

Management model in the supply chain of a construction SME to improve project delivery using Lean Construction, Activity Based Costing and Digital Transformation methodologies.

Flores Villa, Linda, BSc¹, Valerio Aire, Micheli Romy, BSc²

Jon Arambarri, PhD³, Mercedes Cano Lazarte Mg⁴, José Antonio Rojas García, PhD⁵

¹Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Perú, U201522481@upc.edu.pe, ²Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Perú, U201315382@upc.edu.pe, ³Universidad Europea del Atlántico, Facultad de Ingeniería, jon.arambarri@uneatlantico.es, ⁴Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Perú, pcgemcan@upc.edu.pe, ⁵Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Perú, pcinjroj@upc.edu.pe

Abstract— The construction sector has been one of the main drivers of the Peruvian economy in recent years, however, the appearance of the COVID-19 pandemic showed a series of existing shortcomings in this sector which have been aggravated since the year 2022, resulting in a reduction in construction activity of 12.4% and 10.6% during the months of March and April 2023, data very far from the growth of the sector during the year 2020 which was 35%.; The traditional problems of this sector are based on excessive project execution times, which directly impacts the profitability of construction companies and customer satisfaction. Faced with a situation of decreasing economic margins of construction companies, they have undertaken a change in their planning processes, which remained extremely manual, towards the development of innovative processes supported by management tools and using technology in order to reduce reprocessing and improve customer satisfaction which resulted in an increase in profitability, however, the lack of knowledge has not allowed to achieve the expected results to date; Therefore, the objective of this research is to contribute to the innovation of the supply chain processes of construction companies with the aim of increasing their productivity and profitability through the application of Lean Construction, Digital Transformation and Activity Based Costing (ABC) in post-Covid-19 times

Keywords-- — Supply chain, Lean Construction, Activity Based Costing, Digital transformation, SMES

Modelo de gestión en la cadena de suministro de una pyme constructora para mejorar la entrega de proyectos utilizando las metodologías Lean Construction, Activity Based Costing y Transformación Digital.

Flores Villa, Linda, BSc¹, Valerio Aire, Micheli Romy, BSc²

Jon Arambarri, PhD³, Mercedes Cano Lazarte Mg⁴, José Antonio Rojas García, PhD⁵

¹Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Perú, U201522481@upc.edu.pe, ²Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Perú, U201315382@upc.edu.pe, ³Universidad Europea del Atlántico, Facultad de Ingeniería, jon.arambarri@uneatlantico.es, ⁴Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Perú, pcgemcan@upc.edu.pe, ⁵Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Perú, pcinjroj@upc.edu.pe

Abstract— *El sector construcción ha sido uno de los principales impulsores de la economía peruana en los últimos años, sin embargo, la aparición de la pandemia del COVID-19 mostro una serie de falencias existentes en este sector las cuales se han visto agravadas desde el año 2022, trayendo como consecuencia una reducción de la actividad de la construcción del 12.4 % y 10.6 % durante los meses de marzo y abril del 2023, datos muy alejados al crecimiento del sector durante el año 2020 el cual fue de 35 %.; los problemas tradicionales de este sector se basan en los excesivos tiempos de ejecución de los proyectos, lo que impacta directamente en la rentabilidad de las empresas constructoras y la satisfacción del cliente. Ante una situación de disminución de los márgenes económicos de las empresas constructoras han emprendido un cambio en sus procesos de planificación los cuales permanecían sumamente manuales hacia el desarrollo de procesos innovadores soportados en herramientas de gestión y utilizando la tecnología a fin de reducir los reprocesos y mejorar la satisfacción de los clientes lo que reditué en un incremento de su rentabilidad, sin embargo, la falta de conocimiento no ha permitido a la fecha lograr los resultados esperados; por lo tanto, en esta investigación se tiene como objetivo el contribuir a la innovación de los procesos de la cadena de suministros de empresas de la construcción con el objetivo de incrementar su productividad y rentabilidad mediante la aplicación de las metodologías Lean Construction, Transsformación digital y Activity Based Costing (ABC) en tiempos post Covid-19*

Keywords-- — *Cadena de suministro, Lean Construction, Activity Based Costing, Transformación digital, pyme.*

I. INTRODUCCIÓN

El sector construcción se ha caracterizado por su crecimiento constante a lo largo de los años. En Perú, el sector culminó el 2021 con un crecimiento del 35%, lo cual fue un signo de la recuperación de dicha industria posterior a la pandemia generada por el Covid-19, este es uno de los sectores que más contribuyen a la economía peruana, impulsando el empleo y la formalidad, sin embargo, pese a su importancia, la recuperación

mostrada en el año 2021 no pudo ser mantenida siendo que la actividad constructora disminuyó 12.4% en marzo del 2023 y se espera que la contracción del sector en Abril sea de 10.6%, sumando así cuatro meses de valores negativos continuos. [1].

Este sector ha sido considerado, generalmente, inestable, debido a que algunos de sus principales problemas han radicado en los tiempos excesivos de ejecución o demoras, lo cual ocasiona no solo incremento en los costos, sino también problemas internos, legales o abandonos. Dentro de las principales causas en el retraso de los proyectos de construcción se encuentran los problemas durante la ejecución, inconvenientes con la mano de obra, financieros y de diseño [2]

Es preciso señalar que no se tiene previsto que sea un solo tipo de proyectos los que impulsen a la economía peruana, puesto que considerando tipo de edificaciones que se impulsarán durante el año 2023, en una encuesta realizada en empresas constructoras se concluyó que el 53.7% de estas considera que la vivienda informal será el rubro de mayor dinamismo seguido por la infraestructura publica la que alcanzo un valor de 15.4 %, la vivienda formal que alcanzo un valor de 13.6 y la infraestructura privada con un valor del 13.1 % entre otros. [2]. Estos valores se verán afectados por una serie de riesgos presentarse en los próximos 12 meses entre los cuales se encuentra análisis muestra que la continuación de la convulsión social es el factor de riesgo que tendría más impacto y mayor probabilidad de ocurrencia. En un segundo nivel de impacto, pero con una similar probabilidad de ocurrencia, se encuentran la contracción de la inversión pública, la ineficiencia de los gobiernos subnacionales para impulsar obras, el incremento de los costos de construcción generado por la inflación y la disminución de la demanda ocasionada por el incremento de las tasas de interés [3]

Sin embargo, esos no son los únicos factores que afectan el desempeño de la construcción, ya que los problemas de planificación y de control de obra influyen de forma importante en las empresas constructoras, siendo que el 40.10 de las empresas ha declarado perder un 10 % de su valor presupuestado, el 36.2 % de las empresas declaro perder entre

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

el 10 y 20 % del valor presupuestado de sus proyectos, el 20.4 % declaró haber perdido entre el 20 % y 50 % del valor del presupuesto y el 3.3 % declaró haber perdido más del 50 % del valor del presupuesto [4]

Esta pérdida se debe a una ineficiente planificación y control de proyectos, la planificación está orientada al diseño y establecimiento del un proyecto, mientras que los controles de obra se relacionan con los procesos que se implementan para comprender e incidir en los tiempos y el dinero necesarios para un proyecto. Cada control del proyecto se centra en una parte específica del plan del proyecto, como el cronograma, los recursos o los riesgos potenciales; entre los principales controles de proyectos a implementar se encuentran:

- a) El cronograma del proyecto que establece los plazos del mismo.
- b) Los recursos para desarrollar satisfactoriamente los proyectos.
- c) La definición de riesgos, que permite establecer aquellos que son relevantes en la ejecución de un proyecto y permita minimizar los mismos.
- d) Rendimiento, que permite establecer indicadores para controlar los proyectos. [5]

Dentro de los aspectos que afectan negativamente a la construcción desde la perspectiva de recursos se encuentran los siguientes:

- 1.- Personal poco calificado.
- 2.- Bajos niveles de aplicación de tecnología y digitalización de procesos.
- 3.- Desarrollo de construcciones sostenibles.
- 4.- Retrasos en la entrega de materiales para la obra o falta de los mismos.
- 5.- Errores en la ejecución del proyecto. [6]

Por lo tanto, el uso de herramientas de gestión utilizadas en conjunto con la tecnología en diversos es uno de los grandes desafíos para las compañías constructoras, por lo que la motivación de la presente investigación es establecer un modelo basado en las metodologías Lean Construction, Transformación digital y Activity Based Costing que contribuya al desarrollo de las empresas constructoras peruanas.

El presente artículo se divide en 5 secciones las cuales son: la sección 1 presenta la introducción, la sección 2 presenta el Estado del Arte que señala investigaciones actuales acerca de temas influyentes al contexto del problema y propuesta de solución, la sección 3 que se basa en el aporte causado por la innovación de las herramientas propuestas, la sección 4 evidencia el proceso de validación de manera cuantitativa y los principales resultados y finalmente la última sección muestra las conclusiones de la investigación y los temas de exploración que puedan surgir en el futuro.

II ESTADO DEL ARTE.

A. Transformación digital en PYMES.

La transformación digital supone no solo un cambio en los procesos, sino un cambio en la cultura y el negocio de forma

profunda, las empresas tienen a confundir este cambio en la organización en simplemente el cambio de procesos mediante la adquisición de nueva maquinaria o nueva tecnología, por lo que solamente las grandes empresas pueden implementar este cambio. Por lo tanto, es posible definir a la transformación digital como la aplicación de capacidades digitales a procesos, productos y activos para mejorar la eficiencia, mejorar el valor para el cliente, gestionar el riesgo y descubrir nuevas oportunidades de generación de ingresos” [7]. A fin de lograr una adecuada implementación de la transformación digital, las empresas deben de cumplir las siguientes etapas para tener éxito: (a) Digitalización y automatización de rutinas y tareas repetitivas, (b) Digitalización de procesos y, (c) Transformación digital integral la cual conlleva a la introducción de nuevos modelos comerciales y de negocio basados en datos puros. [8].

Si bien es cierto, el fenómeno de la transformación digital no es nuevo en el ámbito empresarial, el mismo se vio impulsado de forma importante por la pandemia del Covid-19, la cual introdujo una serie de cambios como el trabajo remoto, nuevas características de los clientes, el distanciamiento social y otros factores que contribuyeron a que las empresas hayan tenido que incorporar la digitalización de procesos y cambios en el modelo de negocios con el objetivo de mantenerse competitivos [9]. Por otro lado, la transformación digital ha contribuido al incremento de la productividad de diferentes empresas, ya que esta se ha incrementado entre un 20 % y 30 % conforme diferentes estudios, siendo que esto ha contribuido a la reducción de los costos entre 10 % a 20 %, lo que ocasiona un impacto directo en la producción, logística y demás áreas de la empresa [10].

En el sector construcción la transformación digital permite la integración de la tecnología digital en todas las áreas, con el objetivo de optimizar todas las operaciones y la entrega de valor, para ello se requiere un cambio de cultura ya que uno de los mayores retos se supone al realizar un cambio de procesos manuales y repetitivos a procesos digitales y automatizados. [11]

Existen una serie de desafíos que está enfrentando este sector que están impulsando la implementación de la transformación digital en el mismo, siendo los más relevantes los siguientes:

a) *Envejecimiento de la fuerza laboral:* La escasez que enfrenta la industria de la construcción con respecto a mano de obra calificada se debe a la jubilación de los trabajadores mayores y a la poca capacidad de atraer a trabajadores más jóvenes debido a que estos últimos no buscan este tipo de oficios, así mismo debe de tenerse en cuenta que los trabajadores mayores generalmente no son expertos en tecnología y probablemente se resistan a la aplicación de nuevas tecnologías.

b) *Procesos analógicos en las operaciones:* Debido al bajo interés del sector en la incorporación de tecnología de vanguardia, la mayoría de empresas de la industria de la construcción todavía dependen de procesos manuales obsoletos para gestionar íntegramente los proyectos, esto incluye el

seguimiento de los estados de los proyectos, solicitar materiales, completar la documentación de seguridad y realizar el trabajo real.

c). Presiones por los costos: El panorama actual a nivel mundial ha propiciado un incremento de los precios de los insumos requeridos para ejecutar proyectos de construcción.

d) *Iniciativas sostenibles*: Se estima que la industria de la construcción es responsable de aproximadamente el 39 % de todas las emisiones de carbono en el mundo. En la medida que los gobiernos trabajen para reducir sus huellas de carbono, se ejercerá presión sobre la industria para que desarrolle métodos de edificación más ecológicos[12]

Tecnologías aplicadas en el sector construcción.

Finalmente, no todas las tecnologías utilizadas en la transformación digital son idóneas para este tipo de sector, pero en base a los requerimientos de los mismos, se han ido implementado algunas tecnologías con rápido crecimiento que están influyendo en el desempeño del mismo:

1. *Tecnologías usables*: este tipo de tecnología se utiliza con el objetivo de disminuir los problemas de seguridad, para monitorear los niveles de productividad y facilitar la comunicación de los trabajadores utilizando equipos que permitan el monitoreo continuo de los lugares de trabajo.

2. *Realidad virtual*: Esta tecnología permite la supervisión de diferentes zonas de construcción con el objetivo de validar los resultados y corregir desviaciones de los procesos, adicionalmente de que permite mostrar los avances al cliente.

3. *Drones y vehículos aéreos no tripulados (UAV)*: El uso de drones facilita la inspección de terrenos, generación de fotografías aéreas y mapeo de zonas topografías difíciles de alcanzar.

4. *Impresión 3D*: La incorporación de esta técnica de impresión (3D) permite construir componentes importantes de edificios, o en procesos más sofisticados las estructuras completas, lo que incrementa la eficiencia minimizando los desperdicios.

5. *Computación en la nube*: La computación en la nube y los grandes datos permiten a las empresas de la construcción alejarse de los métodos tradicionales de recopilación y uso compartido de datos en los sitios de construcción, lo que facilita la mejora en la construcción y disminución de las desviaciones en los proyectos.[13]

B.- Lean Construction.

El término Lean Construction hace referencia a una construcción sin pérdidas, y cuyo fin es la gestión y optimización del flujo de procesos, mediante el aumento de la certidumbre o confiabilidad en cuanto a la planificación, ejecución y control de los proyectos de construcción.[14]

Por lo tanto, se concibe a la industria de la construcción como un conjunto de actividades o flujo de procesos que se originan con un input o entrada; tales como materiales, equipos,

trabajo y dirigidos a una salida u output determinado, pasando a través de un proceso de transformación, debe de tenerse en cuenta que las bases del Lean Construction se fundamentan en el Lean Manufacturing debido a que ambos presentan similitudes en la forma de análisis de los flujos, procesos, etc. [15]

Los beneficios que se buscan al trasladar la metodología y técnicas del Lean al sector de la construcción, básicamente se enfocan en el proceso de planificación, generándose los siguientes beneficios:

- Entregar las obras en plazo o antes de plazo
- Ahorro de costos
- Gestión de los riesgos
- Mejora de la calidad
- Seguridad en obra
- Datos fiables
- Organización eficiente y motivada [16]

Mudas

Al igual que en otros enfoques Lean, la metodología de Lean construction se basa en la disminución de las mudas (desperdicios) que se dan a lo largo del proceso de construcción, las cuales pueden clasificarse en:

a) *Defectos de producción*: Si bien es cierto, muchos productos o servicios tienen defectos de producción, estos pueden evitarse o eliminarse, incluso cuando ya están en el mercado.

b) *Sobreproducción*: Se refiere a una producción que no está alineada o ajustada a la demanda real, incluyendo también la producción de bienes/servicios que no sean requeridos por los consumidores.

c) *Exceso de inventario*: Hace referencia a los materiales o maquinarias que no llegan a utilizarse o tienen un mal funcionamiento, debido al largo tiempo en stock o para.

d) *Esperas*: Tiempos muertos, ya sea del personal o de las maquinarias, lo cual suele originarse por una mala sincronización en las partes del proceso.

e) *Transporte*: Movimiento de los insumos, trabajadores o documentos de un lugar a otro que no le añaden un valor a la empresa o al proceso, teniendo en cuenta que el transporte involucra un costo adicional (combustible, equipo, persona, etc.)

f) *Movimientos innecesarios*: Todo movimiento que no sea necesario y no le genere valor a la empresa se considera un desperdicio.

g) *Sobre procesos*: Son originados cuando los procesos no son revisados ni optimizados, por lo cual se terminan repitiendo las acciones que son innecesarias.

h) *Desaprovechamiento del talento humano*: Hace referencia a la falta de aprovechamiento de las fortalezas y habilidades de cada trabajador en beneficio de la empresa.[17]

Herramientas del Lean Construction.

El Lean Construction al igual que las metodologías Lean utiliza un grupo de herramientas enfocadas en disminuir el

efecto de las mudas en los procesos productivos siendo las más representativas las siguientes:

a) *Lean Project Delivery Sistem (LPDS)*: esta metodología de trabajo se basa en un proceso de colaboración integral, facilitando la alineación de objetivos de los diferentes agentes involucrados, recursos y restricciones en las etapas de proyecto, diseño, suministro, ejecución y mantenimiento. EL LPDS requiere entender el proceso constructivo como proceso generador de valor en el cual los diferentes agentes involucrados aparecen al comienzo de la concepción del proyecto. [18]

b) *Integrated Project Delivery (IPD)*: es el conjunto de acciones que tienen como objetivo la unificación de criterios en la gestión de sistemas, prácticas empresariales y personas involucradas. De esta manera, El IPD aprovecha el talento y los puntos de vista de todos con el propósito de optimizar resultados, incrementar el valor, minimizar desperdicios e incrementar la eficiencia a lo largo del proceso. [19]

c) *Last Planer System (LPS)*: es un método de control de producción diseñado para entregar un flujo de trabajo fiable y un aprendizaje rápido. Para ello, se integra en el planning las consideraciones sobre las prácticas ideales, las prácticas factibles, las prácticas que se llevarán a cabo, y las prácticas que ya se han llevado a cabo. Estas consideraciones se tendrán en cuenta a la hora de preparar la planificación de obra y la asignación de responsabilidades[20]

d) *Medición de perdidas*: supone el estudio cuantitativo del tiempo de permanencia en obra de los trabajadores. A través del análisis de la distribución del tiempo de las cuadrillas se estima la productividad y se detectan las actividades a optimizar.[21]

e) *Total Productive Maintenance*: se basa en los conceptos de mantenimiento preventivo, y sus ventajas son entre otras:

- ✓ Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.
- ✓ Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible.
- ✓ Flujos de producción continuos.
- ✓ Aprovechamiento del capital humano.
- ✓ Reducción de gastos de mantenimiento correctivo.
- ✓ Reducción de costos operativos. [22]

e) *Value Stream Mapping (VSM)*: es herramienta cualitativa de los sistemas esbeltos para eliminar desperdicio o muda, que incluye un diagrama del estado actual, un diagrama del estado futuro y un plan de implementación [23]

f) *Kanban*, representada por una tarjeta Kanban, se moverá a través de las diversas etapas de su trabajo hasta su finalización. A menudo se habla de él como un método de extracción, de forma que se tira de sus tareas a través de un flujo de trabajo, y permite a los usuarios mover del sitio libremente las tareas en un entorno de trabajo basado en el equipo [24]

g) *5'S*: Este método tiene como principal objetivo el mantener y mejorar las condiciones de organización, orden y limpieza, así como mejorar las condiciones de trabajo, seguridad, clima laboral, motivación personal y eficiencia. La

implantación del método de “las 5S” supone un pilar básico para edificar un proceso de mejora continua firme y duradera.[25]

C.- Activity Based Costing

Los inventarios son artículos o materiales que una empresa transacciona con fines lucrativos. La gestión del inventario es un elemento clave de la cadena de suministro, puesto que se encarga de dar el seguimiento del inventario desde la fabricación e instalaciones hasta la llegada a los almacenes de la empresa. La gestión de inventario tiene entre sus principales objetivos contar con el producto adecuado en el lugar y momento adecuado [26]

Uno de los métodos más utilizados en la gestión del inventario, se constituye por el modelo ABC (activity Based Costing) que es un sistema de costo que se fundamenta en la base de que los productos consumen actividades y en base a las mismas se imputan los costos; como consecuencia de lo anterior, se puede concluir que los costos en un producto se asocian a las actividades internas a las cuales son sometidas, es decir, a mayores consumos de actividades mayores costos. [27]

Considerando la importancia de los activos de una organización, en orden de importancia se encuentran: en primer lugar, el dinero disponible en las cuentas bancarias, en segundo lugar, se encuentran las cuentas por cobrar producto de las actividades comerciales y en tercer lugar se encuentran los inventarios, por lo tanto, la importancia del inventario radica en que estos determinan en gran parte la asignación de los costos productivos y contribuyen a una adecuada gestión financiera. Por lo tanto, el inventario representa una inversión considerable por parte de las empresas industriales, es por ello que se hace indispensable prestarle atención especial a su manejo.[28]

La clasificación de inventarios mediante el método ABC se basa en la regla 80/20, su objetivo es segmentar y organizar productos en un almacén en base a su importancia para la empresa, valor económico, rotación de producto, beneficios que aportan, entre otros. El método ABC se basa en clasificar y agrupar a los artículos de inventario en tres clases: A, B y C.

a) La clase “A” se caracteriza por tener un pequeño número de tipos de artículos que representan aproximadamente el 20% y son considerados como muy importantes.

b) La clase “B” se caracteriza por poseer aproximadamente un 30% de los artículos del inventario que se usa anualmente y,

c) La clase “C” se caracteriza por estar conformada por aproximadamente el 50% de los artículos, pero estos son considerados los menos importantes [29]

Considerando la clasificación anterior, es posible priorizar acciones y controles para cada uno de los productos en función a su impacto en la organización, lo que permite mediante una adecuada gestión la cual considera asignación de costos, políticas y técnicas de control que impulsen su rotación, lograr incrementar los beneficios para la organización dependiendo de categoría (A,B, C). [30] [31]

Desde el punto de vista de gestión, no existe un único método idóneo de clasificación, las principales formas de

clasificar los productos utilizando la clasificación ABC son las siguientes:

a) Clasificación de productos ABC por rotación.

Con este método la clasificación de categorizan los productos en A, B y C esta en base a la rotación de los productos en el almacén, es decir, los productos de mayor demanda son los denominados categoría “A”, los de mediana rotación son los denominados categoría “B” y los de baja rotación son los asignados a la categoría “C”.

b) Clasificación de productos ABC por costo unitario.

En esta clasificación se asigna la categoría en base al costo unitario, siendo los productos “A” los de mayor costo unitario, los productos “B”, los que se encuentran en la parte central del costo unitario y los productos “C” los de menor costo unitario.

c) Clasificación de mercancía ABC por valor total de inventario.

En este caso, se valoriza el inventario de forma total (costo unitario multiplicado por el número de unidades), en base a este criterio se asignan las categorías “A”, “B”, “C”:

d) Clasificación de referencias ABC por utilización y valor

La clasificación es el método más puesto que considera el valor de los productos como su demanda, este método considera [32]

Ventajas y beneficios del método ABC en un almacén

Las principales ventajas de aplicar el método ABC de clasificación del stock en un almacén son las siguientes: [33]

- ✓ Facilita la gestión y la operación del almacén.
- ✓ Mayor control del stock
- ✓ Reducción de los costos
- ✓ Servicio más eficiente

Por otro lado, en cuanto a la metodología ABC, se desarrolló un modelo en la industria manufacturera cuyo principio fue la clasificación de materiales de índices múltiples y en una política de control de inventario en la industria de

fabricación discreta, utilizando el análisis ABC como base que permitió la clasificación de los materiales, basándose en la información del proceso de jerarquía analítica para clasificar los materiales en tres clases, clase A materiales estratégicos, clase B materiales de cuello de botella y clase C materiales generales. Lo que contribuyó a mejorar la previsión de las cantidades de pedidos para los materiales estratégicos. Asimismo, para el modelo propuesto empleó la transformación digital de los procesos de abastecimiento, utilizando el algoritmo híbrido Artificial Bee Colony Chaos (ABC-Chaos) lo que permitió minimizar los costos totales de inventario en un horizonte de planificación. [34]

III APORTE.

El modelo propuesto tiene como finalidad gestionar adecuadamente la cadena de suministro de una empresa constructora a fin de mejorar los tiempos de entrega de proyectos utilizando las metodologías Lean Construction, Activity Based Costing y Transformación Digital

A. Vista general.

Para gestionar adecuadamente los procesos de la cadena de suministro de una empresa constructora se ha desarrollado un modelo basado en las metodologías de Transformación digital, Lean Construction y Activity Based Costing con el objetivo de mejorar los tiempos de entrega de los proyectos de construcción asignados.

El objetivo es reducir las actividades que no generan valor dentro del proceso de abastecimiento de materiales y de esta forma reducir las actividades que no generan valor con el objetivo de cumplir los plazos establecidos de culminación de cada proyecto.

En la Fig. 1, se puede observar la forma en que interactúan estas metodologías propuestas con el objetivo de incrementar la gestión de la cadena de suministro.



Figura 1. Modelo propuesto.

B.- Vista de detalle.

La aplicación de las herramientas descritas, tienen como objetivo la mejora de los procesos de abastecimiento en la cadena de suministro, sincronizando los requerimientos de materiales con el avance de los proyectos evitando de esta forma desperdicios y actividades que no generen valor.

Para implementar adecuadamente el modelo se han considerado cinco (5) etapas las cuales se describen a continuación:

Etapas 1.- Se establecen los lineamientos generales del proyecto, los entregables y cronogramas generales, el acta de compromiso de la parte administrativa y operacional para el cumplimiento del proyecto.

Etapas 2.- En esta etapa se desarrollan los hitos del proyecto, así como los requerimientos de suministro en base al trabajo proyectado, se establecen adicionalmente la forma de seguimiento y actividades de control.

Etapas 3.- Se establecerá el abastecimiento de forma operativa identificando la importancia de cada material (A,B,C) y las cantidades de abastecimiento en base al cronograma del proyecto utilizando la herramienta Kanban

Etapas 4.- En esta etapa se establecerá la gestión y ajuste del abastecimiento por lotes considerando el abastecimiento total, los avances de obra y el tiempo de abastecimiento de los proveedores, el objetivo es balancear el inventario por cada categoría y el tiempo de abastecimiento de forma que se reduzcan los inventarios y se maximice el beneficio financiero.

Etapas 5.- En esta etapa se realizará el control de los productos en el almacén de forma que se garantice que los insumos almacenados estén aptos para su uso y se controlen las existencias, para que en caso de alguna desviación sea posible utilizar herramientas que permitan disminuir las ineficiencias de los procesos de almacenamiento.

En la Figura 2, se muestra la metodología propuesta y su aplicación de las metodologías descritas para mejorar los procesos relacionados con la cadena de suministro.

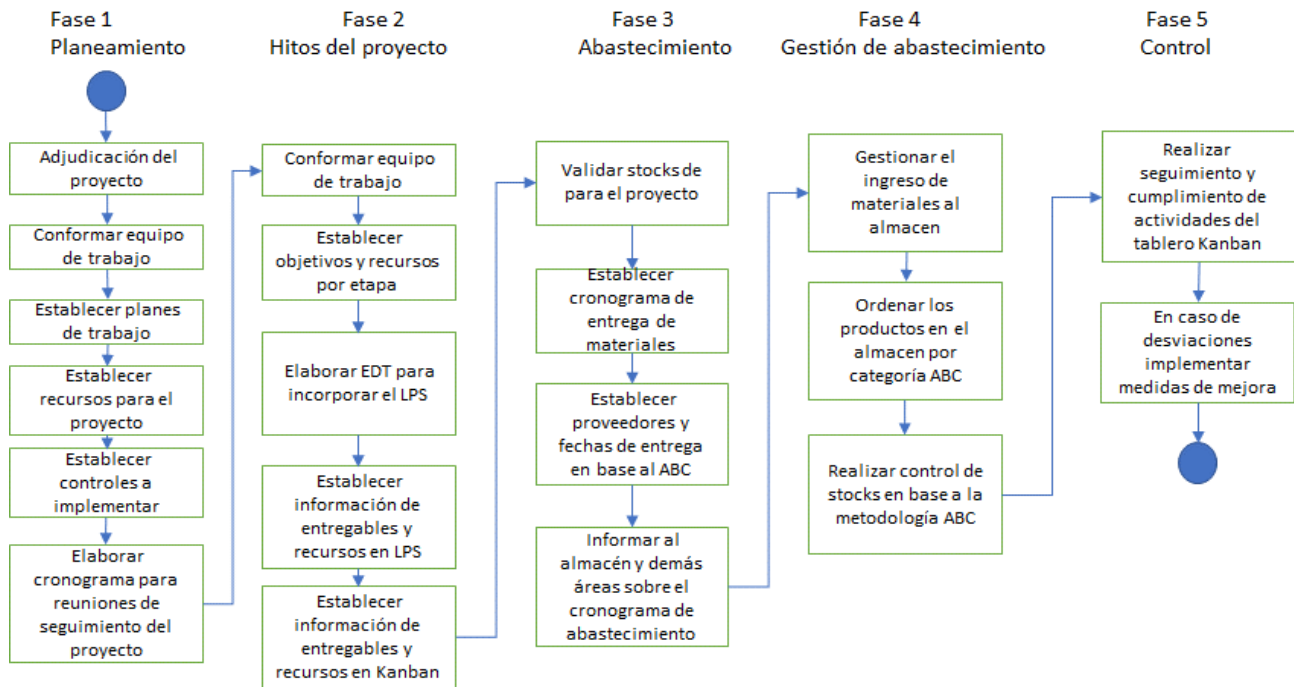


Figura 2 Metodología propuesta

C.-Vista de proceso

Proceso de planificación del abastecimiento y control de obra (LPS-KANBAN)

Este proceso se compone de 3 fases, en la primera se la planificación maestra y por fases del proyecto, el objetivo es obtener una planificación de actividades agrupadas en fases. En base a la planificación maestra se establecerá la ruta crítica de las fases a fin de identificar las actividades más relevantes y establecer adecuadamente el flujo de materiales, utilizando

para esto el Kanban el cual permitirá controlar el avance del proyecto y el control de abastecimientos

La aplicación de Last Planner System (LPS) permite un análisis diario el cual servirá para controlar los abastecimientos en el mismo período de tiempo.

Conforme se vayan liberando actividades del Kanban se va estableciendo el control del avance de obra y esto se vera reflejado en el avance del proyecto. En la Fig. 3 se presenta el proceso establecido.

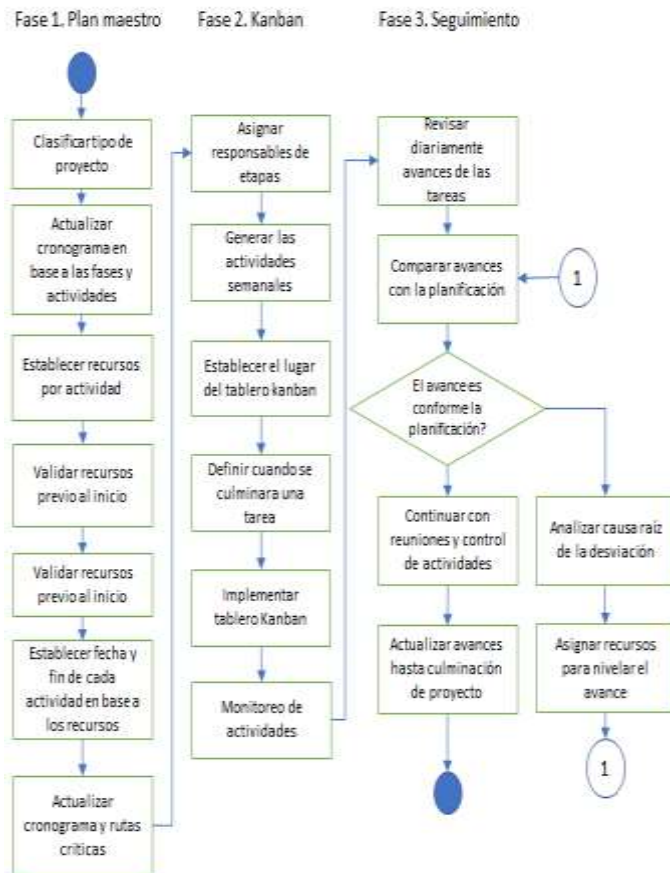


Figura 3 Planificación de abastecimiento y control de obra

Proceso de gestión de inventario por lotes (ABC_Transformación digital)

Este proceso consiste en la auditoria de los inventarios conforme la clasificación ABC y establecer los procesos digitales para la solicitud de materiales a los proveedores y calculo de los lotes mínimos y unidades en existencia mediante la digitalización del proceso de almacén.

El objetivo de este proceso es ajustar los avances de obra a la planificación del proyecto con el objetivo de adelantar ordenes de compra en caso el avance sea mayor a los estipulado, o bien retrasar el ingreso de los materiales desde el proveedor en caso existan demoras en los procesos.

En la Fig. 4 se muestra el proceso de gestión de inventario.

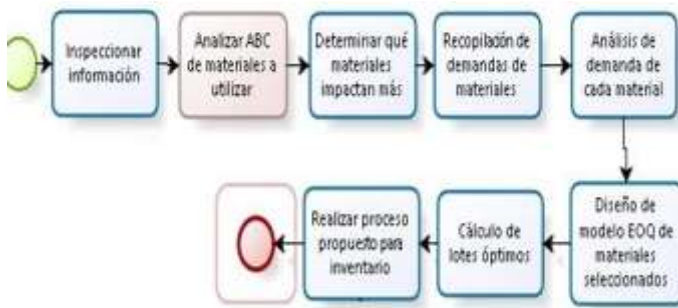


Figura 4. Proceso de gestión de inventario

Proceso de gestión de abastecimiento (ABC_5'S)

El proceso consiste en la adquisición de insumos para cada proyecto, las cantidades y fechas de entrega se basan en los resultados del proceso de planificación. Se establecerán procesos de compra conforme la familia de productos identificados (A,B,C) siendo que los productos "A", a los que se les realizará un seguimiento exhaustivo desde la orden de compra hasta el ingreso al almacén, los productos "B" tendrán controles moderados y los productos "C" tendrán controles sencillos. Los productos se almacenarán conforme su categoría y se tendrá especial cuidado en el ordenamiento, control y mantenimiento de las existencias considerando los principios de la herramienta de 5'S. Los productos "A" se colocarán lo más cercanos a la entrada del almacén, los productos "B" se colocarán en la parte intermedia del almacén y los productos "C" se colocarán en la parte final del almacén con el objetivo de mejorar la manipulación y su distribución hacia la obra conforme serán requeridos. En la Fig. 5 se muestra el proceso de gestión del almacén

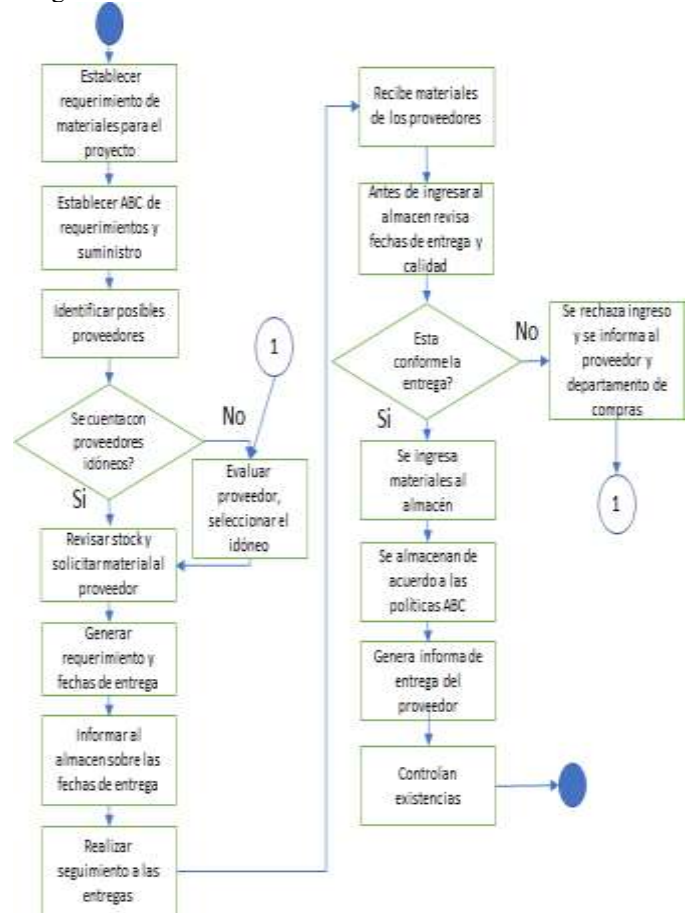


Figura 5. Proceso de gestión de abastecimiento total.

Proceso de gestión de inventario de forma diaria.

Considerando que todos los días existen movimiento en el almacén debido a l ingreso de productos y salida de los mismos a los proyectos, el mantener en orden el almacén a fin de facilitar la gestión de otros procesos es esencial, por tal motivo

se ha establecido el mantener un proceso de ordenamiento que permita control estos movimientos diarios y las existencias controladas, por lo cual se ha implementado el uso de ls 5'S. En la Figura 6 se muestra el proceso a seguir.

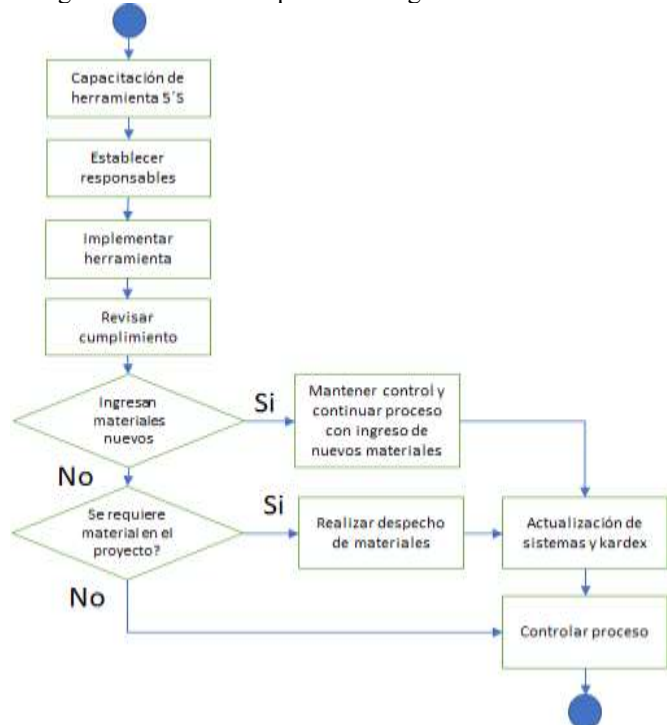


Figura 6 Implementación de las 5'S en el movimiento diario del almacén.

E.- Indicadores.

Se han establecido tres indicadores para el modelo propuesto:

Indicador de cumplimiento de avance de proyecto.

Este indicador está relacionado la planificación del avance del proyecto y su avance real

$$\% \text{ Avance del proyecto} = \frac{\text{Avance del proyecto al día de corte}}{\text{Avance planificado del proyecto al día de corte}}$$

Indicador de cumplimiento de costos logísticos:

Este indicador mide los costos planificados con los costos reales del proyecto.

$$\% \text{ de cumplimiento de costos} = \frac{\text{Costos logísticos reales en el proyecto al día de corte}}{\text{Costos logísticos planificados al día de corte}}$$

Indicador de demoras por falta de abastecimiento:

Este indicador mide las demoras en el proyecto por falta oportuna de materiales

Numero de días no laborados por falta de

$$\% \text{ de efectividad abastecimiento} = \frac{\text{abastecimiento}}{\text{Numero de días totales laborables en la planificación}}$$

IV. VALIDACIÓN.

4.1 Caso de estudio.

El modelo y metodología propuestos se han implementado en una empresa constructora de Lima, Perú, cuyas operaciones datan del año 2011. Esta empresa se enfoca principalmente en el desarrollo de proyectos generales y específicos, ampliaciones, remozamientos, gestión y administración de obras. A la fecha, ha desarrollado varios proyectos en arquitectura, tanto en locales de varios centros comerciales, multifamiliares, viviendas, club y otros

4.2 Diagnóstico.

La constructora ha venido disminuyendo su utilidad en los últimos dos años, pasando del 60 % al 51 % debido a problemas en la gestión de los proyectos asignados, las principales causas que han afectado el nivel de su rentabilidad han sido las siguientes:

- ✓ Inadecuada gestion de abastecimiento 39 %
- ✓ Planificación inadecuada de proyectos 37 %
- ✓ Inadecuada gestion de RRHH 7 %
- ✓ Otros 4 %

Adicionalmente en la Tabla 1 se muestran las consecuencias de los problemas establecidos previamente, el porcentaje mostrado está en relación al volumen de ventas.

Tabla 1. Principales datos.

Magnitud	Año 1 (%)	Año 2 (%)
Sobrecostos por inadecuada gestión	19	20
Descuentos otorgados por retrasos en la ejecución de los trabajos	3 %	2 %
Tiempo promedio de retrasos en los proyectos	15 días	15 días
Satisfacción de los clientes	60 %	60 %

Con la información anterior, se implementó el modelo y metodología propuesta; adicionalmente, se utilizó el modelo de simulación basado en el software Arena como medio previo para identificar el impacto del modelo propuesto en el abastecimiento, el modelo se presenta en la Figura 7.

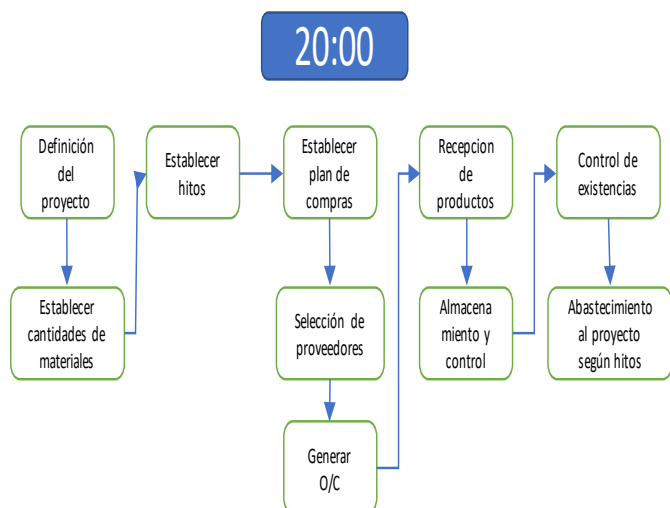


Figura 7. Simulación del modelo.

4.3 Resultados.

Posterior a la implementación del modelo y metodología propuesta se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Tabla 2

Tabla 2. Resultados de la implementación.

Magnitud	Promedio antes de la implementación	Resultados después de la implementación	% de mejora
Sobrecostos por inadecuada gestión	17.5 %	5 %	70.58
Descuentos otorgados por retrasos en la ejecución de los trabajos	2.5 %	0 %	100
Tiempo promedio de retrasos en los proyectos	19 días	2 días	89.5
Satisfacción de los clientes	60 %	90 %	33 %

Adicionalmente, se analizaron tres tipos de proyectos realizados con el modelo propuesto y se compararon los resultados con el promedio de los valores alcanzados en los proyectos realizados en el año previo, obteniéndose los siguientes resultados mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3 Resultados de los indicadores propuestos previo y posterior a la implementación del modelo propuesto.

Magnitud	Antes de la implementación	Después de la implementación	% mejora
Cumplimiento de avance del proyecto en proyectos grandes	85 %	99 %	14 %
Cumplimiento de avance del proyecto en proyectos medianos	90 %	100 %	10 %
Cumplimiento de avance del proyecto en proyectos pequeños	92 %	100 %	8 %
Sobrecostos logísticos en proyectos grandes	20 %	4 %	80 %
Sobrecostos logísticos en proyectos medianos	15 %	6 %	60 %
Sobrecostos logísticos en proyectos pequeños	10 %	6 %	40 %
Demoras por falta de abastecimiento en proyectos pequeños	15 días	3 días	80 %
Demoras por falta de abastecimiento en proyectos grandes	14 días	2 días	85.4 %
Demoras por falta de abastecimiento en proyectos medianos	10 días	0 días	100 %

Por otro lado, la utilidad creció en 1 % para proyectos pequeños, ya que estos no mostraron mayores problemas, en 9 % para proyectos medianos y en un 14 % para proyectos grandes considerando los resultados de los últimos dos años.

De los resultados anteriores, se desprende que por la complejidad que revisten los proyectos en función de su tamaño (pequeños, medianos y grandes), los beneficios se alcanzan en los proyectos de mayor envergadura, al ser estos los que más problemas de sincronización de procesos requieren. Adicionalmente, al mejorar la sincronización de los abastecimientos en cada tipo de proyecto, los mejores resultados se dan cuanto mayor es el proyecto, así como el modelo propuesto permite alinear los procesos para un mejor desempeño que permita mejorar el cumplimiento de los proyectos.

Los sobrecostos logísticos se generan en función del alineamiento de las actividades de los proyectos, este alineamiento considerando el diferente tipo de proyectos puede ser difícil de lograr, por lo tanto, el uso de la tecnología como es la digitalización del proceso facilita la gestión de los insumos y su clasificación por importancia lo que repercute directamente en el cumplimiento del avance de obra y la satisfacción de los clientes.

V. CONCLUSIONES.

El modelo y metodología propuestos para mejorar la gestión en la cadena de suministro de una empresa constructora que permita mejorar los tiempos de entrega de proyectos utilizando las metodologías Lean Construction, Activity Based Costing y

Transformación Digital ha mostrado resultados satisfactorios al lograr un cumplimiento del 99 % del avance planificado de un proyecto con los resultados reales del mismo.

La mejora del abastecimiento de los insumos para el desarrollo de proyectos en una empresa constructora permitió reducir los costos logísticos en un 71.4 % en promedio, lográndose el mayor valor de reducción de sobrecostos en proyectos de gran envergadura.

Al establecerse planes de entrega de insumos y catalogarse la importancia de los mismos mediante la digitalización de procesos la demora en abastecimientos se redujo de 19 días a 1.5 días promedio lo que permitió reducir los sobrecostos debidos a falta de abastecimiento, penalizaciones y permitió mejorar la satisfacción del cliente del 60 % al 90 %

Finalmente, la metodología propuesta logro incrementar la rentabilidad de una empresa constructora en 11.5 % en general, siendo que los mayores impactos se lograron en el desarrollo de proyectos grandes (14 %), que fueron los que precisamente mayores dificultades y problemas históricamente mostraron en los últimos dos años de desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por el apoyo brindado para la realización de este trabajo de investigación a través del incentivo UPC-EXPOST-2023-2

REFERENCIAS

- [1] Cámara Peruana de la Construcción (CAAPECO). 2023. El país necesita que la construcción crezca para reducir la pobreza e informalidad. <https://www.capeco.org/entrada-noticia/el-pais-necesita-que-la-construccion-crezca-para-reducir-la-pobreza-y-la-informalidad>
- [2], [3] Cámara Peruana de la Construcción (CAAPECO). 2023. Informe económico de la construcción. http://www.construccionindustria.com/iec/descarga/IEC62_0223.pdf
- [4] Statista. 2021. Industria de la construcción en América Latina. <https://www.statista.com/study/133522/construction-industry-in-latin-america/>
- [5] Asana.2022. ¿Qué son los controles de proyectos y como implementarlos?. <https://asana.com/es/resources/project-controls>
- [6] Viaplan. 2022. Problemas de construcción mas comunes en obras industriales y comerciales. <https://www.viaplan.com.py/blog/problemas-de-construccion-mas-comunes-en-obras-industriales-y-comerciales>
- [7] Ziolkowska, M.J. 2021 “Transformación digital y actividades de marketing en pequeñas y medianas empresas [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su13052512>
- [8] König, C. J., Langer, M., & Papatthanasious, M. (2019). Highly automated job interviews: Acceptance under the influence of stakes. *International Journal of Selection and Assessment*, 27(3), 217-234. <https://doi.org/10.1111/ijsa.12246>
- [9] Soler Llopis, A. I. (2022). El camino hacia la transformación digital: Cómo las empresas del sector minorista pueden adoptar la transformación digital.
- [10] Mahraz, M. I., Benabbou, L., & Berrado, A. (2019, July). A Systematic literature review of Digital Transformation. In *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Anais Toronto: IEOM Society International (pp. 917-931).
- [11] Robles-Joya, S., & Sánchez-Quintanilla, E. D. (2022). Transformación digital de la industria de la construcción a través de la identificación de innovaciones tecnológicas.
- [12] Garzón Parra, R. A. (2023). Integrated collaborative design y el plan de implementación BIM en la Constructora Dicoín Ingenieros.
- [13] Eyzaguirre Silva, A. C. (2023). Estudio del impacto de los avances tecnológicos en la productividad de la industria de la construcción.
- [14] Michalski, A., Glodziński, E., & Böde, K. (2022). Lean construction management techniques and BIM technology—systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 196, 1036-1043.
- [15] Mohammadi, A., Igwe, C., Amador-Jimenez, L., & Nasiri, F. (2022). Applying lean construction principles in road maintenance planning and scheduling. *International journal of construction management*, 22(12), 2364-2374.
- [16] Simonsen, E. M., Herrera, R. F., & Atencio, E. (2023). Benefits and Difficulties of the Implementation of Lean Construction in the Public Sector: A Systematic Review. *Sustainability*, 15(7), 6161.
- [17] Senthil, J., & Muthukannan, M. (2022). Development of lean construction supply chain risk management based on enhanced neural network. *Materials Today: Proceedings*, 56, 1752-1757.
- [18] Garcés, G., & Peña, C. (2023). Una revisión sobre Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38 (1).
- [19] Jayanetti, JKDDT, Perera, BAKS, Waidyasekara, KGAS y Siriwardena, M. (2023). Análisis crítico de los modelos de madurez de Lean Construction: una revisión sistemática de la literatura. *Edificios*, 13 (6), 1508.
- [20] Parmar, A. y Sarkar, D. (2022). Desarrollo de Modelo Lean Construction para Seguimiento de Proyectos de Construcción. *Gestión de energía e infraestructura en la era post Covid-19*, 350.
- [21] Rajprasad, J., Saimohanreddy, P., Pannirselvam, N., & Manivel, S. (2022). Implementation of Lean Techniques in Construction Projects. In *Advances in Construction Management: Select Proceedings of ACMM 2021* (pp. 425-434). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [22] Khodabocus, S., & Seyis, S. (2023). Roadmap for Integrating BIM and Lean Methods Throughout the Lifecycle of Modular Construction Projects.
- [23] Karaz, M., & Teixeira, J. C. (2023). Waste Elimination based on Lean Construction and Building Information Modelling: A Systematic Literature Review. *U. Porto Journal of Engineering*, 9(3), 72-90.
- [24] Zeng, N., Ye, X., Liu, Y., & König, M. (2023). BIM-enabled Kanban system in construction logistics for real-time demand reporting and pull replenishment. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- [25] Sánchez, O., Revuelta, M. P., Gómez-Cabrera, A., & Salazar, L. A. (2023). Paper Planes for Teaching Construction Production Systems Based on Lean Tools: Continuous Improvement Cells and 5S. *Buildings*, 13(2), 558.
- [26] Laura, P., & Rossi, H. (2022). Gestión logística y su relación con la rentabilidad de empresas constructoras en la provincia de San Román, Puno. *Quipukamayoc*, 30(62), 67-75.
- [27] Sinambela, EA y Djaelani, M. (2022). Análisis y Categorización del Comportamiento de Costos. *Revista de Estudios de Ciencias Sociales (JOS3)*, 2 (1), 13-16.
- [28] Rivadinayra, O. C., Cueva, J. A. P., & Cárdenas, G. A. M. (2022). Revisión de la Literatura sobre Gestión de Inventario en la Industria Textil. *Qantu Yachay*, 2(1), 26-40.
- [29] Giza, T., & Jemal, A «How is information from ABC–VED–FNS matrix analysis used to improve operational efficiency of pharmaceuticals inventory management?», 2021
- [28] Hung-Lung, L., & Yu-Yu, M «A new method of storage management based on ABC classification: A case study in chinese supermarkets’ distribution center», 2021
- [29] Hansen, DR, Mowen, MM y Heitger, DL (2021). *Gestión de costes*. Aprendizaje Cengage.
- [30] Taherdoost, H. y Brard, A. (2019). Analizar el proceso de selección de proveedores, criterios y métodos. *Procedia Manufacturing*, 32, 1024-1034.
- [31] Blocher, EJ, Stout, DE, Juras, PE y Smith, S. (2019). *Gestión de costos (énfasis estratégico)* 8e. Educación McGraw-Hill.
- [32] Aqla & Al- Fandi. «Prioritizing process improvement initiatives in manufacturing environments », 2018
- [33] Tang Zhang, Liuy Du. «Integrating Multi-Index Materials Classification and Inventory Control in Discrete Manufacturing Industry: Using a Hybrid ABC-Chaos Algorithm», 2020
- [34] Vetchgol, Augustyn & Tayles. «Impacts of activity-based costing on organizational performance: evidence from Thailand», 2020