización. En la organización, RTA alineó las métricas de desempeño con los objetivos organizacionales. En el liderazgo, los altos mandos de la empresa están involucrados con el desarrollo y establecimiento de las directrices de la GA. En cuanto a Plan de GA, esta empresa minera involucró a los empleados de distinto nivel para ajustar mejor la política y estrategia de la GA. La operación de la GA se beneficia al poder identificar mediante los CI las actividades que realmente agregan valor eliminando las redundantes. El aspecto de evaluación de la GA es notablemente mejorado

al usar herramientas de desempeño correctas mediante los CI mostrando información fiable y disponible en tiempo real lo cual otorga una mejor observación de las oportunidades de mejora. Respecto al aspecto de mejora de la GA, RTA involucró a diferentes departamentos, así como distintos niveles de gestión para obtener distintas perspectivas de las oportunidades de mejora. Finalmente, en cuanto a instalaciones de apoyo, el CI es un medio usado y coordinado por diferentes departamentos como herramientas gestión visual.

En la minera Votarantim Group Flourspart Mine se mejoró de ciertas formas varios aspectos de la GA. En el liderazgo, la minera se enfocó en reducir todas las actividades que no agregan valor mediante la previa identificación de éstas. En cuanto al aspecto de operación de la GA, la mina identificó todas las actividades que agregan y no agregan valor bajo un panorama general de todas sus operaciones. En ese sentido, la minera pudo identificar problemas como el bajo porcentaje que poseía la actividad de perforación siendo esta una operación esencial evaluando su situación actual. En el aspecto de evaluación de la GA, esta unidad minera uso porcentajes para comparar el tiempo de cada operación respecto al total de tiempo empleado en todo el flujo de trabajo permitiéndole medir su desempeño actual y a qué objetivo desea llegar. Finalmente, se aprecia mejora en el aspecto de instalaciones de apoyo dentro de la GA, puesto que la minera verifica y mejora el recurso humano en sus procesos, validando si son los adecuados y suficientes. Por otro lado, contribuye mejorando el recurso humano adecuando su puesto de trabajo para que se evite fatigas y desplazamientos innecesarios.

2.2.3 Evaluación

En este apartado, se realizará una evaluación propia a las mineras teniendo como base y ejemplo los casos de estudio de Nierop. Debido a la ausencia de una descripción mayor detallada sobre la situación de la empresa antes de aplicar las mejoras por parte de los autores, solo se evaluará cada aspecto de la GA en cuanto a la mejora observada previamente.

En primer lugar, de acuerdo a lo analizado en la comparación de resultados, se procede a evaluar a Rio Tinto Aluminium (RTA) en cada aspecto de la GA.

Tabla 5: Resultados de los niveles de madurez de Rio Tinto Aluminium (RTA)

Aspecto de GA	Puntuación	Explicación
Organización	4	La estructura de la organización está bien desarrollada, además que las partes interesadas están involucradas de manera correcta. Los objetivos de la GA están establecidos y alineados con los objetivos organizacionales.
Liderazgo	3	La alta dirección de la organización está involucrada en el desarrollo de las directrices de la GA. Asimismo, se ha dispuesto de recursos tecnológicos necesarios para el correcto desarrollo de la GA.
Plan de GA	3	El plan de la GA tiene establecidos los objetivos específicos y medibles, plazos y recursos a utilizar para cumplir con los objetivos de la GA. Además, la empresa ha involucrados a empleados de distinto nivel para ajustar mejor la política y estrategia de la GA.
Operación	3	Las políticas, normales, planes y procesos de la GA están alineados con los objetivos organizacionales. Asimismo, se identifica mediante los CI las actividades que realmente agregan valor eliminando o reduciendo las que no agregan.
Evaluar	3	La planta se evalúa en función de su desempeño y mejores prácticas. Establece indicadores dentro de los objetivos de la GA.
Mejorar	3	Las oportunidades de mejora son comprometidas e involucrados con todo nivel de gestión y departamento de la empresa. Todos los empleados están dispuestos a identificar y solucionar los problemas.
Instalaciones de apoyo	4	La organización y los medios son adecuados para la GA. La empresa utiliza centros de información, tableros de sombra, involucra a los empleados y existe una buena comunicación entre departamentos.

Por otro lado, se presenta la evaluación realizada a la minera Votarantim Group Flourspart Mine en cada aspecto de la GA de acuerdo a la información presentada por los autores de dicho caso de estudio.

Tabla 6: Resultados de los niveles de madurez de Votarantim Group Flourspart Mine

Aspecto de GA	Puntuación	Explicación
Organización	2	Requisito identificado, y se hacen esfuerzos por alinear los objetivos de GA con los objetivos organizacionales.
Liderazgo	2	La alta dirección de la organización está involucrada en la eliminación o reducción de las actividades que no agregan valor previa identificación, traducándose en políticas y estrategia de GA.
Plan de GA	1	Los planes de GA se enfocan en el nivel operativo de la empresa involucrando los puestos de trabajo de los operarios. No se presencia una integración del plan de GA con la organización.
Operación	2	Se identifica, mediante un panorama general de sus actividades, los tiempos promedio por actividad que realmente agregan valor eliminando o reduciendo las que no agregan.
Evaluar	3	Se utilizó porcentajes para comparar el tiempo de cada operación en todo el flujo de trabajo permitiéndole medir su desempeño actual y a qué objetivo desea llegar.
Mejorar	2	La mejora se realiza en las instalaciones de la organización. Se identifica que la minera no ha logrado implementar el ciclo de mejora continua.
Instalaciones de apoyo	3	Existe la verificación y mejora del recurso humano en sus procesos. Por otro lado, se sigue mejorando el recurso humano adecuando su puesto de trabajo de manera eficiente.

Bajo estas evaluaciones, se muestran a continuación una gráfica comparativa que permite identificar qué aspectos poseen los mayores puntajes entre ambas empresas del sector minería.

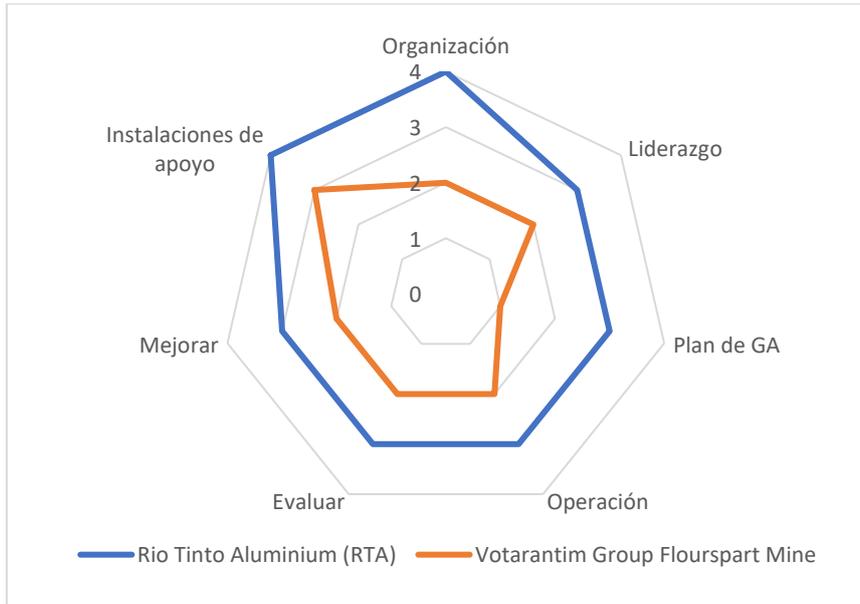


Figura 19: Gráfico comparativo entre el Rio Tinto Aluminium (RTA) y Votarantim Group Flourspart Mine

Como se observa, la evaluación es fundamental para medir el desempeño de las mejoras que se logren implementar. Además, la medición del desempeño permite identificar las oportunidades de mejora. Esto facilita la identificación del ciclo de mejora continua incrementando la eficiencia en cualquier empresa.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la investigación del presente trabajo, se concluye que la implementación del Pensamiento Lean (PL) en la Gestión de Activos (GA) permite que las empresas sean más eficientes, aumenten su productividad y reduzcan sus costos operativos. Se ha presentado información relevante que permite determinar que el PL logra mejorar la GA mediante sus principios y herramientas. Asimismo, se concluye que una implementación con éxito del PL en la GA necesita tener un enfoque global e integrador de la organización en donde los empleados de todo nivel estén involucrados.
- En el marco normativo de la ISO 55000, se encuentran adheridos ciertos principios y herramientas del PL. No obstante, se concluye que la integración de la norma internacional con el PL permite tener una GA totalmente sólida y sostenible en el tiempo generando un ciclo de mejora continua en todas las operaciones del ciclo de vida de los activos.
- Por otro lado, el método de mejora planteado por Nierop es totalmente validado por sus resultados en los casos de estudio. Asimismo, los casos de estudio de Flynn & Vlok cumplieron con los aspectos de la GA y fueron mejorados con herramientas del PL que le permitieron seguir mejorando sus resultados, así como poder generar un ciclo de mejora continua en sus procesos. A pesar de ser casos sin relación de estudios de investigación, en ambos se logra evidenciar la implementación de herramientas lean en su gestión de activos mejorando notablemente su desempeño como organización. Bajo este contexto, se determina que el modelo de mejora es totalmente válido con resultados positivos en cuanto a rendimiento, costos, compromiso de los empleados, ambiente laboral, entre otros.
- En el caso de estudio presentados por Flynn & Vlok, se tenían otras restricciones dadas por el mismo rubro minero en comparación con las otras industrias; no obstante, la implementación del PL fue exitosa. En ese sentido, se logra determinar que el PL puede ser aplicado en la GA de una gran variedad de organizaciones en sectores de todo tipo bajo un enfoque adaptivo de las herramientas del PL a las restricciones inherentes del rubro.

BIBLIOGRAFÍA

- Amadi-Echendu, J. E., Brown, K., Willett, R., & Mathew, J. (2010). Definitions, Concepts and Scope of Engineering Asset Management. In *Engineering Asset Management Review* (p. 76). Springer. Retrieved Octubre 13, 2020
- Berganzo, J. (2016, Noviembre 7). *Las '5 eses' para ser más productivo*. Retrieved Octubre 21, 2020, from Sistemas OEE: <https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>
- Castañeda Gonzáles, D. E., & Pérez Otavo, D. M. (2017). *Metodología para desarrollar un sistema de gestión de activos enfocado al mantenimiento según normatividad ISO 55000:2014. Caso de estudio: Subestación Eléctrica de la Facultad*. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de: Tecnólogo en Electricidad, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Bogotá DC. Retrieved Octubre 21, 2020
- Conexión Esan. (2019, Agosto 8). *Heijunka: Las herramientas para implementar esta metodología en una empresa*. Retrieved Octubre 21, 2020, from Esan Graduate School of Business: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/heijunka-las-herramientas-para-implementar-esta-metodologia-en-una-empresa/>
- Davis, R. (s/f). *Introducción a la gestión de activos Una introducción simple pero informativa sobre la gestión de activos físicos*. The Institute of Asset Management. Retrieved Octubre 31, 2020, from <http://eatechnology.com/americas/wp-content/uploads/sites/5/2017/04/Introduccion-a-la-Gestion-de-Activos-Espa%c3%b1ol.pdf>
- F. Cerón, A., F. Orduña, I., Aponte, G., & A. Romero, A. (2015). *Panorama de la Gestión de Activos para Transformadores de Potencia*. 26(3). Cali, Colombia. Retrieved Octubre 12, 2020
- Favela Herrera, M. K., Escobedo Portillo, M. T., Romero López, R., & Hernández Gómez, J. A. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto. *Revista Lasallista de Investigación*, 16(1). doi:10.22507/rli.v16n1a6

- Fernández Ortega, A. (2018). Aplicación de Lean para mejorar la gestión en un departamento del área de Servicios en el sector aeronáutico. *Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Aeronáutica*. Sevilla. Retrieved Octubre 18, 2020, from <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/60449/fichero/PFC-449-FERNANDEZ.pdf>
- Giménez, J. (2017, Noviembre 15). *Lograr eficiencia con el pensamiento "Lean"*. Retrieved Octubre 31, 2020, from Conexión Esan: <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2017/11/15/lograr-eficiencia-con-el-pensamiento-lean/>
- International Organization for Standardization (ISO). (n.d.). *Online Browsing Platform (OBP)*. Retrieved Octubre 13, 2020, from ISO 55000:2014: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:en>
- Lean Manufacturing 10. (n.d.). *TPM: Mantenimiento Productivo Total*. Retrieved Octubre 21, 2020, from <https://leanmanufacturing10.com/tpm-mantenimiento-productivo-total>
- López López, G. A. (2019). *Integración de la Gestión de Activos Físicos en empresas manufactureras de Manizales*. Proyecto de grado para optar al título de Magister en Administración de Negocios, Universidad Autónoma de Manizales, Facultad de Estudios Sociales y Empresariales, Manizales. Retrieved Octubre 21, 2020
- Lynn Schultz, A. (2017). Integrating lean and visual management in facilities management using desing science and action research. *Built Environment Project and Aseet Management*, 7(3), 300-312. doi:10.1108/BEPAM-05-2016-0020
- M. Durán, O., González-Prida, V., Crespo, A., & Guillén, A. (2019, Abril). Priorización de Activos Físicos centrado en el Rendimiento Global (Throughput) en una Planta de Chancado. *Información Tecnológica*, 30(2), 45-56. Retrieved Octubre 21, 2020
- Mattioli, J., Perico, P., & Robic, P.-O. (2020, Junio 4). Artificial Intelligence based Asset Management. Budapest, Hungary: IEEE. Retrieved Octubre 13, 2020

- Mendoza Tineo, M. D. (2018). *Análisis y mejora de procesos de Graneles en Silos en un operadr Logístico aplicando herramientas de Lean Manufacturing*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Retrieved Octubre 21, 2020
- Nierop, T. v. (2017). Improvement in asset management using a lean perspective. *The contribution of lean in the maturity models of asset management*. Retrieved Octubre 14, 2020
- Niño Herrera, N. E. (s.f.). *Sostenibilidad ligada a la Gestión de Activos. ¿Cómo vamos?* Colombia. Retrieved Octubre 21, 2020, from https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-079%20TRA_COL_NE_NINO_CIMGA2018.pdf
- Real Academia Española (RAE). (2019). *Real Academia Española*. Retrieved Octubre 14, 2020, from <https://dle.rae.es/gestionar>
- Ross Flynn, J., & Vlok, P. (2015). Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry. *9th WCEAM Research Papers, I*. (J. Amadi-Echendu, C. Hoohlo, & J. Mathew, Eds.) doi:10.1007/978-3-319-15536-4_9
- Tapia Coronado, J., Escobedo Portillo, T., Barrón López, E., Martínez Moreno, G., & Estebané Ortega, V. (2017, Septiembre). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. Chihuahua, México. Retrieved Octubre 21, 2020