

**Aplicación de metodologías
fundamentadas en la filosofía
LEAN en los procesos
constructivos para la empresa
IDECO S. A.**

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Aplicación de metodologías fundamentadas en la filosofía LEAN en los procesos constructivos para la empresa IDECO S. A.

Llevado a cabo por la estudiante:

Angulo Carpio Yuliana

Carné: 2019067161

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el miércoles 06 de marzo de 2024 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Firmado digitalmente por JOSE
ANDRES ARAYA OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2024.03.12 08:31:29 -06'00'

Dr. Andrés Araya Obando
Director de la Escuela

MANUEL
ANTONIO ALLAN
ZUÑIGA (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MANUEL ANTONIO ALLAN
ZUÑIGA (FIRMA)
Fecha: 2024.03.06 11:17:31
-06'00'

Ing. Manuel Alán Zúñiga, MGP, MBA
Profesor Guía

MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2024.03.06 09:46:04
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE
Profesor Lector

MIGUEL FRANCISCO
ARTAVIA
ALVARADO (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MIGUEL FRANCISCO ARTAVIA
ALVARADO (FIRMA)
Fecha: 2024.03.08 10:07:25
-06'00'

Ing. Miguel Artavia Alvarado , MAP
Profesor Observador

Resumen

En este informe se desarrolla un procedimiento para la implementación de metodologías específicas fundamentadas en la Filosofía Lean en los procesos constructivos de la empresa IDECO para maximizar el valor de los productos generados. Para ello, se realizó un diagnóstico de los conceptos actuales relacionados con la filosofía para identificar las oportunidades de mejora en la organización y se determinaron las buenas prácticas en LEAN construction por medio del estudio de referencias bibliográficas e investigaciones realizadas; a partir de ello, se elaboró un análisis de brecha entre las prácticas implementadas contra las buenas prácticas identificadas y de acuerdo a lo establecido, se desarrolla un procedimiento para la implementación de la Filosofía Lean. Por último, se valida el procedimiento realizado, aplicándolo en los procesos constructivos que conforman la actividad de fundaciones de la nave principal en el proyecto Bodegas Unifika Lindora, donde posteriormente, se propusieron mejoras para aquellas falencias detectadas. LEAN construction cuenta con variabilidad de herramientas para su aplicación, por lo tanto, producto de la investigación, se seleccionan Value Stream Mapping (VSM) y 5S para afrontar las oportunidades de mejora identificadas. Al implementar el procedimiento, los tiempos se redujeron en un 14 % en comparación con cómo se ejecutaban las actividades.

Palabras clave: Filosofía LEAN Construction, procesos constructivos, Value Stream Mapping, 5S, empresa y procedimiento.

Abstract

This report develops a procedure for the implementation of specific methodologies based on the Lean Philosophy in the construction processes of the IDECO company to maximize the value of the products generated. To this end, a diagnosis of current concepts related to philosophy was carried out to identify opportunities for improvement in the organization and good practices in LEAN construction were determined through the study of bibliographic references and research carried out; From this, a gap analysis was prepared between the implemented practices against the identified good practices and according to what was established, a procedure for the implementation of the Lean Philosophy was developed. Finally, the procedure carried out is validated, applying it to the construction processes that make up the foundation activity of the main warehouse in the Bodegas Unifika Lindora project, where improvements were subsequently proposed for those deficiencies detected. LEAN construction has variability of tools for its application, therefore, because of the research, Value Stream Mapping (VSM) and 5S are selected to address the identified improvement opportunities. Finally, in the implementation of the procedure, times were reduced by 14% compared to how the activities were previously executed.

Keywords: Lean Construction Philosophy, construction processes, Value Stream Mapping, 5S, company, and procedure.

Aplicación de metodologías fundamentadas en la filosofía LEAN en los procesos constructivos para la empresa IDECO S. A.

YULIANA ANGULO CARPIO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre de 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Resumen ejecutivo	VI
Introducción.....	9
Capítulo 1: Marco teórico	11
Capítulo 2: Metodología	36
Conclusiones y recomendaciones.....	100
Referencias	103
Apéndices.....	105

Resumen ejecutivo

En este informe se desarrolla un procedimiento para la implementación de metodologías específicas fundamentadas en la Filosofía Lean en los procesos constructivos de la empresa IDECO para maximizar el valor de los productos generados.

En los últimos años, la empresa ha implementado Last Planner System como sistema de gestión y planificación, este sistema es una de las herramientas utilizadas para la implementación de Lean; no obstante, considerando que la gestión de los proyectos es una de las fortalezas de la organización, el interés de la empresa por implementar la filosofía Lean radica como una oportunidad para fortalecer la planificación, control operativo y suministro; para consecuentemente, mejorar el servicio y maximizar el valor a los clientes, propietarios e inversionistas. En síntesis, más que un problema es un fortalecimiento de los procesos de gestión y operativos para la mejora de la cadena de valor fundamentado en una directriz de la alta gerencia.

Además, la implementación de Lean contribuye indirectamente a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) por su enfoque en la eficiencia, eliminación de desperdicios y mejora continua, algunos de los ODS que contribuyen son estos: la filosofía Lean contribuye en el ODS 12, Producción y Consumo Responsables, pues la filosofía ayuda a eliminar desperdicios y optimizar procesos, de manera que se le dé un uso más eficiente de los recursos naturales y energéticos, disminuyendo la huella de carbono, y aumentando la calidad de los productos y servicios. Por otro lado, también contribuye en el ODS 9; Industria, Innovación e Infraestructura, Lean fomenta la mejora continua y el pensamiento innovador en la industria de la construcción con nuevos métodos para llevar a cabo sus procesos constructivos de manera más optimizada. En el ámbito laboral, esta filosofía también contribuye al ODS 5, Igualdad de Género, pues esta filosofía valora la participación y empoderamiento de los empleados.

Por último, Lean Construction promueve prácticas laborales responsables y justas, contribuyendo así, el ODS 8, Trabajo Decente y Crecimiento Económico.

Para la elaboración de este informe, se dio seguimiento a los objetivos de la siguiente manera; se realizó un diagnóstico de los conceptos actuales relacionados a la filosofía que son implementados en la organización mediante entrevistas y encuestas a los ingenieros de la empresa con el fin de identificar las oportunidades de mejora en la organización; donde los ingenieros resaltan la importancia de que la organización se enfoque principalmente en los desperdicios Lean, Tiempo y sobre-procesamientos. Por otro lado, el diagnóstico de

manera general muestra que la empresa se encuentra muy bien situada con respecto a los conceptos de Lean Construction, ya que muchas de las buenas prácticas de la Filosofía, ya están consolidadas en el Sistema de Gestión de la organización.

Para el OE2 se determinaron las buenas prácticas en LEAN construction por medio del estudio de referencias bibliográficas y entrevistas a practicantes de la filosofía, donde resaltan acciones como el análisis de riesgos que puedan interferir y eliminarlos para reducir tiempos y desperdicios, análisis de tiempos de ejecución (solicitud de materiales), indicadores claves de rendimiento, extracción de lecciones aprendidas de cada proyecto y la implementación de Herramientas Lean como: Last Planner System, Value Stream Mapping y 5S; a partir de ello, se elaboró un análisis de brecha entre las prácticas implementadas contra las buenas prácticas identificadas y de acuerdo con lo establecido, se desarrolla un procedimiento para la implementación de la Filosofía Lean en la organización, el cual se basa en dos herramientas Lean, Value Stream Mapping y 5S, donde se desarrolla el paso a paso para aplicar cada herramienta en los procesos constructivos. Por último, se valida el procedimiento realizado, aplicándolo en los procesos constructivos que conforman la actividad de fundaciones de la nave principal en el proyecto Bodegas Unifika Lindora, donde posteriormente, se propusieron mejoras para aquellas falencias detectadas: se propuso incrementar la mano de obra en el proceso de colocación de armadura, con el fin de disminuir el tiempo en el que se realizaba este proceso; implementar 5S en todos los procesos, sobre todo, en el proceso de encofrado, porque había desperdicio de tiempo y material; en cuanto a la colocación de concreto, al contrario que en colocación de armadura, el recurso humano era demasiado, por lo que, se entorpecía el proceso entre los colaboradores; e implementar TQC en cada proceso para disminuir retrabajos y pérdidas de tiempo.

LEAN construction cuenta con variabilidad de herramientas para su aplicación, por lo tanto, producto de la investigación, se seleccionan Value Stream Mapping (VSM) y 5S para afrontar las oportunidades de mejora identificadas.

Los mapas de flujo de valor (VSM) consisten en la creación de representaciones gráficas de los procedimientos de las actividades necesarias para obtener un producto final mediante mapas. Donde a partir de ello, facilita la visualización del proceso y ayuda a identificar todo aquello que no aporta valor. Para finalmente proponer mejoras y eliminar los desperdicios identificados. Esta herramienta permitió visualizar el flujo de valor de los procesos y adicional a la observación en campo se propusieron cambios en los procesos de colocación de armadura, colado de concreto y formaleteo, considerados como los críticos de la actividad.

En colocación de armadura, se propuso incrementar el recurso humano; en colado de concreto, organizar el equipo y establecer tareas a cada persona y, por último, mediante la implementación de 5S agilizar el proceso de formaleteo, pues se invertía mucho tiempo en preparación, cuando el tiempo se podía disminuir al tener un mayor orden en sitio.

De manera general, se propuso implementar Total Quality Control (TQC) para evitar reprocesos en correcciones, así que, mientras trabajan, y al finalizar cada proceso se requiere el control de calidad respectivo, para proceder con el siguiente proceso y disminuir la posibilidad de tener que deshacer el trabajo y volverlo a hacer porque esto requiere recursos como materiales, tiempo y dinero.

En lo que respecta a la herramienta de 5S, este es un sistema de organización y estandarización en el lugar de trabajo. De manera que se minimice el desorden, y garantiza el orden y limpieza en la zona de trabajo. Además, la aplicación de esta herramienta mejora la seguridad en el trabajo y pretende una mejora continua. Se reducen las pérdidas de tiempo como también el riesgo de sufrir tropiezos producto del desorden del lugar de trabajo. Para esta herramienta, se proponen mejoras en sitio, como la elaboración de un centro de acopio para cada tipo de material (madera, escombros, acero y residuos corrientes), clasificar lo que puede ser reutilizado y desechado. Y mantener el orden en sitio por medio de giras diarias en el proyecto y dando a conocer las oportunidades de mejora a maestros de obras y encargado (s) de subcontractistas. Y también con inspecciones más rigurosas implementando el formulario propuesto en el procedimiento.

Finalmente, se concluye que la empresa ya está familiarizada con los principios de Lean Construction y poseen buenas prácticas por medio del Sistema de Gestión que ya tienen consolidado; sin embargo, se identifican oportunidades de mejora, las cuales son solventadas con las herramientas VSM y 5S, según los resultados del análisis de brecha; se realiza el procedimiento con base en las herramientas seleccionadas; y, por último, se valida con la implementación del procedimiento, y se obtiene reducción de los tiempos a un 14% en comparación de cómo eran ejecutadas las actividades previamente; además, se observa mayor orden y limpieza en sitio.

Introducción

En los últimos años la empresa ha implementado Last Planner System como único sistema de gestión y planificación, este sistema es una de las herramientas utilizadas para la implementación de Lean Construction; no obstante, considerando que la gestión de los proyectos es una de las fortalezas de la organización, el interés de la empresa por implementar la filosofía Lean radica como una oportunidad para fortalecer la planificación, control operativo y suministro; para consecuentemente, mejorar el servicio y maximizar el valor a los clientes, propietarios e inversionistas. En síntesis, más que un problema es un fortalecimiento de los procesos de gestión y operativos para la mejora de la cadena de valor fundamentado en una directriz de la alta gerencia.

La elaboración de un procedimiento para llevar a cabo la implementación de la filosofía Lean de manera correcta y efectiva para la empresa, contribuye de manera práctica y técnica para el desarrollo de los procesos constructivos, puesto que, se establece una metodología que aplique los principios de Lean Construction, beneficiando así, la utilidad de los proyectos, el efectivo de la organización y sobre todo se obtendría una mayor satisfacción por parte del cliente. Además, la implementación de Lean también contribuye en el cumplimiento de los algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) gracias a su enfoque en la eficiencia, eliminación de desperdicios y la mejora continua.

Algunos de los ODS que contribuyen son: ODS 12, Producción y Consumo Responsables, ya que la filosofía ayuda a eliminar desperdicios y optimizar procesos, para que se le dé un uso más eficiente de los recursos naturales y energéticos, disminuyendo la huella de carbono, mejorando la eficiencia energética e incrementando la calidad de productos y servicios. Por otro lado, también contribuye en el ODS 9; Industria, Innovación e Infraestructura, Lean fomenta la mejora continua y el pensamiento innovador en la industria de la construcción con nuevos métodos para llevar a cabo sus procesos constructivos de manera más optimizada. En el ámbito laboral, esta filosofía también contribuye al ODS 5, Igualdad de Género, ya que esta filosofía valora la participación y empoderamiento de los empleados. Por último, Lean Construction promueve prácticas laborales responsables y justas, contribuyendo así, el ODS 8, Trabajo Decente y Crecimiento Económico.

Lauri Koskela, fundador de esta metodología considera que el modelo se debería adoptar en el mundo porque ha demostrado que permite reducir costos de operación, aumentar ganancias, reducir materiales de residuos y mejorar la productividad y la calidad de vida de las personas que trabajan en el sector (Camacol Bogotá y Cundinamarca, 2015). El modelo se creó en 1992, desde entonces, cada vez ha tomado más fuerza y se ha implementado en la industria de la construcción alrededor del mundo, aunque es cierto, países tercermundistas como el nuestro tienen algunos vacíos y aspectos que mejorar en este tema; pero en el

sector nacional, actualmente, es un término conocido y organizaciones de la industria se esforzarán por implementarlo. Por esto, la implementación de la filosofía en la organización es importante, considerando que es parte de la evolución de la empresa en el mercado laboral como ventaja competitiva.

Al-Aomar (2012) se tomó la tarea de realizar un estudio donde analiza las prácticas de Lean Construction implementadas en la industria de construcción de Abu Dabi, específicamente en edificaciones residenciales y comerciales. Aomar encuestó varias empresas constructoras de la zona con el fin de identificar tipos de desperdicios, causas e impactos de estos y revisar la familiaridad de la industria con las técnicas Lean. Producto a la investigación, reconocen que la implementación de Lean Construction, representa cambios, retos e inversión por parte de las empresas, sin embargo, también hay testimonio de parte de las empresas que han logrado implementarlo y ya tienen un sistema sólido en cuanto al pensamiento Lean, con respecto a los beneficios que se obtienen a partir de la implementación de esta filosofía.

Por otro lado, Ogunbiyi et al., (2014) encuentra vinculación entre Lean Construction y la sostenibilidad. Por ejemplo, la reducción de desperdicios es un objetivo mutuo; como también, la maximización de valor agregado y seguridad.

Para llevar a cabo este proyecto, al igual que Al-Aomar, fue necesario un diagnóstico previo a los miembros de la organización, pero a diferencia del autor, a partir de los resultados se plantearon mejoras para la implementación de la filosofía. Por consiguiente, de acuerdo con Ogunbiyi et al., (2014), se implementa la metodología de las 5S, para reducir desperdicios y maximizar el valor agregado y seguridad. Para realizar una construcción más sostenible.

El fin de este proyecto es proveer una herramienta para la implementación de la Filosofía Lean en los procesos de construcción de la empresa IDECO para maximizar el valor de los productos. Para lo cual, el alcance se limita realizar el procedimiento y verificar que el mismo sea funcional y dinámico para que los miembros de la organización puedan implementarlo en sus proyectos constructivos en el futuro; no obstante, la compañía debe actualizar dicho procedimiento periódicamente, de manera, que estén al tanto de los últimos avances en esta filosofía en constante evolución.

Por último, como en todos los proyectos constructivos, el tiempo representa una limitación significativa, además, de la disposición de los trabajadores a los cambios requeridos, y sobre todo, el compromiso de parte de los subcontratistas.

Finalmente, primero gracias a Dios por darme la fortaleza y resiliencia durante toda la formación universitaria, a mí familia que me brindaron apoyo incondicional y a la empresa IDECO por permitir realizar el proyecto de graduación para concluir con esta etapa de mi formación académica, por tener la disposición y apoyarme en todo lo que necesité, al Ingeniero Manuel Alán Zúñiga por guiarme en este proceso y a las personas que colaboraron con las encuestas para obtener los datos requeridos.

Capítulo 1: Marco teórico

En este capítulo serán desarrollados todos los conceptos teóricos en los que se fundamenta la implementación de Lean Construction, tema que se extiende a lo largo de este informe:

Gestión tradicional de la construcción

La industria de la construcción es uno de los campos más antiguos, por lo que, hasta el día de hoy, esta industria ocupa un lugar que lo hace fundamental en la sociedad, ya que, este sector representa desarrollo social y económico, lo que lo hace insustituible (Ruíz, 2012).

Al representar tanto para la sociedad, muchas variables giran a su alrededor, de manera que, puede provocar inestabilidad en el flujo constructivo deseado. A lo largo de los años, las empresas constructoras han enfocado sus criterios de control al tema de costos únicamente; sin embargo, es importante recalcar la importancia de considerar otro tipo de variables directas del proceso constructivo, que pueden causar un impacto negativo en el costo proyectado de la obra (Ruíz, 2012).

De acuerdo con Lauri Koskela (1992), en la construcción tradicional, la administración se enfoca en la obtención de materiales baratos para buscar la manera de cómo reducir costos, sin considerar otras situaciones propias del proyecto, como la calidad de los materiales, que, a la larga, puede tener un impacto financiero importante en el presupuesto del proyecto constructivo.

Además, por años esta ha sido una de las industrias que más contaminación genera, lo que aumenta los costos, si se emplean métodos al construir que generen el menor desperdicio posible, se podrían reducir costos.

Se dice que los proyectos de construcción generan un 30% de desperdicio, desde un punto de vista más descriptivo, en un proyecto de cuatro torres de edificios, una de ellas sería producto del desperdicio (L. Rojas, 2023). ¿Y en cuestión de costos cuánto dinero representa?

Por las razones planteadas, es importante que las empresas tengan una mentalidad dispuesta al cambio, a entender que el problema no se encuentra en los costos, sino que tienen que ver más allá, que hay otros aspectos que afectan a los costos de igual manera. Y con ello, estar abiertas a la implementación de metodologías que le permitan fortalecer la planificación, control operativo y suministro para maximizar el valor agregado a los productos (Ruíz, 2012).

Procesos constructivos

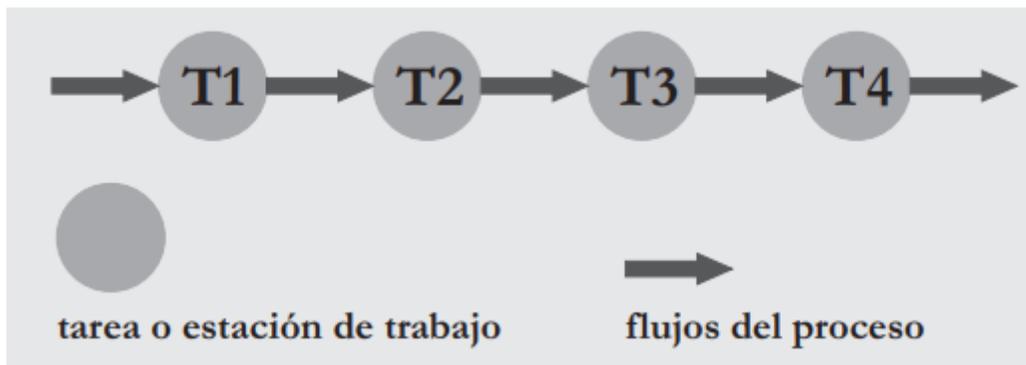
La construcción, sea tradicional o innovadora, siempre la componen operaciones divididas por procesos compuestos por tareas. Por lo que, es importante definir que un proceso constructivo corresponde al conjunto de tareas, que, según la planificación y el tipo de proceso constructivo, estas pueden ser sucesivas o solapadas (Leandro, 2008).

Procesos en línea

El proceso en línea está focalizado en el producto, los insumos se mueven de manera lineal de una estación a la siguiente en una secuencia anteriormente fijada. La siguiente tarea no puede realizarse sin antes concluir en la que se trabaja. Y generalmente, los volúmenes son altos (Carro & González, 2012). Sin embargo, los procesos constructivos no son lineales; generalmente se ejecutan varias tareas de la misma actividad paralelamente.

Por consiguiente, en la figura 1 se observa un diagrama que describe los procesos lineales.

Figura 1. Proceso en línea.



Nota. [Diagrama], por Roberto Carro y Daniel González, 2012, pp 5, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Mar del Plata (https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1613/1/08_diseno_procesos.pdf)

Procesos intermitentes

Los volúmenes de producción son medios y hay variedad de productos. Los productos comparten recursos, no hay una secuencia estándar de operaciones a través de las instalaciones (Carro & González, 2012). En la figura 2 se observa una representación gráfica de lo que es este tipo de proceso.

Antecedentes de la Filosofía Lean

El origen de la Filosofía Lean data en los años 50's en Japón, implementada por la reconocida empresa automovilística Toyota con la idea de eliminar desperdicios y producir más con menos, reduciendo tiempos de espera y sobre procesamiento. De esta manera, también incrementaban la calidad de los productos, por lo que, les aportaba valor (Koskela, 1992).

Estas ideas fueron desarrolladas y refinadas por ingenieros industriales mediante un largo proceso de prueba y error; estableciendo bases teóricas. Consecuentemente, a los inicios de los 80's la ideología ya había sido difundida por Europa y América, especialmente en la industria automovilística; una década después era implementada por las mayores compañías manufactureras de América y Europa (Koskela, 1992).

Más adelante, se establecieron nuevos enfoques y herramientas por la innovadora filosofía.

Filosofía Lean

Se define LEAN como la filosofía que tiene por objetivo esencial la eliminación sistemática de los residuos por parte de los miembros de la organización en todos los procesos. Esta filosofía se esfuerza por hacer que las organizaciones sean más competitivas en el mercado mediante el aumento de la eficiencia y la disminución de los costos producto a la eliminación de las actividades en los procesos que no generan valor.

El pensamiento LEAN se basa de dos conceptos:

1. La posición del cliente como principal beneficiado del valor, por lo que, se enfocan en aquellas actividades que lo generan; definiéndolo adecuadamente y conocer el flujo de este y permitir que fluya libremente para que el cliente logre reconocer y disfrutar de este. Se busca la perfección (Valencia, 2013).
2. La tolerancia sin desperdicios. La idea principal es reconocer que todo lo que no genera valor, de algún modo genera costos. De manera que, si no genera valor, no califica como ingreso, pero si genera costos, reduce la rentabilidad (Valencia, 2013).

Probablemente, Lean requiere más control interno y gobernanza de la infraestructura en la organización, la cual mejorada permite la gestión de analizar y controlar los procesos de forma más eficaz, detectar problemas potenciales y obtener más ganancias (Valencia, 2013).

Técnicas de Lean Construction

A raíz de esta Filosofía, nacen ideologías y técnicas, sin embargo, es importante considerar que el campo es nuevo y se encuentra en constante evolución. Los términos históricamente más importantes en esta Filosofía son Justo a Tiempo (JIT por sus siglas en inglés) y Control de Calidad Total (TQC) las cuales se explican a continuación:

- **Justo a tiempo (JIT)**

La idea de esta filosofía es la eliminación de inventario, lo que dio lugar a otras técnicas para enfrentar la producción con menos inventario, como la reducción del tamaño de lote, reconfiguración del diseño de procesos, cooperación con proveedores y reducción del tiempo. Inclusive, nace un nuevo método de control, donde la producción por demanda resultaba más rentable.

El concepto de residuo es uno de los ejes fundamentales de JIT, consigo la eliminación de desperdicios a través de la mejora continua en las operaciones, equipamiento y procesos (Koskela, 1992).

- **Control de Calidad Total (TQC)**

La preocupación por la calidad inició con la inspección de materia prima y productos usando métodos estadísticos. El término total se refiere a tres conceptos:

1. Expansión del control de calidad, desde producción hasta los demás departamentos.
2. Expansión del control de calidad, desde los colaboradores hasta la alta dirección.
3. Exigir la calidad sobre todas las operaciones de la compañía.

Las metodologías de calidad se desarrollan según la evolución del concepto. El enfoque cambia desde la orientación de la inspección, el proceso de control hasta la mejora continua, y actualmente, hasta el diseño de calidad dentro del producto y proceso.

Importante hay que recalcar que entre JIT y TQC hay discrepancias, ya que, en el campo de JIT se tiende a obstaculizar el proceso de mejora y revisión de errores en los materiales, aspectos fundamentales en el control estadístico y programas de calidad (Koskela, 1992).

Filosofía Lean Construction

La integración entre las prácticas Lean y las nuevas tecnologías en manufactura que han surgido en los últimos años han demostrado que el sector de la construcción también se ve beneficiada de esta filosofía, puesto que se logran entregar proyectos con resultados más efectivos y eficientes.

Simultaneo, al proceso de transformación en el que se encuentra esta industria tan tradicional, es inevitable que se presenten retos y cambios necesarios para la implementación de Lean Construction.

Por consiguiente, Lean Construction provee principios teóricos de producción un marco de referencia metodológico con buenas prácticas respectivamente validadas; además, considera y se sostiene de tres conceptos, que serán explicados a continuación; principios, tipos de desperdicios y herramientas de Lean Construction (Hamzeh et al., 2021):

- **Principios de Lean Construction**

Todas las actividades que componen un proceso van a representar costo y tiempo; por lo que, es importante el diseño de cómo será llevado a cabo el mismo, porque la idea es agregar valor al producto. En varios sectores de producción siguen los principios de la filosofía Lean en el diseño, control y mejora de procesos constructivos, a continuación, se muestran los principios de la filosofía Lean según (Koskela, 1992):

- **Reducir las actividades que no aportan valor al consumidor**

Reducir todo aquello que no aporta valor en los procesos es fundamental, lamentablemente, la experiencia muestra que las actividades que no aportan valor son las que dominan en los procesos. En general, esto puede causarse por 3 razones: mal diseño, ignorancia incluso por la naturaleza de la producción.

Las actividades que no aportan valor por un mal diseño de procesos se ven afectadas por actividades como: la inspección, movimientos innecesarios y tiempos de espera; ya que, si se hace un diseño de proceso funcional, estos aspectos mencionados se contemplan para disminuir esos tiempos no productivos.

Por otro lado, se tiene la ignorancia, ya que muchos procesos no han sido diseñados de la forma más deseable posible, por lo que, lleva directamente a perder valor en los productos. En conclusión, el diseño de proceso es fundamental, etapa donde se pueden analizar las actividades e identificar aquellas que no aportan valor para eliminarlas o reducir las.

- **Aumentar el valor del producto tomando las consideraciones del consumidor**

Por obviedad, este es un principio fundamental, ya que el valor se genera según las necesidades del consumidor, si se cumplen todos los requerimientos que este solicite, el producto se valorará más.

- **Reducir la variabilidad.**

Los procesos son variables; siempre hay diferencias entre los productos, aun cuando se trate del mismo y los recursos para llevar a cabo el proceso también varían.

Se tienen dos razones para reducir la variabilidad en los procesos; uno, desde el punto de vista del consumidor, un producto uniforme es mejor, ya que cualquier tipo de discrepancia representa un costo; dos, se ha demostrado que la variabilidad incrementa el tiempo de ciclo, por lo que, aumenta el volumen de lo que no aporta valor.

- **Reducir el tiempo del ciclo**

Medir el tiempo en los procesos resulta más útil que los costos y calidad, y el tiempo puede usarse para controlar la mejora de ambas variables. El tiempo de ciclo puede ser representado de la siguiente manera:

Tiempo de ciclo= tiempos de procesamiento + tiempo de inspección + tiempo de espera + tiempo de movimientos

Por lo que, según la ecuación anterior, para comprimir este tiempo de ciclo es necesario la disminución en cada tipo de tiempo expuesto anteriormente.

- **Simplificar los procesos minimizando los pasos**

La complejidad de un producto o proceso puede llegar a incrementar los costos por la suma total de cada parte individual o por cada paso del proceso. Con ello, la viabilidad también llega a ser un problema, ya que, sistemas complejos son menos viables que aquellos que son simples.

La simplificación debe ser realizada por dos partes; uno, eliminando todas aquellas actividades que no aportan valor al proceso constructivo; y el segundo, reconfigurando pasos que sí aporten valor.

- **Incrementar la flexibilidad de las salidas**

En primera instancia, incrementar la flexibilidad parece contradictorio a la simplificación, sin embargo, muchas empresas han logrado cumplir con ambas simultáneamente. Uno de los elementos principales para lograrlo es realizar un diseño de procesos que se conecte con otros principios; especialmente, comprimir el tiempo de ciclo y transparencia.

- **Incrementar la transparencia en los procesos**

La falta de transparencia en los procesos reduce la visibilidad de los errores, disminuyendo la posibilidad de proponer los cambios necesarios para la mejora. Por lo que, hacer los procesos más transparentes facilita el control y con ello la mejora.

Estas acciones pueden ser adaptadas al sector de la construcción para incrementar la transparencia:

- Incorporar información del proceso en el área de trabajo, herramientas, materiales y sistemas de información.
- Utilizando controles visuales, como asignar una persona encargada de reconocer los errores para inmediatamente solventarlo.

- **Enfocarse en la cadena de valor del proyecto**

Hay al menos dos prerrequisitos para enfocarse en la cadena de valor de los procesos; uno, completar los procesos para que los resultados sean medidos, en cuanto, calidad, tiempo y costos.

Dos, debe haber un encargado que controle los procesos y vele por la cadena de valor de estos.

- **Mejoras continuas en los procesos**

El esfuerzo por reducir desperdicios e incrementar el valor es interno de cada organización, para esto hay varios métodos para la institucionalización de la mejora continua:

- Medir y monitorear la mejora.
- Asignar responsabilidad del mejoramiento de los procesos a todos los empleados de la empresa.
- Utilizar procedimientos estandarizados como una mejor práctica.

- **Benchmarking**

Los pasos básicos de Benchmarking se describen a continuación:

- a) Conocer el proceso, sus debilidades y fortalezas.
- b) Conocer la industria, líderes o competidores, entender y comparar las mejores prácticas.
- c) Incorporar en los procesos lo considerado como buenas prácticas, copiando y/o modificando lo que se considere necesario.

Estos principios aplican para el flujo total de los procesos, usualmente, la mejora continua implementada en los procesos se da desde el punto inicial, en el diseño. Y es posible evaluarlo con la comparación de los resultados entre el proceso actual y el anterior.

- **Tipos de desperdicios de Lean Construction**

Como se ha mencionado en reiteradas ocasiones, todo desperdicio en un proceso, de una u otra forma va a representar un costo. Y lamentablemente, se tiene una lista de ocho tipos de desperdicios en Lean Construction según Pascal, (2015):

Movimientos

Los movimientos innecesarios de los colaboradores se relacionan con la ergonomía en el lugar de trabajo. La productividad se ve afectada por caminatas innecesarias o movimiento que realizan al alcanzar algún objeto, lo que puede evitarse o disminuirse por un correcto diseño de sitio, colocar a un buen alcance todo lo requerido para realizar su trabajo.

Tiempos de Espera

Esto ocurre cuando los trabajadores deben esperar que el material sea entregado, o las herramientas para el personal no sean suficientes y deban esperar que un compañero desocupe la herramienta para realizar su trabajo, por ejemplo. Por esto es fundamental una correcta planificación donde se contemple los tiempos de duración de cada actividad y los tiempos de entrega de material.

Transporte de materiales

Causado por el movimiento innecesario de los materiales de proceso a proceso, si bien es cierto, es un movimiento necesario, pero debe ser minimizado a medida de lo posible.

Corrección de productos defectuosos

Como su nombre lo dice, este tipo de desperdicio se relaciona con incurrir a la reparación de algún producto. Lo cual compromete material, tiempo y energía; con ello también dinero.

Sobreprocesamiento

Hacer más de lo que el cliente requiere, aunque parece ser una buena acción no lo es, ya que el cliente se va a limitar a pagar por lo que solicitó, no más allá. Así que, los materiales y tiempo invertido realizando el trabajo adicional, va a representar una pérdida.

Inventario

Relacionado a mantener materia prima innecesaria, o al menos por el momento. Por ejemplo, en un proyecto constructivo, comprar los materiales requeridos para construir la obra en una sola adquisición, causará el deterioro de los materiales, además, una gran pérdida para el efectivo de la organización. Por esta razón, se debe realizar la planificación e ir comprando los materiales conforme se van necesitando, siempre buscando la manera de no generar tiempos de espera ni pérdidas por inventario.

Sobreproducción

Sobreproducción es hacer más de lo que se venderá o usar; por ejemplo, si para colar una placa se necesita 0,3 m³ de concreto y en sitio se hace 1 m³, el sobrante representa una pérdida de dinero, energía y tiempo.

Conocimiento

Ocurre cuando hay discrepancias dentro de la empresa, o entre la empresa y cliente o suplidores. Esto puede obstaculizar las ideas, creatividad e inclusive perder oportunidades.

Cuando la organización logra entender lo que el cliente desea, puede elaborar productos consistentes y brindarán mayor satisfacción.

Es importante conocer los tipos de desperdicios y cómo se pueden manifestar para actuar a tiempo y buscar la forma de prevenir o en el mejor de los casos, eliminarlos.

• Herramientas de Lean Construction

De acuerdo con, tecnología da referencia métodos y tecnologías que dan soporte a una implementación. Las tecnologías originales del Sistema de Producción de Toyota son Kanban planning System, Value Stream Maps, Just inTime System, entre otras.

Por consiguiente, enfocando al campo de interés, las herramientas en Lean Construction utilizadas actualmente según Hamzeh et al., (2021) son las siguientes:

○ Virtual Models (BIM)

Conforme la industria evoluciona surgen nuevas metodologías de la mano de la innovación y la digitalización de procesos. Los desarrollos de softwares de diseño asistido por computadora (CAD) y del Modelado de información de Construcción (*Building Information Modeling- BIM*) han permitido generar y gestionar los datos para poner en marcha las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción.

BIM supone una colaboración multiprofesional en la que varias áreas del conocimiento comparten los mismos conjuntos de datos; operan en una forma unificada para mejorar y agilizan el proceso de construcción (Cervantes & Delgado, 2023).

Con la implementación de esta herramienta es posible disminuir desperdicios de tipo defectos, sobreproducción e inventario. Previene los defectos porque permite una visualización de todas las disciplinas de manera que garantiza que no choquen entre ellas y que al momento de la ejecución no incurrir a un error que repararlo aumente los costos. En cuanto a la sobreproducción e inventario, la herramienta permite obtener la cuantificación de materiales necesarios para la ejecución de un proceso constructivo, por lo que se podría reducir en gran porcentaje las pérdidas del proyecto.

○ Last Planner System

Botero & Hoyos, (2017) afirman que la fase de programación es el vínculo entre la estructuración del trabajo y el control de la producción. Last Planner System (LPS) es una herramienta que propone un Sistema de planificación y control de la producción que busca maximizar el valor del proceso constructivo y disminuir la incertidumbre y variabilidad en el flujo de trabajo para alcanzar compromisos confiables y que alcancen la satisfacción por parte del cliente.

En pocas palabras, el término Last Planner da referencia a la cadena jerárquica de planificadores, donde el último planificador actúa en la fase de ejecución de las asignaciones, las cuales deben contar con características específicas de calidad, por ejemplo: definir vigorosamente la actividad, ser consecuente con la lógica interna del trabajo, designar adecuadamente la proporción de cuadrillas según la producción, y tener los recursos requeridos.

El LPS se encuentra integrado por tres eslabones: plan maestro o plan general, plan intermedio o *lookahead* y el plan semanal o a corto plazo.

○ Target Value Design

Target Costing es una práctica que fue utilizada en la industria de manufacturera de Japón, posteriormente, en el 2000 se intentó implementar esta práctica en la industria de la construcción; desafortunadamente, no tuvo éxito. El Target Value Design (TVD) es un enfoque de la gestión Lean que consiste en identificar lo que genera valor para el cliente y orientar los objetivos de equipos integrados a diseñar un producto según los requerimientos del cliente y las limitaciones del proyecto (costo, plazo, etc.) (Pacheco, 2015). Desde su inicio, TVD su implementación se ha hecho más común y aceptada en la industria, sobre todo, en Estados Unidos. Muchos investigadores, han reportado que al implementar esta metodología se han completado proyectos con un 15% a 20% por debajo del precio del mercado sin comprometer el cronograma ni calidad del proyecto.

la implementación de TVD reduce la incertidumbre sobre los fines y medios del proyecto, lo que a su vez reducirá la contingencia necesaria para absorber la variabilidad (Ballard et al., 2014).

○ 5S

(Medina, 2021) indica que la herramienta de 5S es un sistema de organización y estandarización en el lugar de trabajo. De manera que se minimice el desorden y garantizar el orden y limpieza en la zona de trabajo. Además, la aplicación de esta herramienta mejora la seguridad en el trabajo y pretende una mejora continua. También se reducen las pérdidas de tiempo, ya que, el tiempo que tarde en sus actividades disminuye, como también el riesgo de sufrir tropiezos producto del desorden del lugar de trabajo.

Las 5S provienen de cinco palabras en japonés utilizadas como herramientas de implementación Lean, donde el significado de cada una es el siguiente:

- a. *Seiri*= eliminación de lo innecesario.
- b. *Seiton*= Orden
- c. *Seiso*= Limpieza e inspección.
- d. *Seiketsu*= Estandarización
- e. *Shitsuke*= Disciplina.

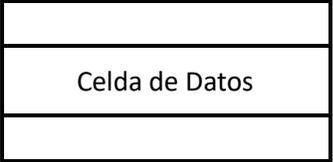
○ Value Stream Mapping (VSM)

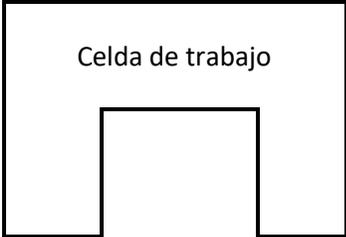
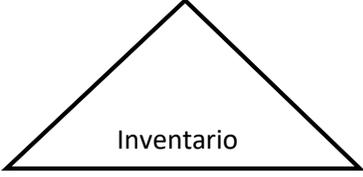
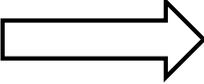
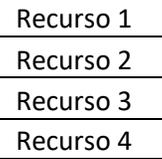
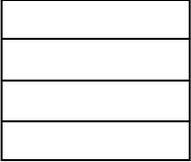
Según Villanueva et al., (2020) esta herramienta consiste en la creación de mapas que representan el procedimiento de las actividades y flujos de información necesarios para obtener un producto en su etapa final, lo cual nos ayuda a obtener un diagnóstico del estado actual de los procesos, detectar falencias, lo cual ayuda a proponer mejoras en los procesos para eliminar las pérdidas productivas del proyecto. Una vez analizada las propuestas de mejora se procederá a realizar un mapa de estado futuro obteniendo un mayor rendimiento en el ciclo de producción, lo cual puede ser útil para la planeación estratégica y la gestión del cambio, VSM se fundamenta en las siguientes etapas:

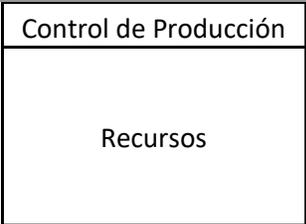
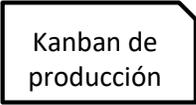
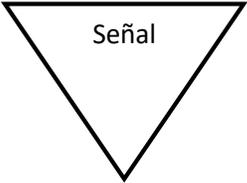
- a. Elección de actividades con procesos constructivos.
- b. Mapa del estado actual referente al flujo de materiales y de la información rescatada del cliente.
- c. Elaboración e implementación de un plan de trabajo para obtener lo que sería el estado futuro con mejoras que resalten en el ciclo de producción de la actividad.

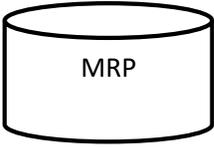
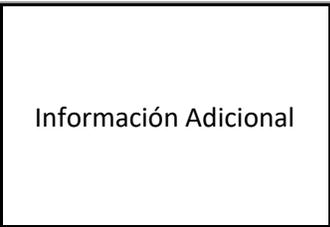
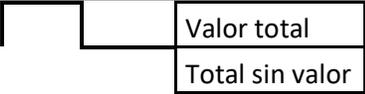
Por consiguiente, en esta herramienta es importante considerar que existe un conjunto de símbolos comunes usados en los mapas de flujo de valor. No obstante, los símbolos no están estandarizados, por lo que, también es posible modificar o crear símbolos adaptados a las necesidades de la organización. Siempre y cuando el equipo comprenda estos símbolos, la herramienta será efectiva. Algunos de los símbolos más comunes en la elaboración de los mapas de flujo de valor, se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Iconos y símbolos de mapas de flujo de valor.

Tipo de Símbolo	Símbolo	Nombre	Descripción
Procesos	 <p>Cliente/Proveedor</p>	Cliente/ Proveedor	Si se ubica en la esquina superior izquierda de un mapa de flujo de valor este ícono representa al proveedor. Si se ubica en la esquina superior derecha, representa al cliente.
Procesos	 <p>Proceso</p>	Flujo de proceso específico	Este ícono representa un único departamento, operación de proceso o equipo con un flujo de material interno, fijo y continuo.
Procesos	 <p>Proceso Compartido</p> <p>Recursos</p>	Proceso compartido	Este ícono indica un proceso, departamento, operación o centro de trabajo que es compartido por otros mapas de flujo de valor.
Procesos	 <p>Celda de Datos</p>	Caja de datos	La caja de datos se ubica debajo de otros íconos que necesitan datos para analizar el sistema.

Procesos		Celda de trabajo	Usa este ícono para mostrar que múltiples procesos están integrados en una celda de trabajo de manufactura.
Materiales		Inventario	El inventario entre dos procesos se representa con estos íconos. Si necesitas incluir un recuento de inventario, agrégalo debajo del ícono en forma de triángulo. Este símbolo también se puede utilizar para representar el inventario almacenado.
Materiales		Envíos	Este símbolo indica los materiales procedentes de proveedores o los productos terminados que se dirigen de la fábrica a los clientes.
Materiales		Fecha de empuje	Este ícono indica el material que se traslada de un proceso al siguiente.
Materiales		Supermercado	Este ícono representa un punto de stock de Kanban donde los clientes de la etapa posterior pueden obtener el inventario que necesitan mientras el proveedor de la etapa anterior realiza la reposición.
Materiales		Retirada de materiales	Este símbolo de retirada representa la eliminación física del inventario almacenado de los supermercados.
Materiales		Carril FIFO	Este ícono indica un sistema de primero en entrar, primero en salir (FIFO), que limita la entrada del inventario. La capacidad máxima del inventario se puede detallar debajo del carril.
Materiales		Stock de seguridad	En vez de almacenamiento permanente, este ícono indica el stock de seguridad temporario para evitar problemas en caso de errores del sistema u otros inconvenientes.
Materiales		Envío externo	El ícono de camión indica el envío externo hacia los clientes o desde los proveedores.

Información		Control de producción	Este simple símbolo de caja representa un departamento de control o planificación de producción centralizada.
Información		Información manual	El flujo de información manual de memos, informes o conversaciones. Indica el tipo de información cuando es necesario.
Información		Información electrónica	El flujo de información digital, como Internet, Intranet, intercambio electrónico de datos, etc. La frecuencia, el tipo de datos y los elementos multimedia utilizados pueden ser todos registrados.
Información		Kanban de producción	Indica la producción necesaria para suministrar las piezas a un proceso posterior.
Información		Kanban retirada	Este símbolo brinda instrucciones a un operador o al encargado de administrar los materiales para trasladar piezas desde una distribuidora a un proceso
Información		Kanban de señalización	Este símbolo de Kanban se usa cuando los niveles de inventario de una distribuidora caen al mínimo, e indica la producción de un número específico de piezas.
Información		Ubicación de Kanban	Este ícono indica una ubicación para la recolección de símbolos de Kanban, que generalmente se encuentran cerca de una distribuidora. En un sistema de dos tarjetas se puede usar para intercambiar el Kanban de producción y de retirada.
Información		Retirada secuencial	Este proceso de retirada elimina la necesidad de la distribuidora de almacenar el inventario entre procesos mediante el envío de instrucciones a un proceso de subensamblaje para que rápidamente produzca un pedido de cliente específico.

Información	OXOX	Nivelación de carga	Una herramienta que agrupa los Kanban con el fin de nivelar la variedad y el volumen de producción.
Información		Planificación de requerimientos material (MRP)/Planificación de recursos empresariales (ERP)	Realiza la planificación mediante un sistema de control del inventario, como la planificación de requerimientos de material (MRP).
Información		Observación	Cuando la información se recolecta por medio de la observación.
Información		Información Verbal	Esto representa el flujo de información que se transmite verbalmente.
Generales		Estallido Kaizen	Este ícono destaca y resalta las áreas problemáticas. Identifica los procesos fundamentales para el desarrollo de un mapa exitoso del estado futuro.
Generales		Operario	Este ícono se usa para mostrar cuántos operadores se necesitan para procesar los mapas VSM de una estación de trabajo concreta.
Generales		Información Adicional	Otra información útil.
Generales		Línea de tiempo	En un mapa de flujo de valor, la línea de tiempo se ubica al final y muestra los tiempos de espera y de procesamiento. Se puede usar para calcular el plazo de entrega y la duración total del ciclo.
Generales		Kanban por lotes	Este ícono representa las tarjetas Kanban que se reciben o envían por lotes.

Generales		Problema de calidad	Se puede indicar un problema de calidad en cualquier punto de la cadena VSM.
Generales		Solución/Mejoras	El símbolo de nube se usa para destacar sugerencias, soluciones o ideas propuestas.

Nota: Lucidchart. (2023). *Iconos y símbolos de mapas de flujo de valor.* <https://www.lucidchart.com/pages/es/iconos-y-simbolos-de-mapas-de-flujo-de-valor>. Copyright.

o Value Management Plan

Es una combinación de herramientas de planeación y métodos para encontrar el balance óptimo de los beneficios del proyecto en relación a los costos y riesgos que se pueden presentar en ejecución. Lo cual permite incrementar la probabilidad de obtener beneficios.

Es fundamental que el encargado del proyecto, tenga el conocimiento de cómo evaluar y analizar críticamente todas las tareas, actividades y procesos involucrados en el proyecto para determinar si hay alternativas o soluciones de mayor valor disponibles y aplicar las decisiones correctas. La idea principal aquí es minimizar el número de procesos innecesarios y evitar la ineficiencia en aspectos específicos de la implementación del proyecto (Linman, 2010).

Buenas prácticas para la aplicación de Lean Construction

Lean Construction al tratarse de una Filosofía en constante evolución, a lo largo de los años ha habido gran cantidad de profesionales que han implementado la filosofía mediante diferentes técnicas, así logrando crear un respaldo de las acciones funcionales de acuerdo a los ideales de Lean Construction, como los que no. A continuación, se presentan algunas de buenas prácticas para la aplicación de esta filosofía:

- **Diseño de procesos constructivos**

Según Carro & González, (2012) el objetivo del diseño de procesos es encontrar una manera de obtener un producto que cumpla con todos los requerimientos del consumidor, las especificaciones del caso y que se encuentre dentro del costo y otras restricciones administrativas.

Problemas de calidad se pueden presentar en cualquiera de las fases de la construcción, sin embargo, se ha demostrado que la principal fuente de los problemas de calidad se encuentra en el diseño del proceso. De aquí la importancia de diseñar los procesos constructivos, porque de esta manera es posible optimizar los procesos y disminuir los desperdicios a medida de lo posible. En cuanto a costos, se ha comprobado que las pérdidas que se obtienen a raíz de un mal diseño o ausencia de este son mayores al costo del diseño mismo. Entonces, a pesar de que realizar este diseño representa un costo, se gana más incurriendo al costo que ahorrando el mismo. Y para esto es fundamental tener presente que todo proceso tendrá un efecto a largo plazo sobre la eficiencia, producción, costo y calidad de lo que produce la empresa.

- **Reunión diaria de equipo**

Realizar una reunión diaria permite que el equipo comparta las actividades en las que ha estado trabajando, como también expresar cualquier obstáculo que no permita concluir alguna actividad, para llegar a una decisión que colabore en solventar dicho problema. Además, estas reuniones también permiten que todos los trabajadores se sientan parte del proceso, lo cual, puede ayudar a incrementar la productividad del equipo, ya que de cierta forma están motivados; como también facilita la comunicación entre el líder y el equipo (Medina, 2021).

- **Estandarizar procesos**

En el sector de la construcción hay muchos procesos que dependen de las características del proyecto ejecutado, pero hay otros que se necesitan en todos los proyectos. Son estos procesos que deben ser estandarizados, ya que, de esta forma se garantiza la calidad de este, además, que se puede ahorrar costos en tiempo y materiales. Y de cierta forma, se pueden prevenir errores.

- **Reportes semanales**

Estos reportes son efectivos para el control de operativo del proyecto, donde deben ser definidas las causas de atraso e incumplimiento, actividades programadas para la semana, acciones correctivas para la semana, el porcentaje de cumplimiento, restricciones relevantes y estado de cronograma. Además, permiten que los ejecutivos se encuentren enterados de lo que sucede en campo, para que, en determinada situación, tengan un margen para actuar a tiempo.

Antecedentes de aplicación de la Filosofía Lean Construction

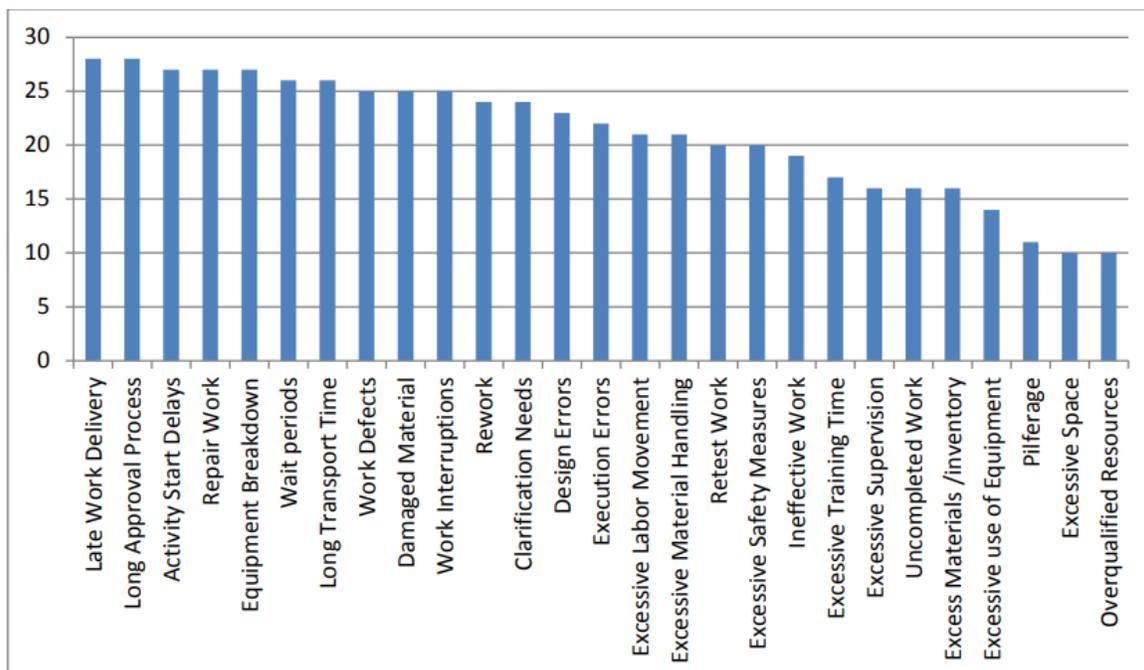
A pesar, de que la Filosofía Lean Construction es considerada como una metodología muy innovadora, como ya se ha demostrado desde su origen, este concepto ya tiene varios años en la industria, por lo que, a continuación, se presentarán los resultados de la aplicación de esta filosofía en diferentes lugares del mundo:

- **Abu Dabi**

Al-Aomar, (2012) se tomó la tarea de realizar un estudio donde analiza las prácticas de Lean Construction implementadas en la industria de construcción de Abu Dabi, específicamente en edificaciones residenciales y comerciales. Aomar encuestó varias empresas constructoras en la zona con el fin de identificar tipos de desperdicios, causas e impactos de estos y revisar la familiaridad de la industria con las técnicas Lean. No obstante, hubo varias de estas empresas que se resistieron a ser parte del estudio por falta de interés en el concepto de Lean Construction y miedo a compartir información de los tipos de desperdicios que encuentren en sus proyectos.

La encuesta identificó 27 tipos de desperdicios en la industria de construcción de Abu Dhabi, los cuales se presentan en el siguiente diagrama de Pareto:

Figura 4. Diagrama de Pareto de los 27 desperdicios en construcción.

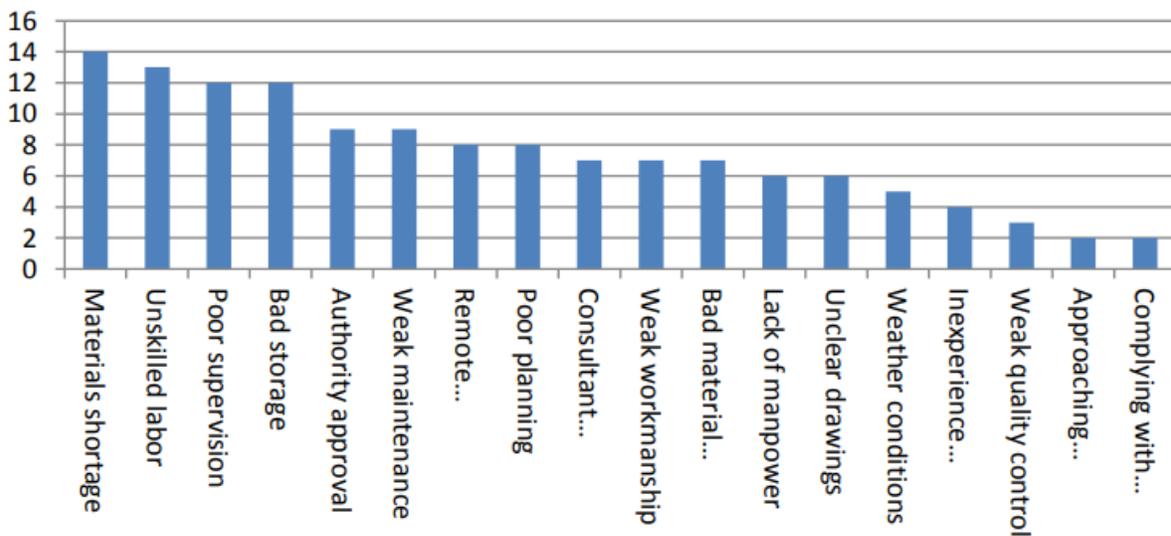


Nota. [Diagrama], por Raid Al-Aomar, 2012, pp 5, Construction Journal.

En la figura 1, donde el eje X representa los tipos de desperdicio y en el eje Y se representa el porcentaje acumulado de la frecuencia con la que repite cada desperdicio en las diferentes empresas constructoras encuestadas, se observa que los principales desperdicios que presenta la industria de Abu Dhabi son: entrega tarde de trabajos, largas duraciones para aprobar los procesos, demoras, reparaciones de trabajos, equipo dañado, períodos de espera, entre otros.

A partir de los desperdicios expuestos anteriormente, se reportaron varias causas para los desperdicios por los administradores de proyectos que se presentan a continuación:

Figura 5. Diagrama de Pareto para las causas de los desperdicios en construcción.



Nota. [Diagrama], por Raid Al-Aomar, 2012, pp 8, Construction Journal.

En la figura 5, es posible observar las principales causas de los desperdicios, comprendiendo así, el eje X donde se colocan todas las causas reportadas y el eje Y el porcentaje de la frecuencia con la que estas causas ocurrían.

Aomar clasificó las principales causas de desperdicio de acuerdo con el top 10 de los desperdicios identificados de la siguiente manera:

Tabla 2. Principales causas del top 10 de desperdicios en construcción.

Top 10 Tipos de desperdicio	Principal Causa
Entrega tarde de trabajos	Falta de autoridad
Largas duraciones para aprobar los procesos	Solicitud de aprobación
Demoras al iniciar actividades	Demora en la entrega de materiales y equipo
Reparaciones	Mala ejecución
Equipo Dañado	Falta de mantenimiento al equipo

Tiempos de espera	Espera por la aprobación o permiso de una autoridad
Largos tiempos de transporte	Largas distancias a sitio
Defectos	Supervisión ineficiente
Material dañado	Método de almacenamiento
Interrupciones	Condiciones de clima

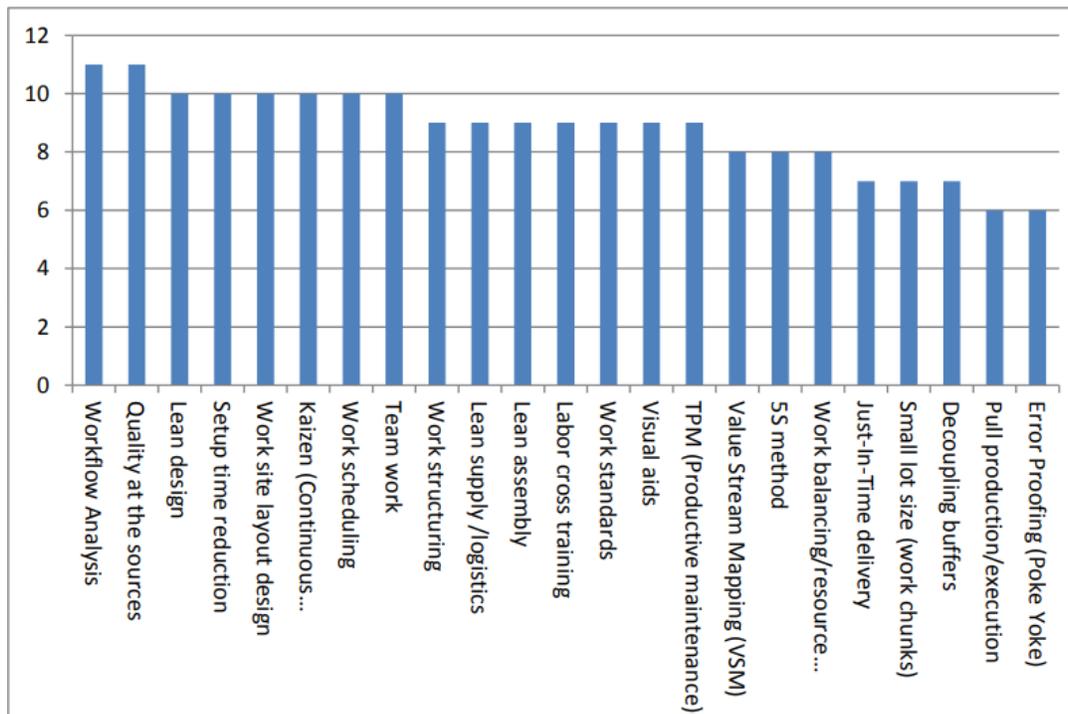
Nota: Al-Aomar, R. (2012). Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. In *Lean Construction Journal* (Vol. 2012), pp 112-113. Copyright.

Después de identificar los mayores desperdicios con sus principales causas, es fundamental conocer la familiaridad de las empresas constructoras con la Filosofía Lean. Donde algunas expresan su desconocimiento al respecto, pero, por otro lado, otras afirman que la conocen y aplican sus técnicas y obtienen los siguientes beneficios:

- Flujo de trabajo deseable sin desperdicios.
- Mejoras de costos, calidad y tiempo en el proyecto.
- Eliminación de actividades que no aportan valor y reducen los desperdicios de los procesos constructivos.
- Logran excelente rendimiento y calidad en sus trabajos.
- Entregan los proyectos a tiempo, y en algunos casos antes de la fecha de entrega.
- Incrementan las ganancias.
- Ventaja competitiva.
- Mejor trabajo en equipo y en la seguridad laboral.
- Mayor satisfacción del cliente.

También, se identificaron las 23 principales técnicas Lean que se implementa en esta región, las cuales se presentan en el siguiente diagrama de Pareto:

Figura 6. Diagrama de Pareto de las técnicas Lean implementadas.



Nota. [Diagrama], por Raid Al-Aomar, 2012, pp 10, Construction Journal.

En el diagrama mostrado en la figura 6, se tiene en el eje X las diferentes técnicas Lean implementadas y en el eje Y, el porcentaje de la frecuencia con la que estas se aplicaron en las diferentes organizaciones. Este análisis demostró que las empresas se encuentran familiarizadas con la filosofía, y una vez familiarizada con el concepto, las empresas se vieron con la necesidad de adoptar técnicas Lean en todos sus proyectos. Donde señalan que las técnicas más necesarias son las siguientes:

- Value Stream Mapping (VSM)
- Just inTime (JIT)
- 5S
- Procedimientos estandarizados
- Calidad en los recursos
- Ayudas visuales
- Trabajo en Equipo
- Diseño Lean
- Trabajar con lotes pequeños
- Planear viendo hacia adelante

Sin embargo, los principales obstáculos reportados para la implementación de Lean Construction son los siguientes:

- Falta de consciencia Lean de parte de los trabajadores y alta gerencia.
- Altos costos de capacitaciones Lean.
- Falta de especialistas en Lean.
- Crisis financiera.
- Temor de fallar en la implementación.
- Falta de trabajadores con habilidades y dificultad al educarlos.
- La administración considera que la iniciativa Lean representa un costo.
- Resistencia al cambio por parte de los trabajadores.
- Barrera multi-cultural e idioma.

Como fue posible observar, en el estudio realizado por Aomar, la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción de Abu Dabi, representa cambios, retos e inversión por parte de las empresas, sin embargo, también hay testimonio de parte de las empresas que han logrado implementarlo y ya tienen un sistema sólido en cuanto al pensamiento Lean, pero no se pueden negar los beneficios que se obtienen a partir de la implementación de esta filosofía.

• Reino Unido

En Reino Unido, la conservación ambiental ha ganado mucha importancia en la industria de la construcción, pero en vista que mejorar el rendimiento ambiental representa costos extra y reduce las ganancias, no lo hace muy factible para la industria. Sin embargo, es importante destacar que, hay varias áreas donde se encuentra vinculación entre Lean Construction y la sostenibilidad. Por ejemplo, la reducción de desperdicios es un objetivo mutuo; como también, la maximización de valor agregado y seguridad. Es decir, generalmente las personas creen que conservar el ambiente va a incrementar costos, sin embargo, si se logra relacionar efectivamente los principios de la Filosofía con la conservación ambiental; se logrará ser amigable con el ambiente sin sacrificar los costos del proyecto.

Ogunbiyi et al., (2014) realizaron un estudio, donde los principales objetivos fueron: explorar los beneficios de la implementación de las técnicas de Lean Construction, identificar las áreas de relación entre Lean y sostenibilidad e investigar cómo afecta a la construcción sostenible.

Los autores implementaron un cuestionario donde la principal parte constaba de una lista de los beneficios sincronizados con Lean Construction y sostenibilidad, indicando el nivel de uso de los principios Lean.

El perfil de las respuestas va desde empresas que tienen hasta quince años de experiencia en la industria.

Las empresas realizaron un ranking de las herramientas Lean que aportan a la sostenibilidad, donde los resultados se muestran a continuación:

Tabla 3. Ranking de las herramientas Lean que aportan a la sostenibilidad.

Ranking	Herramientas Lean que aportan a la sostenibilidad
1	Just inTime
2	Herramientas de visualización
3	Reuniones diarias
4	Análisis de Valor
5	Value Stream mapping
6	Gestión de calidad total
7	A prueba de fallas por calidad
8	5S
9	Mantenimiento preventivo
10	Estudios de primera ejecución
11	Last Planner
12	Ingeniería concurrente
13	Enfoque Pull
14	Kanban
15	Six Sigma

Nota: Ogunbiyi, O., Oladapo, A., & Goulding, J. (2014). An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. In *Construction Innovation* (Vol. 14, Issue 1, pp. 88–107). Copyright.

Con la implementación de las herramientas antes expuestas, se obtienen beneficios, tanto para la empresa como para el medio ambiente, haciendo que la industria de la construcción la cual ha sido una de las que más impacto ambiental provocan, disminuyan su huella ecológica. Los beneficios de Lean Construction que también resultan en beneficios para la sostenibilidad se muestran a continuación:

- Mejora de imagen corporativa.
- Mejora en la innovación sostenible.
- Incremento en la ventaja competitiva sostenible.
- Reducción de tiempo y costo.
- Mejora el flujo del proceso.
- Superar las expectativas del consumidor.
- Mejora en la calidad ambiental.
- Aumenta el compromiso del empleado.
- Reducción de uso de material.
- Reducción de consumo de energía.
- Reducción de desechos.
- Reducción en el uso de agua.
- Incremento en la productividad.
- Mejor salud y seguridad en los trabajadores.

Lean Construction afecta los tres aspectos de la construcción sostenible; social, económica y ambiental. A través de las herramientas y técnicas de Lean Construction, se reducen desperdicios de manera que agrega valor a los productos e incrementa la productividad, aportando al aspecto económico y ambiental. También, mejora la salud y seguridad, lo cual es un beneficio social.

El enfoque que le han dado a la implementación de Lean Construction en Reino Unido es una manera muy admirable, porque si bien es cierto, Lean aporta a la sostenibilidad, pero generalmente, este aporte es realizado indirectamente, no como una prioridad en la industria de la construcción. Así que, este planteamiento en la aplicación, provoca que Lean Construction deje de ser una “simple opción” para las organizaciones, sino que sea una necesidad, tanto para la industria como para sociedad, he ahí la importancia de la implementación de esta filosofía.

Capítulo 2: Metodología

En este capítulo se desarrolla el marco metodológico, donde se encontrará una descripción detallada de los métodos, procedimientos y criterios a emplear durante la investigación; como la descripción de las técnicas de recolección de datos y cómo serán analizados los mismos. Esto con el fin de definir la estructura y enfoque a utilizar en el proyecto. Sin embargo, es importante recalcar, que toda esta metodología varía según el tipo de investigación que se realizará, el cual será explicado y debidamente justificado.

Por esta razón, el marco metodológico es fundamental, porque proporciona la base para llevar a cabo el trabajo de investigación de forma adecuada, mejorando la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos.

Tipo de Investigación

En primera instancia, el tipo de investigación que corresponde en este caso es cualitativo, porque, para que la investigación que dará fruto a la implementación de la Filosofía Lean sea exitosa, es necesario realizar un arduo estudio a la teoría, para que de esta manera sea posible proceder con una correcta elección de métodos a partir del reconocimiento y análisis de perspectivas diferentes que colaboren en indagar y adquirir el conocimiento, enfoques y métodos requeridos para llevar a cabo este proyecto (Flick, 2012).

Además, los tipos de investigación cualitativa que se utilizarán en este caso son los siguientes:

Investigación-acción

Es una forma de búsqueda auto reflexiva para perfeccionar la lógica y comprensión de las prácticas del tema en estudio (Guerrero, 2016). Por lo tanto, al adquirir los conocimientos requeridos para una mejor comprensión del tema en cuestión, da lugar a mejores resultados, esto porque ayuda a establecer una base sólida de la teoría, y de esta manera, ser aplicado en la práctica, como lo es en este caso; la implementación de Lean Construction; con una mejor comprensión de la teoría, hace que la ejecución de esta sea mucho más efectiva.

Investigación exploratoria

Este tipo de investigación es realizada cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, también, cuando surge un nuevo fenómeno que, por su novedad, aún no admite una descripción sistemática (Zafra, 2006).

La filosofía Lean Construction, es una ideología que, si bien es cierto, a lo largo de los años ha tomado fuerza; no obstante, es un concepto que aún no ha sido posible consolidar en la industria de la construcción, sobre todo, porque es una industria con muchos años de ejercer, por lo tanto, suele ser muy tradicional, y para implementar dicha filosofía es necesario estar dispuesto a cambios, porque de una u otra manera se van a presentar. Es por esta razón, que se considera que el tema es novedoso en la industria, y requiere una investigación exploratoria.

Categorías

A continuación se describen las categorías que tienen relación directa con el problema de investigación y los objetivos planteado:

Filosofía Lean

Corresponde a una ideología que se fundamenta en producir más con menos recursos; de manera que, agrega valor a los productos, disminuye las pérdidas y mejora la confiabilidad del flujo de trabajo (Botero & Hoyos, 2017).

Lean Construction

A partir de la filosofía Lean definida anteriormente, fueron establecidas las bases para adaptar dicha filosofía de producción Lean al sector de la construcción, dando origen a Lean Construction, la cual se enfoca en dos aspectos que la distinguen de la construcción tradicional; el desperdicio y eliminación de pérdidas y la gestión de los flujos de procesos y el objetivo principal es optimizar los procesos, minimizando los tiempos de espera, inspección y movimientos para incrementar el valor en los productos finales (Botero & Hoyos, 2017).

Buenas prácticas en LEAN

Tal y como lo dice su nombre, las buenas prácticas en esta filosofía colaboran en la implementación de esta, de manera que, orienta al profesional para fortalecer las siguientes subcategorías:

Planificación

La planificación es una herramienta fundamental para la toma de decisiones, donde se crean y definen estrategias para lograr objetivos, y de esta manera, asegurar el éxito de cualquier proyecto de construcción, ya sea grande o pequeño. Esta implica la organización y coordinación de recursos, actividades y plazos para lograr la finalización del proyecto de manera eficiente, dentro del presupuesto y en cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad (Mora-Chavarría et al., 2021).

Control operativo

En construcción, una operación se refiere a toda actividad de trabajo de colocación o instalación de un elemento de construcción, por lo que, el control operativo gestiona y supervisa estas actividades, procesos y recursos en el proyecto garantizando el cumplimiento de los objetivos de manera eficiente, segura y de alta calidad. Este proceso permite mantener el proyecto en curso y abordar cualquier problema o desviación que pueda surgir durante la ejecución (Mora-Chavarría et al., 2021).

Implementación de la Filosofía Lean

La implementación de la filosofía Lean es una forma de estandarizar este proceso en la empresa, además, garantiza que quienes deban implementarlo en la organización lo hagan de manera correcta y efectiva para la empresa, contribuyendo de manera práctica y técnica en la ejecución de los proyectos constructivos que desempeña la organización, puesto que, se establecería una metodología que aplique los principios de Lean Construction, beneficiando así, la utilidad de los proyectos, el efectivo de la organización y sobre todo se obtendría una mayor satisfacción por parte del cliente.

Procesos constructivos

Son el conjunto de pasos o fases necesarias para erigir un proyecto de construcción en un tiempo establecido. Todo proceso constructivo plantea unos pasos comunes que deben considerarse y ejecutarse a la hora de materializar la obra. Conocer el proceso constructivo, así como también entender cada una de sus fases, permite que la toma de decisiones durante la construcción de la obra sea lo más informada y acertada posible, desde el punto de partida hasta el momento de su finalización (Rojas, 2023).

Sujetos de Información

La población en estudio se basa principalmente en los colaboradores del Departamento de Ingeniería de la organización de IDECO a quienes se les realizó un censo con el fin de conocer las prácticas empleadas actualmente y a partir de ello, seleccionar las buenas prácticas y sugerir otras acciones que podrían ayudar en la implementación de la Filosofía Lean Construction. Por lo que se espera, que no haya resistencia de

parte de los empleados ni la alta dirección de la organización a los cambios que se puedan presentar en la ejecución de los proyectos a cargo de la empresa.

Tabla 4. Sujetos de información según su rol en el proyecto.

Sujeto de información	Rol en el proyecto	Información por generar
Pablo Tames Orozco	Gerente de Ingeniería	Estrategia Recursos
Paulo Núñez	Ingeniero Residente	Cronograma Identificación de desperdicios Planificación Procesos constructivos críticos
Gabriel Chaves Flores	Ingeniero Residente	Cronograma Identificación de desperdicios Planificación Procesos constructivos críticos
Daphne Zamora Varela	Ingeniero Residente	Cronograma Identificación de desperdicios Planificación Procesos constructivos críticos
Alejandra Dobles	Ingeniero Residente	Cronograma Identificación de desperdicios Planificación Procesos constructivos críticos
Bryan Villalobos	Ingeniero Residente	Cronograma Identificación de desperdicios Planificación Procesos constructivos críticos
Josue Vargas	Ingeniero Residente	Cronograma Identificación de desperdicios Planificación Procesos constructivos críticos

Nota: Los ingenieros residentes citados anteriormente, son ingenieros de diferentes proyectos, para poder identificar de manera efectivas los procesos constructivos de la empresa.

Fuentes de Información

Según Cabrera en su escrito Introducción a las **fuentes de información**, las fuentes primarias corresponden a aquellas que contienen información original, que no han sido procesadas de ninguna manera (Cabrera, 2010). Así que, de acuerdo con la definición anterior, las fuentes primarias que se utilizarán en este proyecto son las siguientes:

- Información de la empresa
- Sistema de Gestión de la organización
- Comunicaciones personales por medio de mensajes, correo electrónico y conversaciones

Por otro lado, **las fuentes de información secundarias** son aquella compuestas por un análisis documental de otros autores, además, el autor hace referencia de estos (Cabrera, 2010).

- Publicaciones académicas (tesis, artículos científicos, entre otros.)
- Revistas
- Libros

Técnicas e instrumentos de recolección de datos e información

El proceso de recolección de datos resulta fundamental en una investigación, lo cual brinda validez y confiabilidad a los resultados. No obstante, para llevar a cabo dicho proceso es necesario apoyarse de técnicas e instrumentos de recolección de datos e información que se describirán a continuación:

Técnicas para recolección de datos e información

Las técnicas de recolección de datos son herramientas funcionales para recopilar información de diferentes fuentes, para posteriormente, ser evaluada y a partir de ello, tomar una decisión de acorde con lo investigado (Machuca, 2022). Según lo anterior, para este proyecto las técnicas de información consideradas adecuadas son las siguientes:

Entrevistas

Se dice que la entrevista es una de las herramientas para la recolección de datos más utilizados en la investigación cualitativa, ya que permite la obtención de datos o información del sujeto en estudio mediante la interacción oral con el investigador (Troncoso & Amaya, 2017). Esta interacción que mencionan los autores Troncoso y Amaya hace que la entrevista sea un medio más abierto y personal, por lo que, es posible ampliar el tema, de manera que, se puede obtener más información al respecto, como forma de fortalecer y confirmar los datos recolectados mediante la encuesta. Además, es importante recalcar que las entrevistas irán dirigidas tanto para la alta dirección de la organización, como para los ingenieros que se encuentren en campo. Con el fin de conocer la conceptualización de la empresa con la filosofía, tanto en campo como en oficina.

Las preguntas de la entrevista fueron las siguientes:

1. *¿Cuál es la definición de Lean Construction desde la perspectiva de su empresa y cuáles son los principios clave en los que se basan?*
2. *¿Cuáles son los beneficios clave que esperan al aplicar Lean Construction en sus proyectos?*
3. *¿Cómo gestionan el flujo de trabajo y reducen los desperdicios en sus proyectos? ¿Puede proporcionar ejemplos de cómo han optimizado procesos?*

Observación en campo

Esta técnica consiste en utilizar la capacidad del ser humano para analizar su entorno y el de otras personas, sin embargo, los resultados pueden estar condicionados por la interpretación de la persona que observa (Machuca, 2022). El sitio donde se planea implementar esta técnica de recolección de datos es en campo, específicamente en el proyecto constructivo, por lo que, puede resultar muy útil, ya que, una vez estando en campo, es posible observar las buenas prácticas empleadas, como las que pueden ser mejoradas.

En la tala 5 se presenta la guía utilizada para realizar la observación en campo para la implementación de la metodología de las 5S, herramienta fundamentada en la Filosofía Lean Construcción.

Tabla 5. Guía para observación en campo para 5S.

LISTA DE CHEQUEO INSPECCIÓN 5S				
	Fecha:			
	Hora:			
	Proyecto:			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CUMPLE		
		SI	NO	N/A
SEISO (CLASIFICACIÓN)				
1	Los pasillos se encuentran libres de obstáculos			
2	No se mantienen materiales innecesarios			
3	No se mantienen equipos o herramientas dañadas en el lugar de trabajo			
4	Se tiene identificados los lugares de almacenamiento			
5	Los desechos se encuentran organizados y delimitados o en el lugar de acopio temporal			
6	Los almacenamientos de los agregados no obstruyen el paso del personal			
7	Se ven partes o materiales en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado			
8	Existen materiales desordenados que pueden poner en riesgo la seguridad de algún colaborador			
9	Alrededor de zonas como la batidora, colocación de piso hay material acomodado que no se encuentre en orden y limpieza			
10	Los equipos de alquiler que no están en uso y no requieren un pronto uso son devueltos al proveedor			
SEITON (ORDEN)				
11	Las áreas de almacenamiento temporal están debidamente identificadas			
12	Se encuentra definido un lugar para cada herramienta o equipo			
13	Los almacenamientos de suministros se encuentran en un lugar específico y son de fácil acceso			
14	Los utensilios de trabajo son fácilmente encontrados			
15	Los contenedores de basura están en el lugar designado para éstos			
16	Los andamio o equipos se encuentran en un solo lugar y está identificado			
SEISO (LIMPIEZA)				
17	Se considera un plan de limpieza, donde los colaboradores deben saber que deben dejar los lugares limpios			
18	Los pisos se encuentran limpios de residuos			
19	No hay restos de alimentos en las áreas de trabajo			

20	Los equipos de limpieza están organizados y de fácil acceso			
SEIKETSU (ESTANDARIZACIÓN)				
21	Todos los sitios de almacenamiento (estanterías, cajones) encuentran identificados			
22	Se evidencia sostenibilidad de las 3 primeras S			
23	Se evidencia mejora continua del área de trabajo en comparación a la evaluación anterior			
SHISUKE (DISCIPLINA)				
24	Se recibió la información de la evaluación anterior			
25	Se han realizado las auditorías semanales			
OBSERVACIONES				

Por consiguiente, en base a la herramienta Value Stream Mappig, para lograr implementarla efectivamente es requerido tener una base de datos que se adquiere en campo, por lo que, se elabora la siguiente guía. Donde el tiempo de monitoreo, como su nombre lo dice, corresponde a todo el tiempo que fue monitoreado cada proceso; tiempo preparativo, es la duración del equipo de trabajo para prepararse previo al proceso en cuestión; tiempo de esperas es todo el tiempo desperdicio en esperas; tiempo total del proceso, es la duración total en terminar un proceso. Por último, el producto producido y el recurso humano invertido en ese tiempo y proceso.

A partir de esos datos se aplican las siguientes fórmulas para obtener los datos relevantes en cuanto a la productividad de la cuadrilla:

$$R = \frac{\text{Productos producidos}}{\text{Horas hombre}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\%TP = \frac{\text{Tiempo en trabajos preparativos}}{\text{Duración total de la actividad}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\%TE = \left(1 - \frac{\text{Tiempos muertos}}{\text{Tiempo monitoreo}} - TP \right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

R= Rendimiento

%TP= Porcentaje tiempo preparativo

%TE= Porcentaje tiempo efectivo

Tabla 6. Guía para recolección de datos para herramienta VSM.

INSPECCIÓN RECOLECCIÓN DE DATOS									
Fecha:									
Proyecto:									
Actividad:									
Proceso	Tiempo Monitoreo	Tiempo preparativo	Tiempo de Esperas	Tiempo total del proceso	Producto producido	Recurso humano	Rendimiento	%TP	%TE
Proceso 1									
Proceso 2									
Proceso 3									
Proceso 4									
Proceso 5									
Proceso 6									
Proceso 7									
Proceso 8									
Proceso 9									
Proceso 10									
Observaciones									

Revisión Documental

Esta técnica consiste en realizar una investigación y recopilar información mediante la revisión y análisis de diferentes fuentes documentales (Machuca, 2022). En esta técnica es sumamente importante y necesario que las fuentes consultadas provengan de autores confiables, ya que esto le dará mayor credibilidad a la investigación realizada.

Instrumentos para recolección de datos e información

Encuestas

Este instrumento consiste en la aplicación de un cuestionario a una población, con la finalidad de tener un registro de sus opiniones acerca del tema en estudio (Machuca, 2022). De esta manera, será posible evaluar el conocimiento y comprensión actual de la filosofía LEAN en los empleados de la organización. Por lo tanto, la encuesta irá dirigida a los colaboradores del departamento de ingeniería, y por ende, al gerente del mismo.

Será aplicada mediante herramientas tecnológicas que permitan la elaboración de la encuesta de manera virtual, puesto que, mucho del personal del Departamento de Ingeniería de IDECO se encuentran en campo, en diferentes lugares del país donde la organización se encuentra ejecutando proyectos constructivos, así que, este tipo de herramienta facilita el proceso de recolección de datos.

Tabla 7. Encuesta realizada a empleados de IDECO.

<ol style="list-style-type: none">1. ¿Está familiarizado con el término Lean Construction?<ol style="list-style-type: none">a. Síb. No2. Si su respuesta es sí, comente lo que sabe de dicho término.3. ¿Ha recibido alguna capacitación o formación en Lean construction?<ol style="list-style-type: none">a. Sí, de manera formal (cursos, talleres...)b. Sí, de manera informal (lecturas, vídeos...)c. No, no he recibido ninguna formación.4. ¿Qué obstáculos crees que podrían surgir al implementar Lean Construction en un proyecto?<ol style="list-style-type: none">a. Falta de apoyo de la alta direcciónb. Resistencia al cambio por parte del personalc. Falta de comprensión del principio de lean constructiond. Limitaciones de tiempo y recurso para implementar los cambios necesarios.e. Otro...5. ¿Sabe si la organización implementa alguna acción con el fin de optimizar recursos e identificar desperdicios como en inventario y tiempo?<ol style="list-style-type: none">a. Síb. No6. ¿Si su respuesta fue sí, especifique qué acciones han implementado?7. Según los tipos de desperdicio que establece Lean Construction, ¿cuáles piensa que la organización debería enfocar? Marcar máximo 3.<ol style="list-style-type: none">a. Talento humanob. Tiempoc. Inventariod. Transportee. Movimientof. Sobre-procesamientog. Sobre- producción8. ¿Ha implementado o utilizado la herramienta Last Planner?<ol style="list-style-type: none">a. Síb. No9. Si su respuesta es sí, ¿considera necesario una mayor capacitación en este tema?
--

Por otro lado, como parte del OE2 se encuestaron a practicantes de la filosofía para conocer las buenas prácticas implementadas en el gremio de la construcción, la encuesta fue la siguiente:

Tabla 8. Encuesta realizada a practicantes de la filosofía.

<p>Gestión Lean</p> <p>¿Tiene la empresa un equipo o departamento dedicado a la gestión Lean? Si es así, ¿cuál es su estructura?</p> <p>¿Cómo se gestionan y priorizan los proyectos de construcción desde una perspectiva Lean?</p>
<p>Planificación y Diseño</p> <p>¿Cómo se optimiza la planificación de proyectos para minimizar el desperdicio y los tiempos de espera?</p> <p>¿Se utilizan herramientas específicas para la planificación Lean? ¿Cuáles son?</p>
<p>Gestión de proyectos</p> <p>¿Qué prácticas se siguen para reducir el inventario y los tiempos de espera en la obra?</p> <p>¿Cómo se mide y controla el rendimiento de los proyectos en términos de calidad y productividad?</p> <p>¿Se utilizan sistemas de producción en la construcción (por ejemplo, Pull Planning, Kanban, Value Stream Mapping)?</p>
<p>Mejora Continua</p> <p>¿Qué procesos se siguen para identificar y abordar problemas y oportunidades de mejora en la construcción?</p> <p>¿Se realizan revisiones posteriores a la construcción para evaluar el rendimiento y extraer lecciones aprendidas?</p> <p>¿Qué métricas o KPIs se utilizan para evaluar el éxito de las iniciativas Lean en sus proyectos?</p> <p>¿Qué estrategias se utilizan para reducir el impacto ambiental de las operaciones de construcción?</p> <p>Lecciones aprendidas</p> <p>¿Puede compartir un ejemplo específico de un proyecto donde Lean Construction haya tenido un impacto significativo en la eficiencia y los resultados?</p> <p>¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado al implementar Lean Construction y cómo los ha superado?</p>

Análisis y procesamiento de la información

En este apartado se describe la presentación de los resultados provenientes de los diferentes instrumentos para la recolección de datos e información, además, el proceso de análisis para esta información.

Presentación de los resultados

Una vez recopilado todos los datos necesarios en la investigación, es necesario realizar un proceso de análisis, donde como su nombre lo dice, se estudian y analizan los resultados. Una forma de optimizar este proceso es transformando los datos obtenidos de manera que, facilite y sintetice el análisis, así que; los resultados de la encuesta serán presentados mediante gráficos y tablas.

Mientras que, los resultados de la entrevista, observación en campo y revisión documental serán presentados por resúmenes que contengan la información más relevante y considerada como aporte a la investigación.

Descripción del proceso de análisis

El análisis y procesamiento de la información recolectada mediante todas las técnicas e instrumentos descritos anteriormente, es una actividad intelectual que logra la virtud de perfeccionar capacidades profesionales por parte del analista, todo esto gracias al empleo de métodos y procedimientos de investigación. El producto del análisis debe ser transmitido en un lenguaje sencillo, directo y sin ambigüedades (Sarduy, 2007).

A continuación, se hará una descripción del proceso de análisis según Sarduy:

Figura 7. Procedimiento de análisis de información.



Nota: Adaptado de El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa por Yanetsys Sarduy Domínguez, 2007 (<http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v33n3/spu20307.pdf>)

Capítulo 3: Resultados y análisis

En el presente capítulo se aborda el desarrollo de los objetivos específicos, con el apoyo de resultados obtenidos mediante diferentes técnicas e instrumentos de recolección de datos planteados en el marco metodológico, como también el respectivo análisis a estos.

Los resultados serán presentados mediante gráficas, cuadros y/o resúmenes, lo que resulte más conveniente para una mejor comprensión de estos.

Diagnóstico de los conceptos de la Filosofía Lean en la empresa IDECO

La elaboración de este diagnóstico resulta fundamental para evaluar la comprensión de la Filosofía Lean en la empresa, además para poder identificar las oportunidades de mejora. En otras palabras, para definir un punto de partida para la implementación de la Filosofía.

Para esto, se da a conocer la perspectiva de los profesionales de la organización mediante los resultados de las entrevistas y encuesta.

Este apartado se encuentra relacionado con el Objetivo Específico 1 (OE1).

Perspectiva de Lean Construction de los profesionales

Resulta relevante conocer la perspectiva de los profesionales con respecto a Lean Construction para tener un punto de partida, por lo que, a continuación son implementadas las herramientas de recolección de datos descritas en el marco metodológico.

Resultados de la entrevista

La entrevista fue dirigida para el personal del Departamento de Ingeniería, incluyendo al Gerente de departamento y en cuanto a ingenieros, se decidió entrevistar específicamente a los que actualmente se encuentran en campo como ingenieros residentes, porque permiten una visualización de la gestión de desperdicios de la empresa.

Las preguntas de la entrevista fueron las siguientes:

4. *¿Cuál es la definición de Lean Construction desde la perspectiva de su empresa y cuáles son los principios clave en los que se basan?*
5. *¿Cuáles son los beneficios clave que esperan al aplicar Lean Construction en sus proyectos?*
6. *¿Cómo gestionan el flujo de trabajo y reducen los desperdicios en sus proyectos? ¿Puede proporcionar ejemplos de cómo han optimizado procesos?*

Al Gerente de Ingeniería Pablo Tames, se le realizaron las tres preguntas tal cual, mientras que, a los ingenieros residentes solamente se les preguntó la tercera, en vista de que las primeras dos preguntas tienen un enfoque más administrativo, en cuanto a la tercera, el interés radicaba en cómo trabajan en sitio, qué es lo que ponen en práctica. En la tala 9 se presenta el resumen de lo que fue la entrevista con el Gerente de Ingeniería.

Tabla 9. Resumen de entrevista.

Nombre	Rol	Respuesta
Pablo Tames Orozco	Gerente de Ingeniería	El ingeniero Pablo enfatiza en el interés de la empresa por implementar Lean para optimizar los costos y maximizar el valor de sus proyectos a los clientes de manera que todos los involucrados ganen, tanto ellos como el cliente con el uso mínimo de recursos.

Resultados de la encuesta aplicada

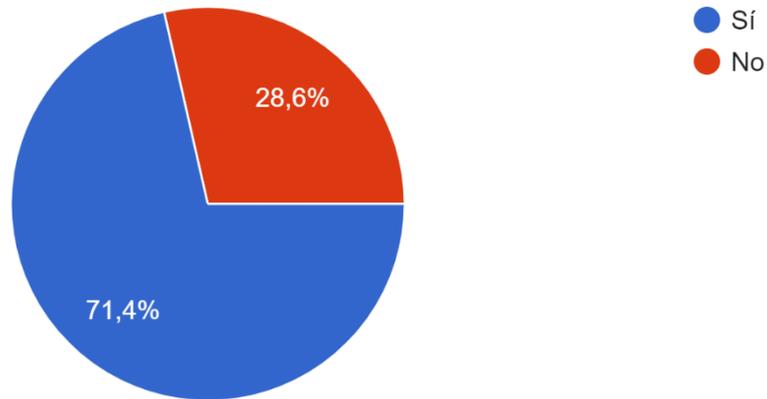
A diferencia de la entrevista, la encuesta fue dirigida en su totalidad al personal del departamento de ingeniería, dichos resultados se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 10. Resultados de encuesta a los colaboradores de la empresa IDECCO

Pregunta	Paulo Núñez Corrales	Alejandra Dobles Sevilla	Josue Vargas Castro	Gabriel Chaves Flores	Bryan Villalobos
1. ¿Está familiarizado con el término Lean Construction?	Sí	Sí	No	Sí	Sí
2. Si su respuesta es sí, comente lo que sabe de dicho término.	Es una ideología que busca reducir costos y residuos en los procesos de fabricación o construcción	Es una metodología para optimizar los recursos en la ejecución de la obra y todos sus procesos relacionados, busca mayor calidad a un menor costo.		Metodología de construcción alineada a la reducción de desperdicios de material, mano de obra y equipo. Bajo un esquema donde para la programación de obra se involucre a todo el equipo ejecutor, se identifiquen razones de desfase, áreas de mejora, restricciones importantes para el avance y se trabaje en grupo.	optimización mediante plan control
3. ¿Ha recibido alguna capacitación o formación en Lean construction?	No, no he recibido ninguna formación.	Sí, de manera informal (lecturas, vídeos...)	No, no he recibido ninguna formación.	Sí, de manera formal (cursos, talleres...)	Sí, de manera informal (lecturas, vídeos...)
4. ¿Qué obstáculos cree que podrían surgir al implementar Lean Construction en un proyecto? Puede marcar más de una opción.	Limitaciones de tiempo y recurso para implementar los cambios necesarios.	Falta de comprensión del principio de Lean Construction., Limitaciones de tiempo y recurso para implementar los cambios necesarios.	Falta de apoyo de la alta dirección., Resistencia al cambio por parte del personal.	Resistencia al cambio por parte del personal., Falta de comprensión del principio de Lean Construction., Limitaciones de tiempo y recurso para implementar los cambios necesarios.	Limitaciones de tiempo y recurso para implementar los cambios necesarios.
5. ¿Sabe si la organización implementa alguna acción con el fin de optimizar recurso e identificar desperdicios como en inventario y tiempo?	No	No	No	No	Sí
6. Si su respuesta fue sí, especifique las acciones que han sido implementadas.				No he tenido la oportunidad de trabajar en ejecución de obra aún.	Transparencia en los costos y los demás recursos

Además, se tienen gráficas que resumen y ayudan en la interpretación de datos que se presentarán seguidamente:

Figura 8. Familiaridad de los colaboradores de la organización con Lean Construction.



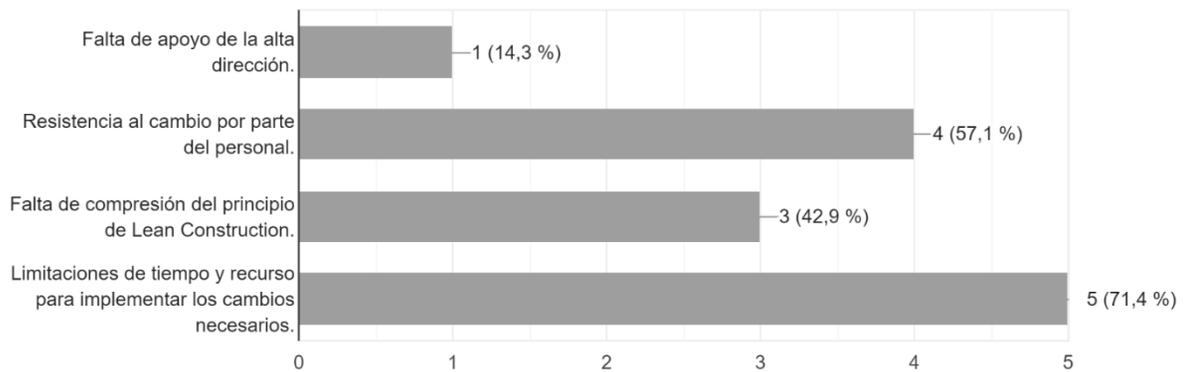
De acuerdo con la figura 6, el 71,4% de los integrantes del departamento de Ingeniería de IDECO conocen el término de Lean Construction.

Figura 9. Formación en Lean Construction de los colaboradores de la organización.



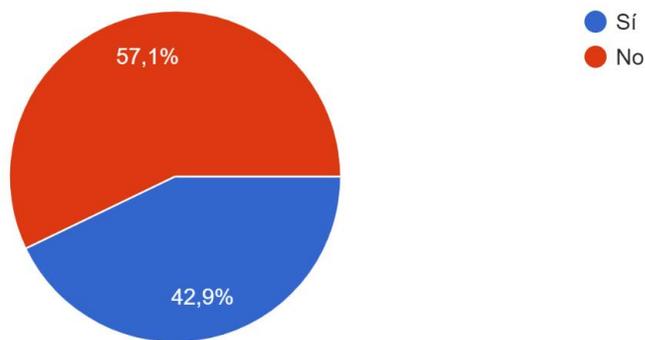
Solo el 14,3% de los integrantes han recibido algún tipo de formación formal relacionada a Lean Construction, mientras que el 42,9% no ha recibido ningún tipo de formación, mismo porcentaje para quiénes han logrado informarse del tema por medios informales.

Figura 10. Obstáculos que podrían surgir al implementar Lean Construction en la organización.



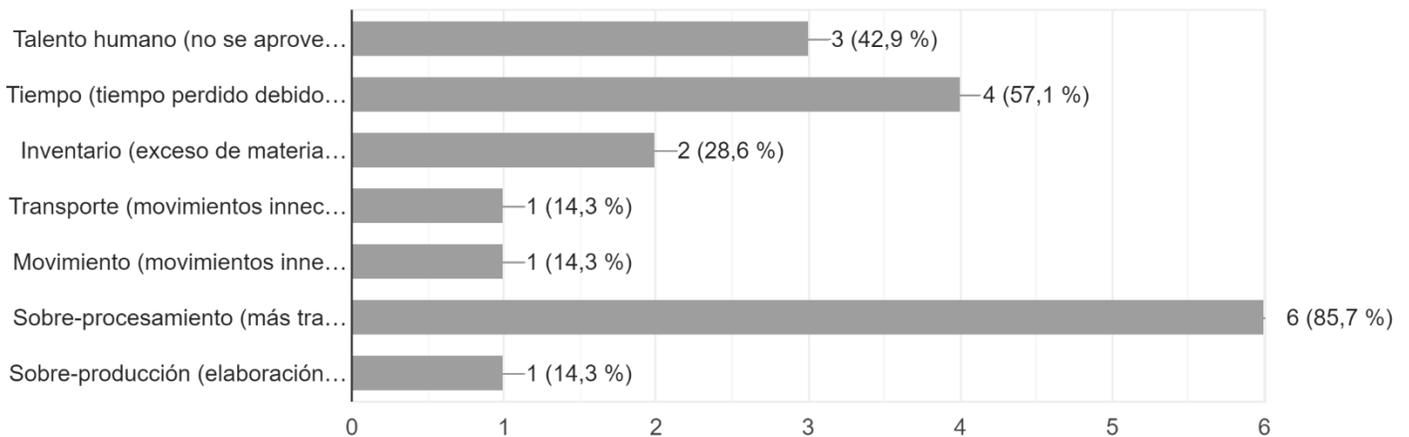
Por otro lado, los colaboradores creen que el mayor obstáculo al implementar esta filosofía es limitaciones de tiempo y recurso para implementar los cambios necesarios y la resistencia al cambio por parte del personal.

Figura 11. Conocimiento de los colaboradores sobre la implementación de Lean Construction en la organización.



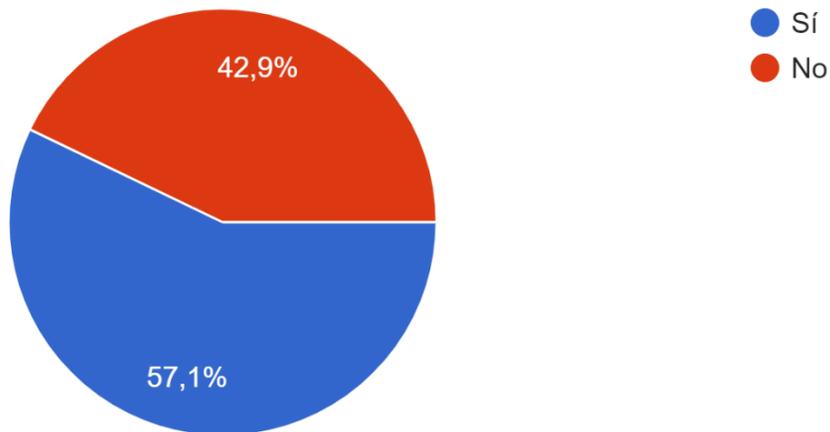
Por consiguiente, más del 50% no sabe si en la organización se implementan acciones acordes a los principios de Lean Construction.

Figura 12. Desperdicios en los que la empresa se debería enfocar.



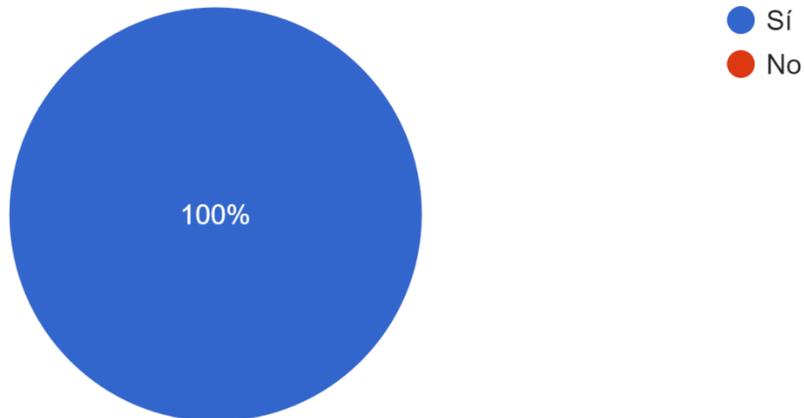
Además, señalan que la empresa se debería de enfocar en los desperdicios de sobre-procesamiento y tiempo, principalmente.

Figura 13. Colaboradores que han utilizado Last Planner.



Por consiguiente, más del 50% ya ha utilizado Last Planner.

Figura 14. Interesados en capacitarse en Last Planner.



Y tienen el interés en capacitarse más al respecto.

Procedimientos relacionados a Lean Construction que se implementan

Como parte del diagnóstico (OE1), es necesario conocer lo que ya se implementa en la empresa en relación con la Filosofía en estudio; por consiguiente, como se mencionó anteriormente, la tercera pregunta iba enfocada para conocer las acciones que implementan de Lean en la empresa, por esta razón, esta parte de los resultados de la entrevista se presenta en este apartado, donde se mencionan todas las acciones que toman tanto la gerencia como los ingenieros en sitio.

Tabla 11. Resultados de entrevista.

Nombre	Rol	Respuesta
Pablo Tames Orozco	Gerente de Ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> • Estandarizar procesos mediante el Sistema de Gestión que ya se encuentra consolidado. • Reuniones para que todo el equipo (ingeniero, maestros de obra, subcontratistas) se encuentre enterado de lo que está sucediendo. Y asignar compromisos. • Manejar máximos y mínimos en bodega para que no haya excedentes que podrían ocasionar pérdidas ni faltantes que producen atrasos en el cronograma. • Proceso de preconstrucción que garantiza parte del éxito del proyecto, donde “se empieza a construir en papel” como indicó el ingeniero. • Implementación del Sistema de Gestión que favorece la medición, la mejora del desempeño de la operación y control. • Realizar un análisis de riesgos del proyecto como tal (Planificar viendo más allá <i>lookahead</i>).
Paulo Núñez Corrales	Ingeniero Residente	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de Last Planner que da un horizonte de trabajo de al menos 4 semanas, donde junto con el maestro de obras se planifican las actividades que se van a realizar en esas semanas junto con el cronograma general. • Compras de materiales según lo establecido en el Sistema de Gestión, para prevenir demoras o sobre inventario. • Pizarra en oficina de proyecto donde se evalúa el avance cada día para darle seguimiento al proyecto y procurar tener en sitio los recursos requeridos. (Transparencia en el proceso) • Reuniones semanales con subcontratistas.

<p>Alejandra Dobles Sevilla</p>	<p>Ingeniera Residente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de compras, cómo y cuándo lo va a hacer, para garantizar que los materiales que lleguen a sitio sean los requeridos. • Optimizar materiales y costos mediante la modulación, en materiales que posibiliten esta opción. • Reutilizar lo que se considera como desperdicio a medida de lo posible. La ingeniera brindó los siguientes ejemplos: los fragmentos de bloques de concretos quebrados los utilizan como “dados de concreto” para colar fundaciones, la formaleta se reutiliza una vez desocupado en un elemento y si esta madera ya no puede seguir siendo utilizada como tal, la madera la hacen valer en otro uso no exactamente constructivo, como la elaboración de bancos, pero al menos se le está dando un uso para disminuir el desperdicio.
<p>Josue Vargas Castro</p>	<p>Ingeniero Residente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar los procesos muy bien para no tener que repetirlo y evitar sobre procesamientos que consumen recursos y tiempo. • Tomar y verificar las consideraciones del cliente, llamándolo antes de iniciar algún proceso, para prevenir que haya un cambio de parecer de parte de él y recurrir a sobre procesamientos. • Manejar dos tiempos: el tiempo de entrega, y un tiempo para tenerlo listo antes de la entrega. • Rotación de personal para que el proyecto se mantenga activo los 30 días del mes y poder acortar tiempos de entrega.

En síntesis, para darle un nombre a lo que los ingenieros implementan en sitio; como parte de lo que es Last Planner, las reuniones semanales y la distribución de metas; Just in Time con el control de inventario y el planificar las compras para que estén justo a tiempo; y reutilizar materiales a medida de lo posible para disminuir el desperdicio; entre otras acciones que los ingenieros mencionan. Todos estas acciones obedecen a lo que representa la Filosofía de Lean Costruction; colocando, a la organización en una posición favorable acerca de la implementación de la filosofía.

Buenas Prácticas de Lean Construction implementadas en la industria de la construcción

Una vez conocida la posición de la empresa en el tema, se procede a investigar externamente con practicantes de Lean Construction, en la tabla 2 se observan los resultados de dicha encuesta; por otro lado, también se investiga en base a referencias bibliográficas las buenas prácticas de la Filosofía para realizar un análisis de brecha con oportunidades de mejora. Abarcando así, lo planteado en el OE2.

Tabla 12. Buenas prácticas de Lean Construction según practicantes de la Fi

Nombre o Nombre de la empresa	CAP, Consultoría Administración de Proyectos	Edificar	René Arteaga Martínez	
Sector de la Construction al que se dedica:	Público y privado	Construcción	Vías terrestres	Pro
¿Cuánto tiempo lleva la empresa implementando Lean Construction?	De 5-10 años	De 5-10 años	Menos de 3 años	
¿Cuál es el objetivo principal de su enfoque Lean Construction? (Reducción de costos, mejora de la eficiencia, etc.)	eficiencia	Lograr la mejor eficiencia de los procesos constructivos por medio de varias herramientas	Mejora de eficiencia, implementación de kpi, y reducción de costos	
¿Conoce usted si la empresa cuenta o posee un equipo o departamento dedicado a la gestión Lean? Si es así, ¿en qué nivel de la estructura se ubica?	No, soy consultor independiente	No, lo posee	Comenzó a implementarse hace dos años, solo en la zona norte	S
¿Conoce usted cómo se gestionan y priorizan los proyectos de construcción desde una perspectiva Lean?	sí	Sí, una de mis áreas de trabajo lo involucra	Si, del portafolio de proyectos se hace un mapeo de los procesos y dentro de estos se implementa la filosofía, así como la establecida por PMI	Sí, val
¿Sabe cómo se considera en la planificación de proyectos cómo minimizar el desperdicio y los tiempos de espera?	Sí	Sí, a través de ciclos de producción para cada planilla	Además de razones financieros, se hace una antesala con personal de las empresas para programar las actividades aguas arriba basados en la	

¿Cuáles prácticas considera usted se siguen para reducir el inventario y los tiempos de espera en la obra?	la planificación enfocada a procesos: construcción y compras a tiempo	Planificación Last Planner y Just in Time	Utilización de un Value Stream Mappig y una programación de almacenes por el tipo de obra	Te de inv
¿Conoce cómo se mide y controla el rendimiento de los proyectos en términos de calidad y productividad?	Sí, Con el seguimiento basado en last planner sin dejar de integrar compras, calidad y riesgos entre otros	Sí, sin embargo, en caso de los proyectos grandes casi no se puede ejecutar	Mediante KPI dependiendo etapa y departamento	
¿Se utilizan actualmente sistemas de producción en la construcción (por ejemplo, Pull Planning, Kanban, Value Stream	sí, algunos como el pull	Sí, sin embargo, en mi experiencia aún falta por implementar aún más esas herramientas	Kanban y VSM	

<p>respuesta es negativa, ¿Cuáles acciones aplica?</p>				
<p>¿Sabe usted cuáles métricas o KPIs se utilizan para evaluar el éxito de las iniciativas Lean en sus proyectos? Si su respuesta es negativa, ¿Qué se aplica?</p>	<p>Sí</p>	<p>No, informes generales para los directores de proyecto</p>	<p>Esas varían dependiendo del tipo de proyecto, cliente y etapas del proyecto</p>	
<p>¿Cuáles estrategias considera usted se utilizan para reducir el impacto ambiental de las operaciones de construcción?</p>	<p>Desde el diseño y planeación, incluir procesos, materiales o recursos que aporten al ahorro energético</p>	<p>Generar un PGA y seguirlo mediante inspecciones</p>	<p>En la etapa de planeación se verifican las solicitudes realizadas bajo norma oficial o solicitadas por el cliente, haciendo un check list y haciendo planeación de almacenes</p>	<p>Eco ma e</p>
<p>¿Detalle un ejemplo específico de un proyecto donde Lean Construction haya tenido un impacto significativo en la eficiencia y los resultados?</p>	<p>Es confidencial pero el seguimiento estricto, con compromiso de los involucrados y resolviendo restricciones ha permitido aumentar el rendimiento y en</p>	<p>El uso de LEAN CONSTRUCTION, en general se genera por medio de Last Planner para organizar y evaluar las programaciones de los equipos de trabajo</p>	<p>Una obra con atraso del 20%, se implementó la filosofía Lean junto con Six Sigma, pudiendo terminar en el tiempo establecido</p>	<p>Un</p>

<p>¿Cuáles considera usted ha sido los principales desafíos que ha enfrentado al implementar Lean Construction y cómo los ha superado?</p>	<p>La gestión del recurso humano, la gestión de contratistas de baja escolaridad y personal de campo, lo cual se logra, pero requiere una curva de aprendizaje continua y fuerte</p>	<p>La falta de conocimiento y que en general existe un problema en el que como siempre se ha hecho de cierta forma y esa forma da resultados se oponen a los cambios</p>	<p>Los paradigmas de la gente y empresas</p>
---	--	--	--

A raíz de la tabla anterior, se resume la información en la siguiente tabla donde se identifican las prácticas ya implementadas como también la acción por implementar para aquellas que aún no se implementan.

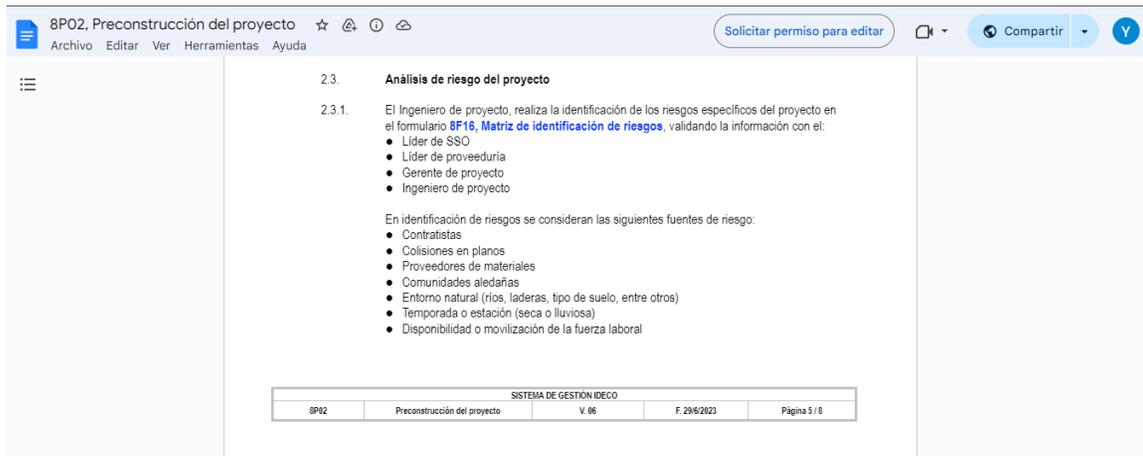
Tabla 13. Identificación de buenas prácticas en Lean Construction desde la perspectiva de practicantes de la Filosofía.

Buenas prácticas en Lean Construction	¿IDECO lo implementa?	Acción por Implementar
Value Management Plan interno para priorizar proyectos de construcción desde una perspectiva Lean.	NO	No se propone ninguna acción ya que esto se encuentra fuera del alcance de este proyecto, porque corresponde a otra etapa y el proyecto se basa en procesos constructivos en ejecución de obra.
Analizar todos los posibles riesgos que puedan interferir en la planeación para eliminar de manera más efectiva el desperdicio y reducir los tiempos de espera.	SÍ	Mantener de acuerdo con lo que se indica en el Sistema de Gestión de la organización. Donde establecen que las principales fuentes de riesgos son: contratistas, colisiones en planos, proveedores de materiales, comunidades aledañas, entorno natural, temporada o estación (seca o lluviosa) y disponibilidad o movilización de la fuerza laboral. En base a esto, se identifica el riesgo, la causa y la consecuencia que puede repercutir en el proyecto constructivo. Para posteriormente proponer una acción que disminuya el impacto. Este análisis se realiza en la etapa de preconstrucción.
Implementación de Last Planner para una planificación Lean.	SÍ	Mantener a lo establecido en el Sistema de Gestión de la organización, donde el proceso de planificación propuesto se compone del cronograma general de la obra, programación a largo plazo, planificación intermedia y la programación semanal. Lo cual obedece los principios básicos de la herramienta de Last Planner System.
Utilización de un Value Stream Mapping (VSM) para la gestión de valor.	NO	Elaborar un mapa de flujo de valor para analizar el estado actual del proceso constructivo y desarrollar a futuro uno que sea más eficiente y nos ayude a

		optimizar tiempo y costos en los procesos de la actividad seleccionada.
Análisis de tiempos de ejecución, optimizar la producción de obra realizando la solicitud de materiales con tiempos adecuados.	SÍ	Mantener, lo que indica el Sistema de Gestión, donde se definen los días que se realizan pedidos, los cuales son formulados por el ingeniero residente quien se basa en la planificación previamente elaborada.
Establecer indicadores claves (key performance indicators KPI) para medir el rendimiento en calidad y productividad.	SÍ	A nivel gerencial ya se tienen indicadores definidos, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) • Gasto real vs presupuesto. • Cobro realizado al cliente vs cobros planificados. Además, la organización mantiene gran recelo por evaluar el servicio brindado mediante la satisfacción del cliente, por lo que, como parte de su Sistema de Gestión registran la satisfacción del cliente, por lo tanto, la satisfacción del cliente se considera como un indicador clave para medir el rendimiento en calidad y productividad
Realizar revisiones posteriores para evaluar rendimiento y extraer <u>lecciones aprendidas</u>.	SÍ	Mantener, de acuerdo con lo que indica el Sistema de Gestión, donde mediante un formulario se registran las lecciones aprendidas al finalizar cada proyecto constructivo con el propósito de mejorar la planeación de proyectos futuros y encontrar mecanismos y oportunidades para la innovación.
Implementar la metodología de las 5S como estrategia para reducir el impacto ambiental.	NO	Establecer un procedimiento para implementar la metodología de la forma más efectiva posible y que en los proyectos pueda ser aplicado fácilmente por los colaboradores, que no signifique una carga para ellos sino un apoyo.

A continuación, se presenta la evidencia de lo consolidado en el Sistema de Gestión:

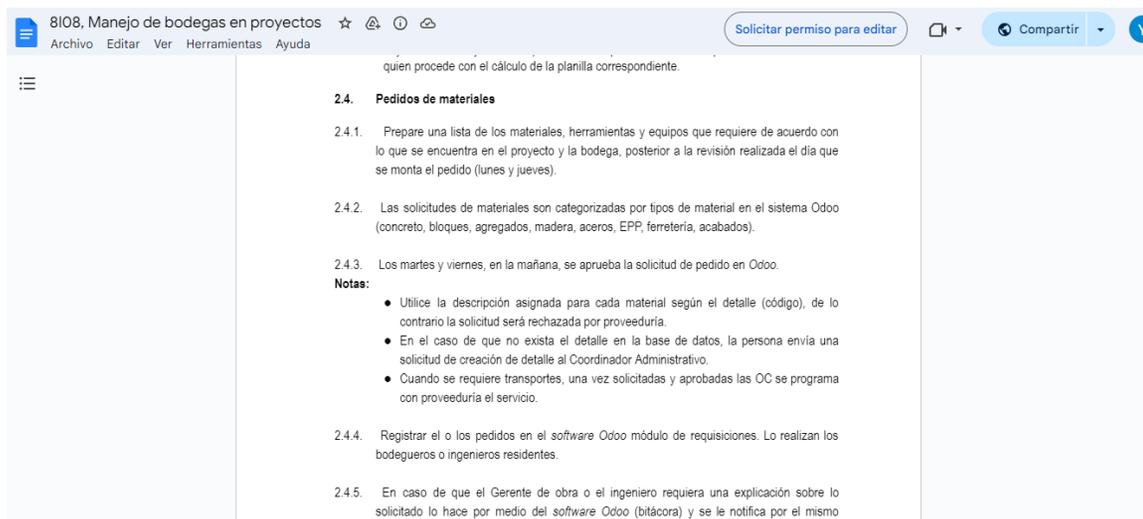
Figura 15. Análisis de riesgos del proyecto en el Sistema de Gestión.



Nota. Ingeniería, Desarrollo y Construcción. (Última versión el 29 de junio del 2023). 8P02 Preconstrucción del proyecto [Captura de pantalla]. Sistema de Gestión.

En la captura anterior se evidencia que en la etapa de preconstrucción se realiza un análisis de riesgos que se pueden presentar en el proyecto.

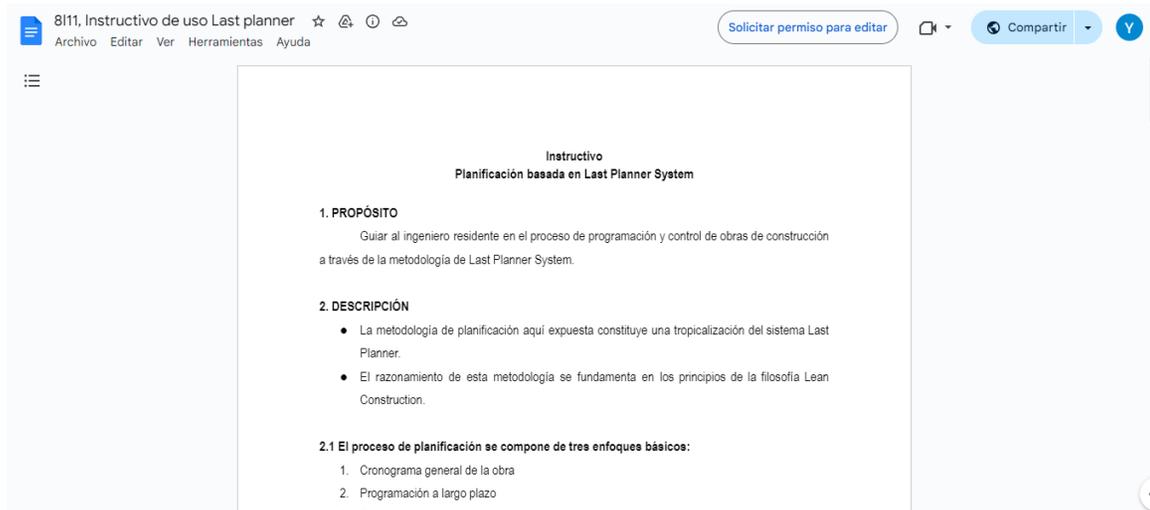
Figura 16. Instructivo de Manejo de bodegas en proyectos en el Sistema de Gestión.



Nota. Ingeniería, Desarrollo y Construcción. (Última versión el 29 de agosto del 2023). 8I08 Manejo de bodegas en proyectos [Captura de pantalla]. Sistema de Gestión.

En la captura anterior se evidencia que la organización tiene tiempos establecidos para realizar los pedidos.

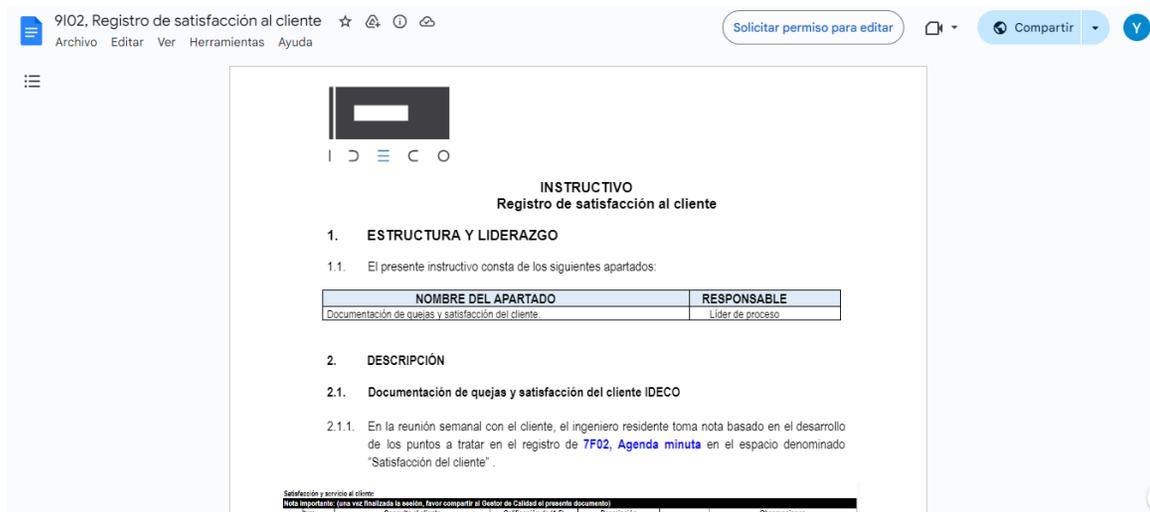
Figura 17. Instructivo Last Planner Sistema de Gestión.



Nota. Ingeniería, Desarrollo y Construcción. (Última versión el 28 de abril del 2023). 8111 Instructivo de uso Last Planner [Captura de pantalla]. Sistema de Gestión.

En la captura anterior se evidencia la existencia de un instructivo para la implementación de Last Planner.

Figura 18. Instructivo Registro de Satisfacción al cliente Sistema de Gestión.



Nota. Ingeniería, Desarrollo y Construcción. (Última versión el 12 de septiembre del 2022). 9102 Registro de Satisfacción del cliente [Captura de pantalla]. Sistema de Gestión.

En la captura anterior se evidencia que la satisfacción del cliente es uno de los KPI de la organización.

Figura 19. Formulario lecciones aprendidas Sistema de Gestión.

8F36, Lecciones aprendidas

El propósito de este registro es ayudar al equipo del proyecto a compartir con la organización, el conocimiento ganado con la experiencia, para:

- Mejorar la planeación de proyectos futuros,
- Capacitar futuros líderes y miembros de equipos de proyecto,
- Encontrar mecanismos y oportunidades para la innovación,
- Fortalecer las metodologías de trabajo del Sistema de Gestión IDECO para la gestión de proyectos.

Información del proyecto					
Elaborado por:		Fecha:			
Cliente:					
Proyecto:					
Ingeniero de proyecto:					
Director de proyectos:					
Fecha de inicio:		Fecha de cierre:			

Lecciones Aprendidas					
No.	Fase del Proyecto	Situación presentada	Acciones implementadas	Resultados Obtenidos	Mejoras al Sistema de Gestión IDECO
1					
Recomendaciones:					
Comentarios:					

Nota. Ingeniería, Desarrollo y Construcción. (Última versión el 12 de enero del 2023). 8F36 Lecciones aprendidas. [Captura de pantalla]. Sistema de Gestión.

Por último, en la captura anterior se evidencia que al finalizar un proyecto, se registran las lecciones aprendidas del mismo.

Por otro lado, de acuerdo con las referencias bibliográficas (Al-Aomar, 2012; Ogunbiyi et al., 2014) se extrajeron las prácticas que según los autores dieron mejores resultados en la implementación de la Filosofía.

Tabla 14. Identificación de buenas prácticas en Lean Construction desde referencias bibliográficas de la implementación de la Filosofía.

Buenas prácticas en Lean Construction	¿IDECO lo implementa?	Acción por Implementar
Value Stream Mapping (VSM)	NO	Elaborar un mapa de flujo de valor para analizar el estado actual del proceso constructivo y desarrollar a futuro uno que sea más eficiente y nos ayude a optimizar tiempo y costos en los procesos de la actividad seleccionada
Just inTime	SÍ	Mantener produciendo por demanda y tener un control sobre el inventario que haya lo necesario para no presentar atrasos y cumplir las metas de acuerdo con lo planificado; que los productos finales se concluyan justo a tiempo.

5S	NO	Establecer un procedimiento para implementar la metodología de la forma más efectiva posible y que en los proyectos pueda ser aplicado fácilmente por los colaboradores, que no signifique una carga para ellos sino un apoyo.
Estandarizar procedimientos	SÍ	Los procedimientos se encuentran estandarizados mediante el Sistema de Gestión.

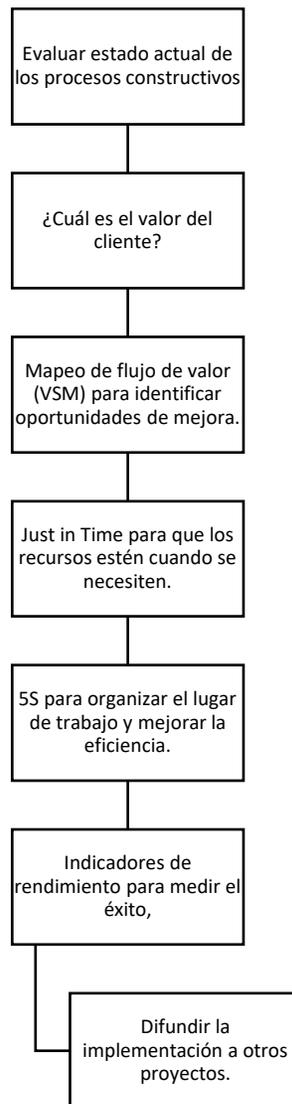
Procedimiento para la implementación de Lean Construction

Posterior a realizar el diagnóstico en la organización e identificar las buenas prácticas en Lean Construction, se tiene la información necesaria para desarrollar el procedimiento para llevar a cabo la implementación de la Filosofía en la empresa.

De acuerdo con los resultados de la encuesta y entrevistas, los colaboradores consideran que la empresa se debe enfocar principalmente en los desperdicios como Sobre procesamiento y tiempo. Puesto que, muchas de las buenas prácticas IDECO ya las implementa y las tienen estandarizadas en su Sistema de Gestión, resultó más factible basar el procedimiento en dos herramientas de Lean Construction, correspondientes a Value Stream Mapping (VSM) o Mapa de Flujo de Valor y Metodología de las 5S.

El procedimiento se encuentra detallado en el Apéndice 1, no obstante, de manera general, dicho procedimiento consiste en lo siguiente:

Figura 20. Diagrama de flujo del procedimiento para la implementación de Lean Construction.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 15 se puede observar de manera sintetizada en qué se basa el procedimiento propuesto; en primera instancia resulta necesario evaluar el estado actual de cómo están siendo ejecutados los procesos que se desean mejorar, de esta manera pueden ser identificadas las falencias o todo aquello que no está aportando valor en la ejecución del proyecto. Por otro lado, es necesario tener presente el valor del cliente, ya que Lean no solo beneficia la organización, sino que también busca incrementar la satisfacción del cliente; por lo que, todos ganan.

Una vez establecidos los desperdicios y el enfoque que se le quiere dar a la implementación, se mapea el flujo de valor, lo que facilita la visualización del proceso para identificar las oportunidades de mejora, en este caso se realiza mediante la implementación de VSM; en el Apéndice 1 es

detallado el paso a paso para elaborar un mapa de flujo de valor, así también, los símbolos que se utilizan y el significado de cada uno, como se establecen en la Tabla 1.

El tiempo y recursos son dos factores críticos en los proyectos de construcción, por lo que, se deben optimizar a medida de lo posible, para ello se implementa Just inTime, donde como se indica en la Tabla 14, esto ya es implementado y se propone mantenerlo de acuerdo con lo que se establece en el Sistema de Gestión.

Por otro lado, se desarrolla el procedimiento para la implementación de la metodología de las 5S, la cual busca la mejora continua para tener un lugar de trabajo organizado, eficiente, limpio y saludable, por lo tanto, se establecen las acciones a emplear en los proyectos para obedecer al principio de cada "S".

Y como forma de medir el éxito del procedimiento y de la implementación, se establecen indicadores claves de rendimiento que indiquen que lo propuesto realmente está funcionando.

Adicionalmente, se elaboran plantillas con la finalidad de que la implementación sea más amigable con los usuarios.

Por último, aunque se encuentra fuera del alcance de este proyecto, pero es importante que la organización lo considere para futuros proyectos, es extender estas prácticas a otros proyectos a medida que se va logrando el éxito.

Validación del procedimiento

A continuación, se presenta la validación del procedimiento, con la implementación de cada una de las herramientas que fueron seleccionadas para el proyecto Bodegas Unifika de Lindora que dio inicio el 11 de septiembre del 2023 ejecutada por la empresa constructora IDECO.

Este Proyecto tiene un área constructiva de 1743.3 m², y consta de cuatro bodegas comerciales. La estructura de fundaciones de este proyecto es de gran magnitud, debido al diseño de la estructura metálica, ya que, la misma tendrá el objetivo de soportar toda la cubierta de techo de las cuatro bodegas.

Por cuestiones de tiempo y la magnitud de las fundaciones, el procedimiento solo se implementó para la actividad de fundaciones de la obra. A continuación, se presenta la planta de fundaciones.

Figura 21. Placas aisladas Eje 3 Proyecto Bodegas Unifika de Lindora.

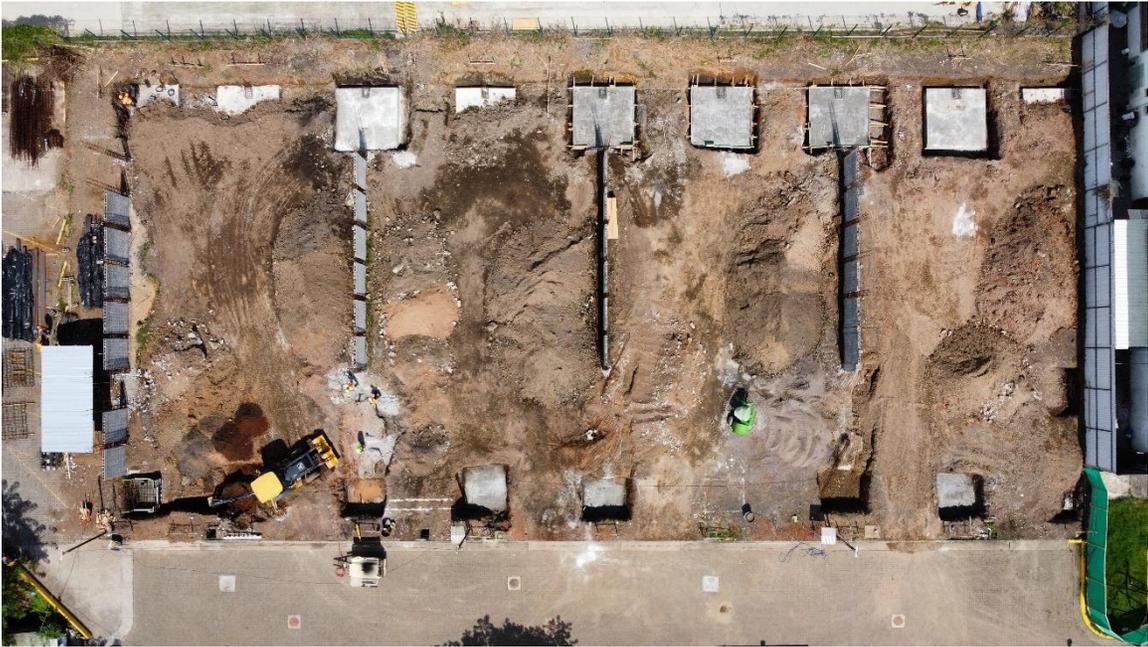


Figura 22. Placas aisladas y vigas de fundación Eje 1 y 2 Proyecto Bodegas Unifika de Lindora.

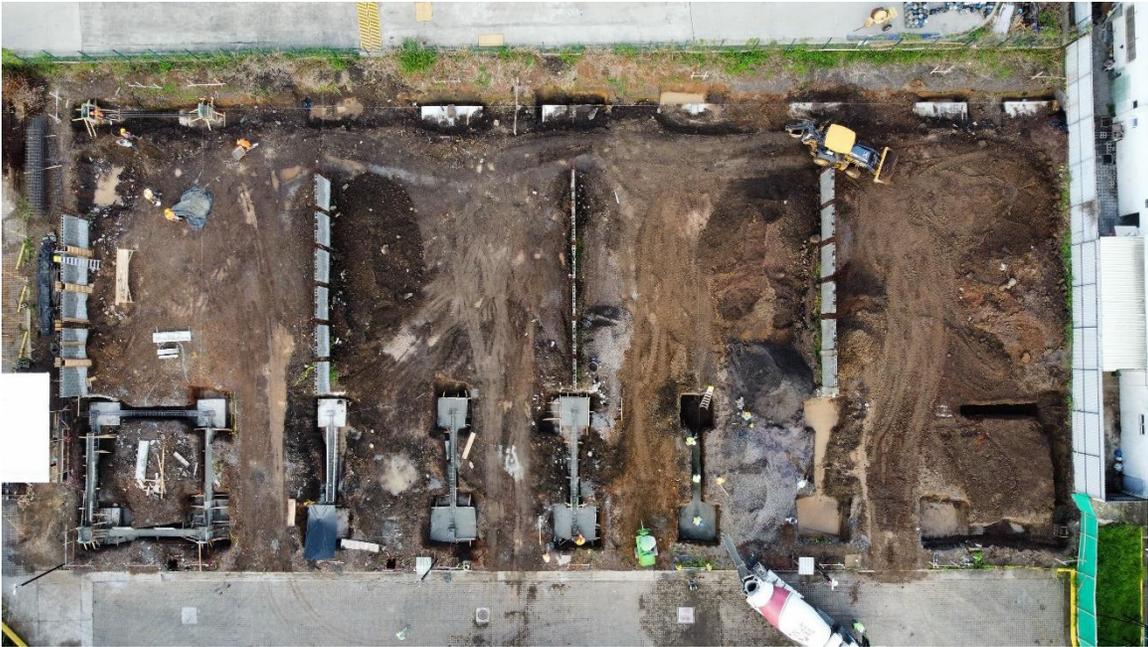
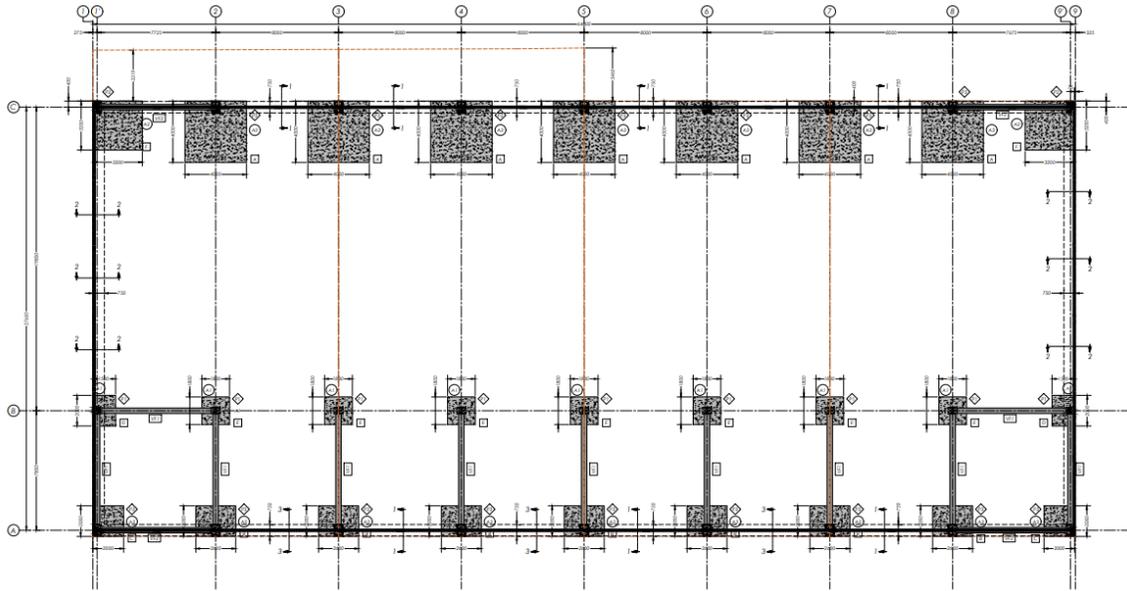


Figura 23. Planta estructural de Fundaciones.



Nota. Planta Estructural de Fundaciones [Imagen], por Especialistas en Ingeniería Estructural y Sismoresistencia, 2023.

Estado actual de los procesos constructivos

Se evaluó el estado actual mediante la observación en los procesos, además, parte de implementación del VSM que se detallará más adelante, se abarca todo lo referente al estado actual de los procesos constructivos en cuando a tiempos y rendimiento.

No obstante, de manera general, se identifican desperdicios como movimientos innecesarios, sobre procesamientos, desperdicios de material por mala gestión de este, mucha desorganización de parte del equipo de trabajo de los subcontratistas y, basura y desorden en los espacios de trabajo.

Valor al cliente

El contrato de este proyecto es por administración, lo que implica que el cliente se encuentra muy pendiente de los costos, por lo que, la idea es reducir los costos.

Como es de conocimiento común, en un proyecto constructivo absolutamente todo representa un costo, ya sea explícita o implícitamente. Por ejemplo, el tiempo, generalmente no se suele cuantificar el tiempo monetariamente, pero el tiempo es un factor que fácilmente puede incrementar los costos en una mala gestión. Por otro lado, el uso irracional de los recursos, ya que, el desperdicio descontrolado de material representa grandes pérdidas monetarias.

Por esta razón, se decide subsanar estas áreas para que consecuentemente los costos puedan ser optimizados.

Como parte de las acciones a tomar para la subsanación, esta se realiza con el control detallado de cada proceso, observar el rendimiento de los trabajadores, que si en un proceso se necesita más o menos colaboradores, controlar los desechos de materiales y verificar si realmente no pueden ser utilizados más.

Para esto, se implementan las herramientas VSM, donde el flujo de valor se aprecia mucho más, y facilita la identificación de oportunidades de mejora. Y con 5S el control del desecho de materiales.

Mapeo de Flujo de valor mediante Value Stream Mapping (VSM)

Siguiendo el procedimiento desarrollado y con las plantillas elaboradas para la facilitación de la aplicación de la herramienta; se crea el mapa de flujo de valor de la situación actual para la actividad de fundaciones, la cual se observa en la Figura 26.

La interpretación de la figura 26 es la siguiente, de acuerdo con las simbologías previamente definidas en la Tabla 1, todo el proceso inicia con el cliente con quien se mantiene una comunicación estrecha a través de correo electrónico medio en el que son compartidos los submittals e información relevante del proyecto, además, semanalmente, visitan el proyecto para revisar avance en obra y tratar otros temas importantes para el proyecto. Una vez se cuente con la aprobación del cliente para la colocación de algún material, se procede a realizar la Planificación de requerimientos de material (MRP, por sus siglas en inglés) como parte del control de producción con su respectiva Programación semanal; es decir, programar cuando realizar las requisiciones de materiales o bien, el acuerdo de compra de subcontratista para que todo se encuentre en sitio Justo a Tiempo cuando vaya a ser requerido y todo esto, de acuerdo a los tiempos establecidos en el Sistema de Gestión de la organización, ya que la frecuencia de los pedidos de materiales se realizan dos veces por semana con un plazo aproximado de una semana para que los productos sean entregados en los proyectos; y los acuerdos de compra, se tienen que establecer de acuerdo al cronograma general, a los tiempos de entrega del subcontratista y depósito del adelanto.

Cuando los materiales son entregados en sitio, los mismos son almacenados en la bodega del proyecto, posteriormente, los materiales se van despachando para cada proceso constructivo. Iniciando por el trazado, donde el inventario requerido es: hilo nylon, niveleta, alfajillas, reglas, estacas de madera, clavos y spray; para trazar el proyecto, 1743.3 m² es necesario un recurso humano de 2 operarios y como información adicional, en resumen de los datos adquiridos de la implementación de la Ecuación 2, el Porcentaje de tiempo preparativo (%TP) es del 8% y como resultado de la Ecuación 3, el Porcentaje de Tiempo Efectivo (%TE) fue del 42% dichos datos se pueden apreciar en la Tabla 15 de acuerdo con la Tabla 6 planteada en el marco metodológico .

Los siguientes procesos se interpretan con la misma lógica. Por último, en la parte inferior del VSM se tiene la línea de tiempo, donde en la línea superior se cuantificó el tiempo total de duración para concluir el proceso y la otra, son los tiempos no productivos (tiempo preparativo, tiempos muertos, tiempo no efectivo) donde la visualización se facilita por medio de cada diagrama pastel que se encuentra debajo de cada proceso constructivo. Al final de la línea de tiempo se observa la suma de todos los tiempos, facilitando la visualización de la información y colabora con la optimización de procesos, ya que es posible identificar más fácilmente el proceso que está presentando mayores problemas y atrasos para la obra; para lo cual, se proponen las mejoras pertinentes. Como parte de los resultados, se tiene que la duración total para construcción de las placas aisladas del eje 3, fue de 26235 min lo cual corresponde a aproximadamente 41 días de 10,5 horas, ya que este es el horario en el que trabajan.

A partir del VSM de la Figura 26, se identifican oportunidades de mejora, las cuales son tratadas en la creación del mapa de flujo de valor de estado futuro, Figura 27.

Para la actividad en estudio, se considera que los procesos críticos corresponden a la colocación de armadura, encofrado y colocación de concreto.

Mediante la observación a dichos procesos, se identificaron las siguientes oportunidades de mejora:

1. Para la colocación de armadura se considera que dos personas eran muy pocas considerando que las placas eran de un tamaño considerable.

Figura 24. Estado actual colocación de armadura.



2. En el encofrado, se observa que se toma mucho tiempo de preparación, tiempo que puede ser disminuido ya que la mayoría de este tiempo es de los colaboradores buscando alfajillas y reglas dentro del depósito de madera. Tiempo que puede ser

disminuido si se clasifica el material que puede ser reutilizado y el que debe ser desechado definitivamente.

3. En cuanto a la colocación de concreto, se observó mucha desorganización del equipo, ocho personas en esta actividad es demasiado, porque el trabajo es menos fluido, hay mucha obstrucción por tantas personas en un espacio, y no todos trabajan realmente. Como se puede observar en la siguiente imagen:

Figura 25. Estado actual de colocación de concreto.



En la imagen se observan siete personas, pero también se aprecia que de estas personas cuatro están trabajando, o al menos solo cuatro son necesarias para realizar el trabajo.

4. En general, en los procesos de colocación de armadura y encofrado, había que hacer correcciones porque el control de calidad se hacía antes de colar el elemento y se encontraban deficiencias porque la estructura no estaba ubicada de acuerdo con el trazado o no se respetaban los recubrimientos establecidos en diseño estructural. Por lo que se presentaban desperdicios de retrabajos porque debían hacer nuevamente el encofrado, tiempo porque al no poder colar ese elemento presentaba atrasos en el cronograma.

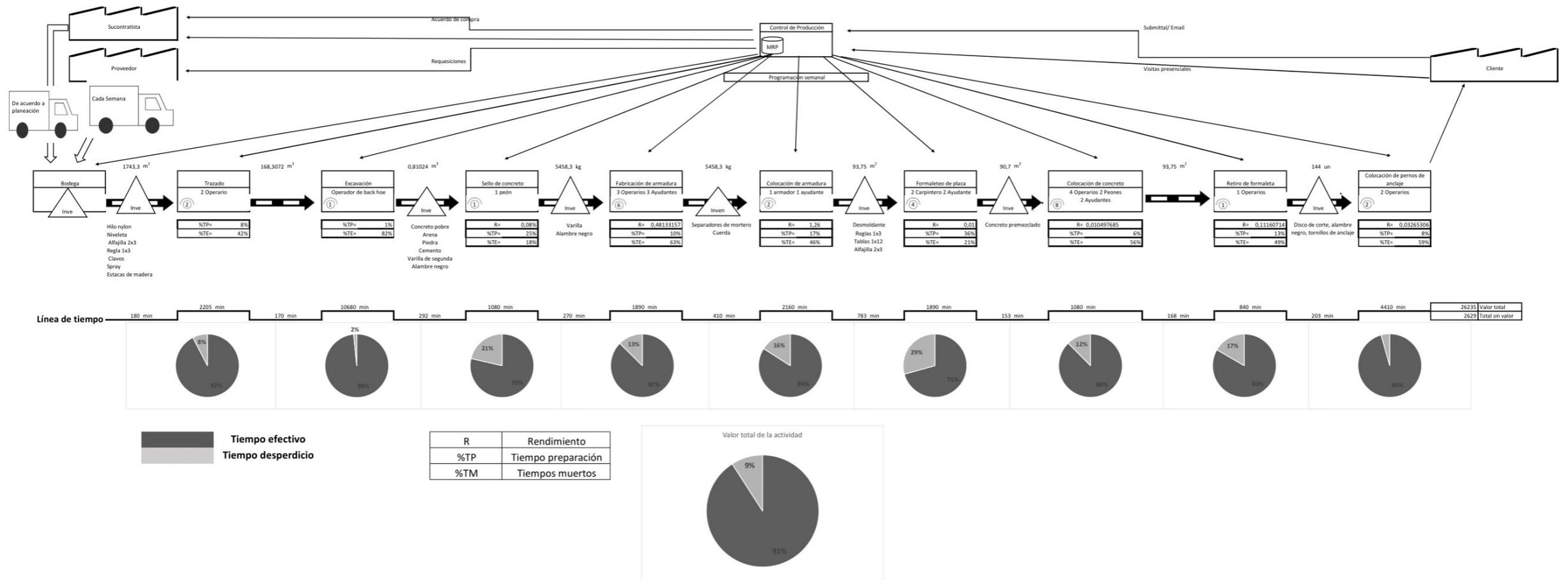
Para la elaboración del VSM de estado futuro, se corrigen las áreas descritas anteriormente, lo cual se puede observar en la Figura 27; adicional a estas oportunidades de mejora, se propone un Kanban de producción, lo cual indica la producción necesaria para suministrar las piezas a un proceso posterior. Para que todos los materiales requeridos se encuentren en sitio y lograr implementar lo que se conoce como FIFO (first in first out) para cada proceso. Como una de las áreas problemáticas era la cantidad de desperdicio de materiales se propone implementar 5S y TQC en la actividad.

En la Tabla 16 se resumen los resultados de la observación en campo, donde en comparación del estado actual, los tiempos disminuyeron, dando como resultado que el tiempo total sea de 22530 min, correspondiente a aproximadamente 35 días.

Tabla 15. Recolección de datos para VSM actual.

INSPECCIÓN RECOLECCIÓN DE DATOS											
Proyecto:		2213 Bodegas Unifika Lindora									
Actividad:		Placas aisladas Eje 3									
Proceso	Tiempo Monitoreo (min)	Tiempo preparativo (min)	Tiempos muertos(min)	Tiempo total del proceso (min)	Producto producido	Unidad	Recurso humano	Rendimiento	Unidad	%TP	%TM
Trazado	70,2	180	35	2205	1743,3	m ²	2		m ² /HH	8,16%	41,98%
Excavación	130,2	135	22	10680	168,3072	m ³	1	2%	m ³ /HH	1,26%	81,84%
Sello de concreto	159	270	90	1080	0,81024	m ³	1	0%	m ³ /HH	25,00%	18,40%
Fabricación de armadura	180	180	50	1890	5458,3	kg	6	48%	kg/HH	9,52%	62,70%
Colocación de armadura	292,2	360	108	2160	5458,3	kg	2	126%	kg/HH	16,67%	46,37%
Formaleteo	210	675	90	1890	93,75	m ²	4	1%	m ² /HH	35,71%	21,43%
Colocación de concreto	159	63	60	1080	90,7	m ³	8	1%	m ³ /HH	5,83%	56,43%
Retiro de formaleta	60	108	23	840	93,75	m ²	1	11%		12,86%	48,81%
Colocación de pernos de anclaje	184,98	180	60,07	2205	144	Unidad	2	3%	UN/HH	8,16%	59,36%
Observaciones											
En tiempos muertos entran tiempos de reuniones entre los trabajadores, momentos de ocio (hablando entre ellos), momentos de alimentación.											

Figura 26. Mapa de Flujo de Valor (VSM) para estado actual de la actividad.

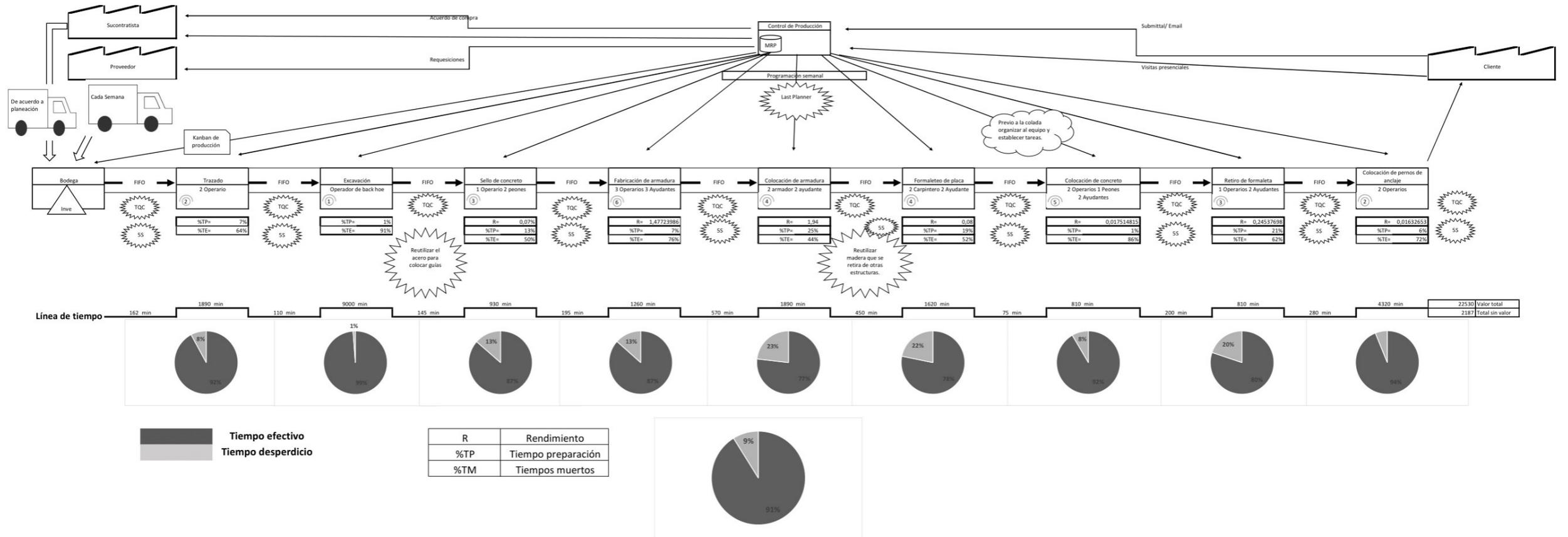


Nota. Elaboración propia.

Tabla 16. Recolección de datos para VSM futuro.

INSPECCIÓN RECOLECCIÓN DE DATOS											
Proyecto:		2213 Bodegas Unifika Lindora									
Actividad:		Placas aisladas Eje 1 y 2									
Proceso	Tiempo Monitoreo (min)	Tiempo preparativo (min)	Tiempos muertos (min)	Tiempo total del proceso (min)	Producto producido	Unidad	Recurso humano	Rendimiento	Unidad	%TP	%TE
Trazado	70,2	162	20	2205			2			7,35%	64,16%
Excavación	130,2	90	10	10680	65,3274	m ³	1	1%	m ³ /HH	0,84%	91,48%
Sello de concreto	159	135	60	1080	2,17758	m ³	3	0%	m ³ /HH	12,50%	49,76%
Fabricación de armadura	180	135	30	1890	16751,9	kg	6	148%	kg/HH	7,14%	76,19%
Colocación de armadura	292,2	540	90	2160	16751,9	kg	4	194%	kg/HH	25,00%	44,20%
Formaleteo	210	360	60	1890	618,35	m ²	4	8%	m ² /HH	19,05%	52,38%
Colocación de concreto	159	15	20	1080	94,58	m ³	5	2%	m ³ /HH	1,39%	86,03%
Retiro de formaleta	60	180	10	840	618,35	m ²	3	25%	m ² /HH	21,43%	61,90%
Colocación de pernos de anclaje	184,98	270	40	4410	144	Unidad	2	0,016326531	UN/HH	6,12%	72,25%
Observaciones											
En tiempos muertos entran tiempos de reuniones entre los trabajadores, momentos de ocio (hablando entre ellos), momentos de alimentación.											

Figura 27. Mapa de Flujo de Valor (VSM) para estado futuro de la actividad.



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con las oportunidades de mejora identificadas el mapa de flujo de valor del estado actual:

1. Se propuso que para la colocación de armadura fueran cuatro personas, dos operarios con sus respectivos ayudantes, además, porque las placas del eje A y B son más complejas debido a la viga de amarre que une ambos ejes para concluir este proceso en menos tiempo se consideró aumentar la mano de obra.

Figura 28. Colocación de armadura.



2. La oportunidad de mejora en el caso del encofrado se subsanó mediante la implementación de 5S que se detalla más adelante.
3. En cuanto a la colocación de concreto, se propuso la disminución de recurso humano en este proceso como máximo cinco personas, ya que, a pesar de que la mano de obra es poca en el proyecto que estén todos en un mismo proceso y que no sean necesarios causan retrasos en el resto de los procesos constructivos.

Figura 29. Estado futuro colocación de concreto.



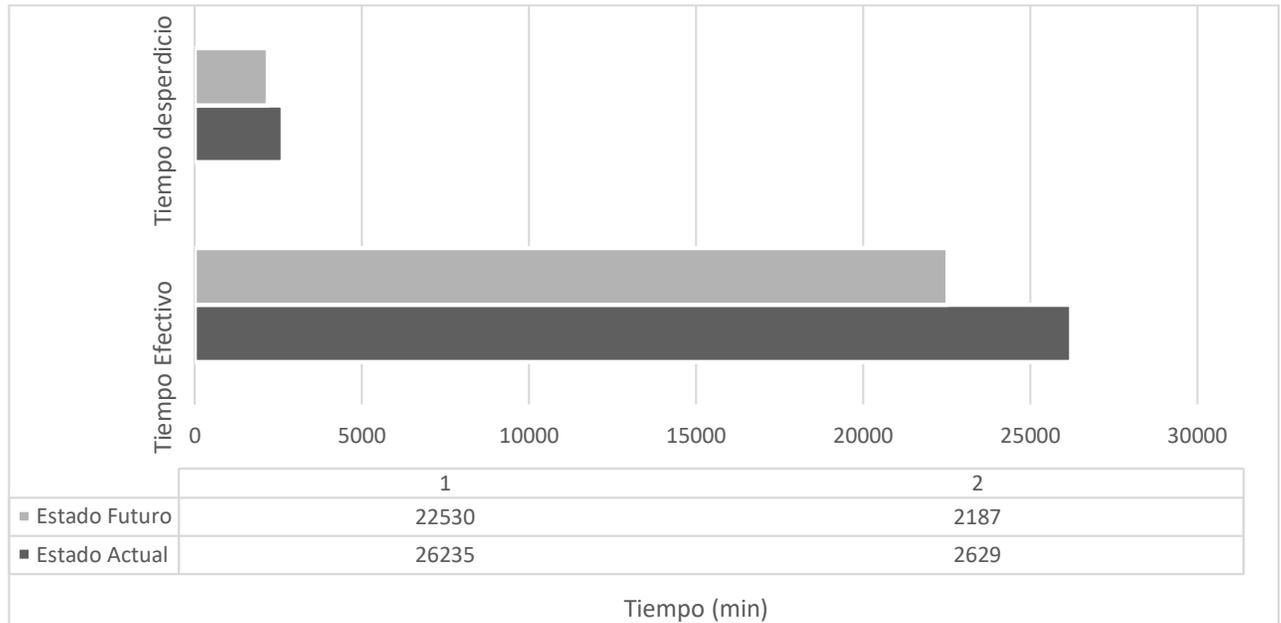
4. Con el fin de evitar retrasos significativos se propuso implementar Control de Calidad Total (TQC por sus siglas en inglés) en cada proceso para garantizar el cumplimiento con el diseño estructural y que en el futuro no se presenten inconvenientes ni se tenga que recurrir a retrabajos por la corrección de errores.

Figura 30. Control de calidad por parte del maestro de obras.



A partir de los resultados del mapa de estado de flujo de valor futuro, se realiza la comparación de los tiempos obtenidos, dicha comparación se puede apreciar en la Figura 26, el 1 corresponde a Tiempos Efectivos y 2 a Tiempos desperdicio.

Figura 31. Comparación del estado actual vs estado futuro.



En la Figura 31 es posible observar la reducción de los tiempos, tanto para el tiempo efectivo como para el considerado desperdicio. Cuantificando esta diferencia, se obtiene que la reducción del tiempo en el que realizan los trabajos es del 14% de la siguiente manera:

$$\left(\frac{(26235 - 22530)min}{26235min} \times 100 \right) = 14.12\% \quad \text{Ecuación 4}$$

Esta reducción se puede apreciar en todos los procesos, así la diferencia no sea significativa; van desde los 30 min en el procesos de retiro de formaleta hasta los 1680 min en el proceso de excavación.

Metodología 5S

En el proyecto en cuestión se identifican dos zonas diferentes; zona de almacén, que corresponde a la Bodega, la cual se ubica en un contenedor; por otro lado, la zona de producción, donde son realizadas todas las actividades para la ejecución del proyecto constructivo.

La implementación será específicamente en el área de producción; a continuación, se desglosa la situación actual para cada "S" para una mejor comprensión, además, para identificar las oportunidades de mejora fácilmente.

1. **Seiri o Clasificación:**

El material que se observa en la Figura 32, corresponde a madera utilizada para la elaboración de formaleta principalmente, no obstante, mucho de ese material es reutilizado, pero, por otro lado, hay un porcentaje que es desechado porque los colaboradores consideran que se trata de trozos cortos, que ya no sirven. Sin embargo, no tienen el material clasificado, lo que sirve con lo que ya no es útil.

Si este material fuera clasificado se ahorraría tiempo del encargado (el cual resulta representativo en el VSM) en ir a buscar entre toda esa montaña de madera, alfajillas y/o reglas para reutilizarlas en encofrados, además, se ahorraría espacio y se mejoraría la apariencia del proyecto, ya que los residuos se eliminarían.

Figura 32. Vertedero de madera.



De acuerdo con el procedimiento, y con la colaboración del maestro de obras, se clasifica el material, se asigna un espacio para desecho de madera y para la madera reutilizable.

Figura 33. Espacio de desecho de madera y escombros.



Figura 34. Espacio para alfajillas y reglas reutilizables.



Figura 35. Espacio de formaleta reutilizable.



Inicialmente, en este proyecto había estructura existente, la mayoría debió ser demolida para poder trabajar, por lo que, en el espacio del proyecto se asignó un espacio para colocar todo el acero extraído que ya no era útil para el proyecto.

Figura 36. Depósito de acero de refuerzo extraído.



Este material definitivamente no aporta valor al proyecto y se reutilizó para lo que se pudo, por ejemplo, para la colocación de maestras para sello de fundación. Es decir, donde la resistencia del acero no fuera necesario. Sin embargo, la cantidad era mucha y debía ser eliminada.

Figura 37. Espacio libre de acero.



Como es posible ver en la figura 37, el acero fue eliminado y el espacio se asignó a otro uso, pero siempre manteniendo el orden en el proyecto.

2. **Seiton u Orden:**

En esta “S” lo principal es ser organizado, en la Figura 38, se observa el desorden que mantienen posterior a retirar la formaleta, se entiende que se retira y la colocan en un lugar específico, pero considerando que se trata de equipo alquilado, con mucho más razón se debe tener sumo cuidado y atención a este equipo, lo ideal es que después de ser retirado, se almacene en un lugar seguro y protegido de factores climáticos, ya que, cualquier mala gestión al equipo representa un costo adicional. O en otro caso, si la formaleta es requerida para el encofrado de otra(s) estructura, sea trasladada inmediatamente al lugar donde serán colocadas.

El mismo caso con el martillo que se observa en la Figura 38, el cual corresponde a una herramienta necesaria para la realización de las labores, y los trabajadores tienen el deber de cuidar el equipo que se le brinda, porque finalmente, también es un costo, si se pierde, se verá la necesidad de comprar otro.

Figura 38. Retiro de formaleta.



En la Figura 38 se presenta un caso similar al del martillo, la empresa tiene la obligación de brindar equipo de seguridad ocupacional a los trabajadores, pero ellos tienen el deber de cuidar dicho equipo y no dejarlo extraviado, porque el equipo se encontraba mojado por agua de lluvia. Es el mismo caso, porque si el equipo se pierde, hay que comprar más, representando costos adicionales por una acción que se puede evitar. En este caso llevando mayor control en la bodega con el equipo prestado.

Figura 39. Equipo de seguridad a la intemperie.



Por último, en la Figura 40, se observa el espacio de trabajo de los colaboradores que están formaleteando, quienes colocan todo el material requerido para llevar a cabo el proceso en un paso de ingreso principal, además, que también es un paso para el back hoe. Desde otro punto de vista, este desorden también puede producir un accidente, ya que los mismos colaboradores pasan por ahí para ir a buscar madera en el vertedero de la Figura 32. Entonces lo principal es trasladar el material en otro punto que no represente un medio de paso.

Figura 40. Espacio de trabajo desordenado.



Para subsanar estas situaciones se realizan inspecciones periódicamente durante el día, para verificar el orden el proyecto y en caso de ser necesario, comunicar los problemas al maestro de obras general y/o subcontratista. Con el paso de los días, el proyecto se observaba mucho más ordenado y ya no había necesidad de llamar la atención al respecto.

Figura 41. Orden en el lugar de producción.



3. Seiso o limpieza:

En la Figura 42 se observan los residuos de acero de refuerzo extraído de las cimentaciones existentes en sitio, en la imagen se logra observar que la varilla se encuentra torcida, por lo que no tiene ningún uso, y debería ser desechada y ser depositada en el espacio establecido para este fin; como también los pequeños trozos de varilla que quedan ahí posterior a la colocación de armadura de la placa. La limpieza además de mejorar el aspecto del proyecto puede prevenir algún accidente, ya que cualquier persona se puede tropezar con este material.

Figura 42. Desechos de estructura demolida y del proceso de colocado de armadura.



En las siguientes Figuras, 43 y 44 es solo unos ejemplos de toda la basura que se puede encontrar en el proyecto, este es uno de los principales problemas presentes in situ, ya que, los trabajadores de parte del subcontratista no colaboran con la limpieza y orden en el espacio de trabajo, frecuentemente el maestro de obras general del proyecto, asigna a un colaborador directo de IDECO para que realice una limpieza general; pero sin colaboración y consciencia de parte del otro equipo, este aspecto resulta más complicado, cuando la responsabilidad debería ser compartida. Si se crea un programa de limpieza donde se turne el equipo de subcontratista con el de IDECO, el sitio de trabajo podría ser más limpio.

Figura 43. Basura en el proyecto.



Figura 44. Basura en el proyecto.



En busca de que el sitio de producción sea más limpio, al menos dos veces por semana se dispone de uno o dos colaboradores para que realicen una limpieza general en el proyecto.

4. Seiketsu o estandarización:

Para abordar las problemáticas presentadas anteriormente, se conversó con los subcontratistas, de manera que ellos comprendieran un poco mejor el concepto y lo transmitieran a sus empleados. Además, en diferentes puntos del proyecto, en lugares más visibles, se colocaron infografías referentes a la metodología 5S para generar compromiso y consciencia de parte de los trabajadores. Posterior a esto, se le dio seguimiento mediante inspecciones periódicas y si había alguna inconformidad, se daba el mensaje al subcontratista para que fuera corregida.

Figura 45. Infografía sobre metodología de las 5S.



5. Shisuke o disciplina:

La idea de todas las acciones tomadas anteriormente es fomentar la disciplina y responsabilidad en los trabajadores para mantener las 5S en curso. Para esto, resulta necesario revisiones periódicas para identificar oportunidades de mejora en el procedimiento, y garantizar la eficiencia y efectividad.

Para esto, se implementa la lista de chequeo para evaluar el cumplimiento de la metodología mostrado en el apéndice 1.5.

Tabla 17. Inspección de cumplimiento de metodología 5S 14 de noviembre del 2023.

LISTA DE CHEQUEO INSPECCIÓN 5S				
Fecha: 14 de noviembre del 2023				
Hora: 9:30 am				
Proyecto: 2213 Bodegas de Lindora				
Bodega:				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CUMPLE		
		SI	NO	N/A
SEISO (CLASIFICACIÓN)				
1	Los pasillos se encuentran libres de obstáculos	X		
2	No se mantienen materiales innecesarios		X	
3	No se mantienen equipos o herramientas dañadas en el lugar de trabajo	X		
4	Se tiene identificados los lugares de almacenamiento		X	
5	Los desechos se encuentran organizados y delimitados o en el lugar de acopio temporal	X		
6	Los almacenamientos de los agregados no obstruyen el paso del personal	X		
7	Se ven partes o materiales en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado		X	
8	Existen materiales desordenados que pueden poner en riesgo la seguridad de algún colaborador		X	
9	Alrededor de zonas como la batidora, colocación de piso hay material acomodado que no se encuentre en orden y limpieza		X	
10	Los equipos de alquiler que no están en uso y no requieren un pronto uso son devueltos al proveedor		X	
SEITON (ORDEN)				
11	Las áreas de almacenamiento temporal están debidamente identificadas		X	
12	Se encuentra definido un lugar para cada herramienta o equipo		X	
13	Los almacenamientos de suministros se encuentran en un lugar específico y son de fácil acceso	X		
14	Los utensilios de trabajo son fácilmente encontrados	X		
15	Los contenedores de basura están en el lugar designado para éstos	X		
16	Los andamio o equipos se encuentran en un solo lugar y está identificado		X	
SEISO (LIMPIEZA)				
17	Se considera un plan de limpieza, donde los colaboradores deben saber que deben dejar los lugares limpios	X		
18	Los pisos se encuentran limpios de residuos		X	

19	No hay restos de alimentos en las áreas de trabajo	X		
20	Los equipos de limpieza están organizados y de fácil acceso	X		
SEIKETSU (ESTANDARIZACIÓN)				
21	Todos los sitios de almacenamiento (estanterías, cajones) encuentran identificados		X	
22	Se evidencia sostenibilidad de las 3 primeras S	X		
23	Se evidencia mejora continua del área de trabajo en comparación a la evaluación anterior	X		
SHISUKE (DISCIPLINA)				
24	Se recibió la información de la evaluación anterior			X
25	Se han realizado las auditorías semanales			X
OBSERVACIONES				
Prestar mayor atención a los materiales, tener bien identificados los que se desechan y reutilizables.				

Tabla 18. Inspección de cumplimiento de metodología 5S 22 de noviembre del 2023.

LISTA DE CHEQUEO INSPECCIÓN 5S				
Fecha: 22 de noviembre del 2023				
Hora: 2:30 am				
Proyecto: 2213 Bodegas de Lindora				
Bodega:				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CUMPLE		
		SI	NO	N/A
SEISO (CLASIFICACIÓN)				
1	Los pasillos se encuentran libres de obstáculos	X		
2	No se mantienen materiales innecesarios	X		
3	No se mantienen equipos o herramientas dañadas en el lugar de trabajo	X		
4	Se tiene identificados los lugares de almacenamiento		X	
5	Los desechos se encuentran organizados y delimitados o en el lugar de acopio temporal	X		
6	Los almacenamientos de los agregados no obstruyen el paso del personal	X		
7	Se ven partes o materiales en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado	X		
8	Existen materiales desordenados que pueden poner en riesgo la seguridad de algún colaborador	X		
9	Alrededor de zonas como la batidora, colocación de piso hay material acomodado que no se encuentre en orden y limpieza		X	
10	Los equipos de alquiler que no están en uso y no requieren un pronto uso son devueltos al proveedor	X		
SEITON (ORDEN)				

11	Las áreas de almacenamiento temporal están debidamente identificadas		X	
12	Se encuentra definido un lugar para cada herramienta o equipo		X	
13	Los almacenamientos de suministros se encuentran en un lugar específico y son de fácil acceso	X		
14	Los utensilios de trabajo son fácilmente encontrados	X		
15	Los contenedores de basura están en el lugar designado para éstos	X		
16	Los andamio o equipos se encuentran en un solo lugar y está identificado		X	
SEISO (LIMPIEZA)				
17	Se considera un plan de limpieza, donde los colaboradores deben saber que deben dejar los lugares limpios	X		
18	Los pisos se encuentran limpios de residuos	X		
19	No hay restos de alimentos en las áreas de trabajo	X		
20	Los equipos de limpieza están organizados y de fácil acceso	X		
SEIKETSU (ESTANDARIZACIÓN)				
21	Todos los sitios de almacenamiento (estanterías, cajones) encuentran identificados		X	
22	Se evidencia sostenibilidad de las 3 primeras S	X		
23	Se evidencia mejora continua del área de trabajo en comparación a la evaluación anterior	X		
SHISUKE (DISCIPLINA)				
24	Se recibió la información de la evaluación anterior	X		
25	Se han realizado las auditorías semanales	X		
OBSERVACIONES				
Rotular los espacios de almacenamientos y desechos.				

Análisis de resultados

En este apartado se llevará a cabo el análisis de resultados, para lo cual se evaluarán los resultados con respecto a los objetivos propuestos para la elaboración de este Trabajo Final de Graduación:

Diagnóstico de los conceptos de la Filosofía Lean en la empresa IDECO

De acuerdo con los resultados, la empresa exhibe una sólida alineación con los principios de Lean Construction, ya que la mayoría de los colaboradores demuestran un entendimiento profundo de la filosofía subyacente. Este conocimiento no solo facilita la implementación de las prácticas lean, sino que también promueve una disposición activa para participar en el diagnóstico organizacional realizado. Como señaló Al-Aomar, (2012), es común que los administradores de proyectos opten por no involucrarse en tales iniciativas debido a una falta de interés o una percepción limitada del valor que la adopción de enfoques lean puede generar.

Es alentador observar un marcado interés por parte del Gerente de Ingeniería, quien reconoce la importancia de la Filosofía. La participación activa de la gerencia es crucial, dado el alcance de los cambios requeridos y los recursos necesarios para llevarlos a cabo de manera efectiva.

Aunque es importante destacar que, si bien el concepto de la Filosofía de Lean Construction no está completamente arraigado en la empresa, tanto el Gerente de Ingeniería como los colaboradores están comprometidos con la reducción de desperdicios, costos y tiempos en cada proyecto. Esto se refleja en la implementación de actividades clave que promueven el pensamiento Lean, muchas de las cuales son el resultado directo de la aplicación del Sistema de Gestión en todos los procesos organizacionales. Además, la empresa ha desarrollado un instructivo para la implementación del Last Planner, una herramienta fundamental dentro de Lean Construction. Por lo tanto, es evidente que la empresa no solo está familiarizada con los principios de Lean Construction, sino que también está tomando medidas concretas para su implementación efectiva en la práctica.

Esta continua integración de los principios lean en las operaciones de la empresa refleja un compromiso sólido con la mejora continua y la eficiencia en todos los niveles organizativos. Al fortalecer aún más esta cultura Lean y fomentar la participación activa de todos los miembros del

equipo, la empresa está posicionándose de manera óptima para maximizar el valor entregado a los clientes y mantener una ventaja competitiva en un entorno empresarial en constante cambio.

Análisis de brecha con las oportunidades de mejora

Al llevar a cabo la investigación sobre las buenas prácticas en Lean Construction que se están implementando en el campo de la construcción, se logró recopilar datos valiosos que se reflejan en las tablas 13 y 14. En la tabla 13, se presenta una síntesis detallada de la información obtenida de la tabla 12, lo que permite visualizar claramente la brecha existente entre las prácticas lean adoptadas por la empresa y aquellas que son comúnmente empleadas por los practicantes de esta filosofía. Es alentador observar que muchas de las prácticas lean ya se encuentran no solo implementadas, sino también consolidadas en el Sistema de Gestión de la empresa, lo cual es evidenciado en las Figuras 15, 16, 17, 18 y 19; formularios, instructivos y procedimientos que proporcionan un marco estructurado y sistemático para gestionar y mejorar los procesos, actividades y recursos de la empresa, además que, funcionan como requisito estándar en cada proyecto ejecutado.

Sin embargo, al analizar las tablas en conjunto, también se identifican áreas de oportunidad para mejorar aún más la eficiencia y la efectividad de los procesos constructivos. Entre las oportunidades de mejora seleccionadas se encuentra el Value Stream Mapping (VSM) o Mapa de Flujo de Valor. Esta metodología se destaca por su capacidad para visualizar de manera clara los desperdicios presentes en los procesos constructivos, lo que permite diseñar nuevos procesos que eliminen o minimicen estas deficiencias. Además, se ha identificado la metodología de las 5S, que tiene como objetivo principal mantener un ambiente de trabajo más organizado y limpio, lo cual se traduce en una mejora significativa en la eficiencia de los trabajadores.

Aunque estas metodologías aún no han sido implementadas por la empresa, las referencias consultadas Villanueva et al., (2020) y Medina (2021) demuestran que cada una de ellas ha generado resultados positivos de manera individual. Sin embargo, al implementarse de manera conjunta, ofrecen beneficios aún más significativos a la organización, incluyendo una mayor eficiencia, una reducción notable de los desperdicios y la creación de un entorno de trabajo más ordenado y productivo. Estas prácticas, en conjunto, contribuyen de manera significativa a la mejora continua de la empresa y a su capacidad para mantener una ventaja competitiva en el mercado de la construcción.

Procedimiento para la Implementación de Lean Construction

El procedimiento desarrollado para implementar Lean Construction, tiene el objeto de brindar lo necesario para la fácil comprensión de las herramientas seleccionadas de la Filosofía Lean Construction.

El procedimiento se desarrolla con base a las herramientas seleccionadas producto del análisis de brecha, y para cada herramienta se definen las actividades a realizar para la implementación de Lean Construction de manera satisfactoria. Afortunadamente, el desarrollo del procedimiento no presentó ninguna limitación, todo lo contrario, siempre hubo apoyo de parte del Gerente de Ingeniería, ingeniero del proyecto y maestro de obra del proyecto. Según Valencia, (2013) Lean es una filosofía de administración eficiente de proyectos para obtener mayor rentabilidad y minimizar desperdicios, he ahí la importancia de este procedimiento, y con ello la comprensión de los colaboradores que implementarían estas herramientas en cada uno de sus proyectos.

De acuerdo con el procedimiento, inicialmente se debe evaluar el estado de cómo están ejecutando los procesos en estudio, esto porque esta es la forma de identificar las áreas de mejora; como también lo que el cliente valora, recordar que la filosofía Lean busca el beneficio tanto de la empresa como del cliente. Su principal cometido es eliminar todo lo que no aporta valor, de manera, que se incremente el valor en el proyecto.

Posteriormente, se mapea el flujo de valor mediante la implementación de VSM y para esto, se desarrollan una serie de pasos iniciando por la selección del proceso o sistema a mapear, ya que, un mapa de flujo de valor es una representación gráfica de un proceso, no se puede graficar todos los procesos del proyecto, porque en este caso perdería su objetivo, ya que, la identificación de desperdicios en cada proceso se dificulta, y en ese caso solo sería un Diagrama de Flujo que expresa las actividades a realizar del proyecto. Posteriormente, se debe definir el objetivo del VSM, ¿Qué se quiere obtener con el Mapa de Flujo de Valor?, puesto que, al no estar claro de lo que quiere obtener mediante la diagramación, el sentido se pierde y el Mapa pierde valor. Es importante que el equipo se familiarice con el proceso a mapear, ya que serán quienes realicen los cambios requeridos para la mejora del proceso. Una vez dibujado el mapa con el procedimiento descrito, se deben recopilar los datos relevantes de cada proceso para identificar las falencias y saber por dónde actuar; a partir de estos resultados, se elabora el mapa de flujo de valor futuro, tratando todas las falencias identificadas con el fin de optimizar el proceso y con ello el plan de acción. Por último, es la implementación del plan, y para validar el funcionamiento de la herramienta se le debe dar seguimiento a lo planteado.

Por otro lado, para la implementación de la Metodología de las 5S, se describen acciones a implementar para cada "S"; iniciando por *Seiri*, se considera que, para aplicar el concepto de manera más satisfactoria, esta se debe basar en tres acciones: identificación del área de trabajo, la cual corresponde a la zona de producción, porque es donde naturalmente se presentan más

falencias. Una vez ubicado el lugar, se procede a la clasificación, para saber lo que definitivamente debe ser eliminado; una vez hecho la selección, se continúa con *Seiri*, donde lo que fue seleccionado anteriormente como útil, se ubican en lugares específicos para mantener el orden en el lugar de producción. Por último, *Seiso* con el espacio de trabajo ordenado, se procede a realizar la limpieza requerida, eliminando todo aquello que no aporta valor al proyecto y disminuye el espacio disponible. A partir de las últimas 3S, solo queda que de parte de la administración del proyecto establezca estándares y brinde seguimiento, y, por otro lado, los trabajadores colaboren con el orden y limpieza. Entonces se puede ver cómo el procedimiento es una guía muy fácil de seguir y comprender; mantener el espacio de trabajo limpio y ordenado hace que los procesos sean más eficientes y se disminuye el riesgo de tener un accidente en el lugar de trabajo.

Validación del Procedimiento

Con el procedimiento ya establecido, se procede a validar el mismo mediante la implementación en el proyecto. Para esto se le dio seguimiento a la actividad de fundaciones de nave principal, y con ello, suma atención a cada proceso constructivo que lo compone.

En la Figura 26 se tiene el VSM generado a partir de la observación en campo, de cómo los trabajadores realizaban sus actividades, a pesar de que los resultados no califican cómo catastróficos, los mismos pueden ser mejorados, se obtuvo un tiempo efectivo de 26235 minutos y un total de sin valor de 2629 minutos, siendo este último el 9% del tiempo total. Como se dijo anteriormente, los resultados no están mal, pero como parte de la optimización de procesos estos tiempos deben ser reducidos. Los tiempos “desperdicio” llamados así porque no necesariamente corresponden a tiempos muertos, pero sí se trataba de tiempos que pueden ser reducidos con una correcta planificación previa a realizar el trabajo. Por ejemplo, uno de los principales tiempos desperdicio que se identificaron fue en los procesos de colocación de formaleta, ya que, los trabajadores invertían mucho tiempo trasladándose al centro de acopio donde está la madera y sobre todo, buscando material que fuera útil, como se mencionó este material es reutilizado, lo cual es bueno, pero mediante la implementación de la 5S este proceso se optimizaría; también, en los tiempos de colado de concreto premezclado, previo a la colocación del concreto no había una planificación, así que, en el momento que llega el camión mezclador hay mucho desorden, los colaboradores no saben qué deben hacer, por lo que, se pasan las tareas de uno a otro y tampoco hay claridad del orden en que los elementos serán colados, por lo que, hacen que el camión se movilice de un lado para otro haciendo que este tiempo de espera sea mayor, y en ocasiones debían trasladar el concreto en carretillos porque quizá hizo falta concreto en el elemento por el que ya se pasó, y esto además de generar desperdicio de material, aumenta el tiempo en el que se hace la actividad, como se dijo anteriormente, no son tiempos muertos porque los colaboradores no se encuentran detenidos, sino que son tiempos que pueden ser reducidos con

una correcta planificación previa. Además, en esta actividad hay otro problema, que producto a la ausencia de la planificación en asignación de tareas a cada colaborador, se acercan todos los trabajadores a cargo del subcontratista de obra gris, es decir, el proyecto se detiene en el resto de las actividades, lo cual no debería pasar, porque hay muchos que solo entorpecen el proceso y otros que no son productivos, solo observan.

Entonces, en busca de optimizar no solo estos procesos, sino todos los demás, se realiza el VSM de estado futuro, que se observa en la Figura 27, en este caso, se tratan todas las falencias identificadas del VSM de la figura 26, además, de lo observado en campo.

Se propone un Kanban de producción, lo cual hace referencia a indicar la producción requerida mediante la implementación de Last Planner, para de esta manera suministrar los recursos requeridos y hacer que la actividad sea más fluida. Además, que el material sea gestionado de forma que, lo primero en entrar a bodega sea lo primero en salir (*FIFO "First In, First Out"*) de esta manera se controla el Sobre Inventario, por ende, es necesario garantizar la implementación de Just InTime, para evitar los tiempos muertos en producción.

Adicionalmente, se incorporó la implementación de TQC posterior a cada actividad, porque, por ejemplo, ocurrió que después al formateo de uno de los pedestales, al bajar puntos y verificar la ubicación del elemento, acontece que el pedestal estaba mal, por lo que, se tuvo que retirar la formaleta y empezar todo el proceso de nuevo. Tiempo y retrabajos que pueden ser evitados si al culminar un proceso se hace el control de calidad correspondiente. Además, se promueve la reutilización de materiales en casos donde corresponda, para reducir costos y desperdicio.

Por último, con las observaciones realizadas y las mejoras propuestas, se obtiene un tiempo efectivo de 22530 minutos y 2187 de tiempo desperdicio, disminuyendo así el tiempo total de la realización de la actividad, lo cual ya es ganancia. En la Figura 31 se aprecia mejor la diferencia. Y mediante la ecuación 4, establece que hay una reducción del 14%, lo cual es aceptable, considerando que la estructura de cimientos del Eje A y B es más robusta que la del Eje C.

Además, se busca la complementar ambas herramientas, por lo que, en cada proceso se lleva a cabo la implementación de las 5S, verificando que su espacio de trabajo sea limpio y ordenado, que una vez retirados los materiales dispongan de ellos en su respectivo lugar, ya sea que se trate de desecho o reutilización; de igual manera con las herramientas.

Afortunadamente, hubo apoyo por parte del maestro de obras, quien ha acompañado este proceso y vela porque el proyecto se encuentre en buenas condiciones; no obstante, aunque se hayan obtenidos resultados positivos, se debe dar seguimiento como parte de la mejora continua, por lo que, aún hay mucho que trabajar, sobre todo en la concientización y disciplina de parte de los trabajadores, y el compromiso de los subcontratistas. El problema es principalmente la normalización, que creen que por ser construcción el desorden es normal, no obstante, en este aspecto es en el que se debe de trabajar para motivar a realizar sus trabajos de una manera limpia y ordenada.

Además, mediante la implementación de las tablas para inspección de 5S que se observan en las Tablas 17 y 18 será posible dar seguimiento a la mejora continua, sin embargo, es importante que esta tabla sea actualizada periódicamente para garantizar su efectividad.

Conclusiones y recomendaciones

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones extraídas de este escrito:

Conclusiones

1. Tras realizar entrevistas y encuestas a los colaboradores de la organización, se ha llegado a la conclusión de que la empresa no solo está familiarizada con el concepto de Lean Construction, sino que también implementan una de sus herramientas más destacadas, el "Last Planner," en sus procesos de planificación y control. Esto respalda la afirmación de que la empresa ya se encuentra en el desarrollo del pensamiento Lean. El cual, requiere de años de trabajo para lograr consolidarlo, pero en esta rama ya se presenta avance en el concepto.
2. Se obtuvo una disposición activa por parte de los colaboradores para participar en el diagnóstico, lo cual indica compromiso con la mejora continua. Este compromiso se refleja claramente en la implementación de actividades clave que promueven el pensamiento Lean, evidenciando un alto grado de familiaridad y adopción de prácticas eficientes en la gestión de proyectos. Es importante destacar que muchas de estas actividades se han integrado con éxito en el Sistema de Gestión de la organización, lo que demuestra un enfoque integral hacia la optimización de procesos y la reducción de desperdicios, costos y tiempos en cada proyecto ejecutado. Este compromiso conjunto hacia la eficiencia y la calidad en todas las operaciones constituye un fundamento para el crecimiento y la competitividad continua de la empresa en el mercado.
3. La organización mantiene una familiaridad e implementación de algunas prácticas Lean, no obstante, todavía existen oportunidades para fortalecer aún más este enfoque dentro de la organización. Mediante el análisis de brecha entre lo implementado por practicantes de la filosofía y la organización, se identificaron herramientas Lean adicionales, como el Mapeo del Flujo de Valor (VSM) y las 5S, que aún no han sido integradas en los procedimientos organizacionales.
4. A partir de los resultados del análisis de brechas, se ha elaborado un procedimiento detallado para la aplicación de las metodologías VSM y 5S, las cuales se fundamentan en los principios de la filosofía Lean. Este procedimiento no solo abarca un enfoque general

para la implementación de Lean Construction en la organización, sino que también se ha desarrollado específicamente para cada una de las metodologías mencionadas. Con esta iniciativa, la organización podrá fortalecer su enfoque Lean y alcanzar mayores niveles de eficiencia, calidad y competitividad en sus operaciones.

5. Se desarrollaron plantillas y recursos complementarios para facilitar y agilizar su implementación futura. Con esta iniciativa, la organización está comprometida no solo a seguir avanzando en la excelencia operativa, sino también a asegurar que cada paso dado esté respaldado por una planificación sólida y recursos adecuados para garantizar el éxito a largo plazo.
6. La validación de las mejoras implementadas se llevó a cabo de manera exitosa mediante la comparación entre los métodos tradicionales y la aplicación del Mapeo del Flujo de Valor (VSM). Los resultados obtenidos son alentadores, ya que se logró una notable reducción del 14% en los tiempos de los procesos, lo que evidencia claramente el impacto positivo de las medidas de optimización implementadas. Esta reducción no solo confirma la efectividad de las prácticas Lean en la mejora de la eficiencia operativa, sino que también respalda la decisión estratégica de la organización de adoptar enfoques innovadores para impulsar su competitividad y su capacidad para satisfacer las necesidades cambiantes del mercado.
7. La implementación de la metodología 5S ha tenido impacto en la gestión y ejecución del proyecto, al mejorar notablemente las condiciones de limpieza y orden en el lugar de trabajo. Esta mejora no solo contribuye a crear un entorno más seguro y agradable para los trabajadores, sino que también tiene implicaciones directas en la eficiencia y la productividad de las operaciones. El mantenimiento de un espacio de trabajo limpio y ordenado facilita la búsqueda y utilización de herramientas y materiales, por lo que, reduce los tiempos de preparación y minimiza el riesgo de accidentes y lesiones. En última instancia, la implementación exitosa de la metodología 5S refleja el compromiso de la organización con la calidad, la eficiencia y el bienestar de su personal, sentando así las bases para el éxito continuo del proyecto y la satisfacción de todas las partes interesadas involucradas

Recomendaciones

- 1 Es esencial reconocer que Lean Construction no se limita exclusivamente a los procesos de construcción; ya que, al extender esta filosofía a otros departamentos de la organización como en **Gerencia Comercial**; donde se realizan los estudios correspondientes para la selección de proyectos que sean viables para la organización, es posible desarrollar un Value Management Plan interno que permita priorizar proyectos de construcción desde una perspectiva Lean. Esta expansión de Lean a áreas más allá de la construcción puede optimizar aún más la eficiencia global de la organización.
- 2 Es importante que el Departamento de Ingeniería junto con Recursos Humanos se encarguen de brindar capacitación periódica al personal para asegurarse de que estén al tanto de los últimos avances en esta filosofía en constante evolución. Dado que el campo de Lean es muy amplio y dinámico, garantizar que los empleados comprendan los principios y las herramientas Lean, así como su aplicación en el trabajo diario, es crucial para mantenerse a la vanguardia de las mejores prácticas.
- 3 El Departamento de Ingeniería debería involucrar a los subcontratistas en el proceso de implementación de Lean Construction con la incorporación de cápsulas orientadas al pensamiento Lean en los contratos de subcontratación. Es fundamental que estos colaboradores externos también se comprometan con los principios Lean y participen activamente en la mejora de los procesos. La colaboración con los subcontratistas puede llevar a una ejecución más eficiente del proyecto en su conjunto.
- 4 La Gerencia de Ingeniería, que es el Departamento que se encuentra en mayor contacto con el campo debe actualizar periódicamente los procedimientos propuestos para promover la mejora continua en la organización. Esto implica la revisión regular de las prácticas y la disposición a realizar ajustes a medida que surgen nuevas oportunidades y desafíos. La capacidad de adaptación es clave para mantenerse alineado con los objetivos de eficiencia y calidad.

Referencias

- Al-Aomar, R. (2012). Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. In *Lean Construction Journal* (Vol. 2012).
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/page105www.leanconstructionjournal.orgwww.leanconstructionjournal.org>
- Ballard, G., Chen, C., Do, D., & Tommelein, I. (2014). *Target Value Design as a method for controlling project cost overruns*.
<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-60be4336-c264-487b-98f1-089e68aa8179.pdf>
- Botero, L., & Hoyos, M. (2017). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura . *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 3.
<http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v36n1/2145-9371-inde-36-01-00187.pdf>
- Cabrera, M. (2010). *Introducción a las fuentes de información*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7580/introduccion%20a%20las%20fuentes%20de%20informaci%c3%83%c2%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Camacol Bogotá y Cundinamarca. (2015, May 20). *Fundador de Lean Construction entrega reconocimiento a empresas colombianas que implementaron el modelo*.
<https://ww2.camacolcundinamarca.co/382-reconocimiento-lean-construction.html>
- Carro, R., & González, D. (2012). *Diseño y selección de procesos*.
https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1613/1/08_diseno_procesos.pdf
- Cervantes, M., & Delgado, D. (2023). *Implementación de la Realidad Virtual en los modelos BIM para la sostenibilidad*.
<https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/632/462>
- Flick, U. (2012). *Introducción a la investigación cualitativa* (M. Lequerica, Ed.; 3rd ed.). Ediciones Morata.
- Guerrero Bejarano, M. A. (2016). La Investigación Cualitativa. *INNOVA Research Journal*, 1(2), 1–9. <https://doi.org/10.33890/innova.v1.n2.2016.7>
- Hamzeh, F., González, V. A., Alarcon, L. F., & Khalife, S. (2021). *Lean Construction 4.0: Exploring the Challenges of Development in the AEC Industry*. 207.
<https://doi.org/10.24928/2021/0181>
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*.
- Leandro, A. (2008). Mejoramiento de los procesos constructivos. *Tecnología En Marcha*, 21(4), 64–68.
- Linman, D. (2010, August 18). *Value Management in Projects – Definition and Goals*.
<https://mymanagementguide.com/value-management-in-projects-definition-and-goals/>
- Machuca, F. (2022, June 6). *Técnicas de recolección de datos*.
<https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/tecnicas-recoleccion-de-datos/>

- Medina, L. (2021). *Lean Construction y el método de las 5S: Aplicación a un caso real* [Universidad de Jaén].
<https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/16168/1/Laura%20Medina%20Torres%20Trabajo%20Fin%20de%20Grado%20-%20Laura%20Medina%20Torres.pdf>
- Mora-Chavarría, I., Gutiérrez-Loria, M., & Quirós-Campos, J. (2021). Planificación de operaciones de construcción. *Revista Tecnología En Marcha*.
<https://doi.org/10.18845/tm.v34i4.5155>
- Ogunbiyi, O., Oladapo, A., & Goulding, J. (2014). An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. In *Construction Innovation* (Vol. 14, Issue 1, pp. 88–107). <https://doi.org/10.1108/CI-08-2012-0045>
- Pacheco, S. (2015). *El Target Value Design: Un enfoque de la gestión Lean para generar valor* [Universidad Católica del Perú].
https://www.researchgate.net/publication/311427496_El_Target_Value_Design_Un_enfoque_de_la_gestion_Lean_para_generar_valor
- Pascal, D. (2015). *Lean Production Simplified* (3rd ed.). Taylor y Francis Group.
<https://nibmehub.com/opac-service/pdf/read/Lean%20Production%20Simplified-%203rd%20edition%20-%20a%20plain%20language%20guide%20to%20the%20world's%20most%20powerful%20production%20system.pdf>
- Rojas, L. (2023). *LEAN y Metodologías*.
- Rojas, L. G. (2023). *Introducción al Diseño de Procesos Constructivos*.
- Ruíz, J. M. (2012). *Sistematización de los principios Lean en la construcción del almacén ESPH*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Sarduy, Y. (2007). *El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa*. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v33n3/spu20307.pdf>
- Troncoso, C., & Amaya, A. (2017). Entrevista: guía práctica para la recolección de datos cualitativos en investigación de salud Interview: a practical guide for qualitative data collection in health research. *Rev. Fac. Med*, 65(2), 329–361.
<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v65n2.60235>
- Valencia, S. (2013). *La filosofía LEAN aplicada en la Gerencia de proyectos* [Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20387/43841460.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villanueva, J., Lucio, E., & José, O. (2020). *Optimización de los procesos productivos utilizando Value Stream Mapping (VSM) en los procesos constructivos de placa de ascensor, placa de escalera y losa maciza “sector 4”* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)].
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/650431/Villanueva_JL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zafra, O. (2006). Tipos de Investigación. *Revistas Científica General José María Córdoba*, 4(4). <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476259067004.pdf>

Apéndices

Apéndice 1. Procedimiento para la Implementación de Lean Construction.

- 1.1 Tabla de Símbolos y fórmulas en la plantilla de Excel.
- 1.2 Machote para la elaboración de VSM.
- 1.3 Machote para la recolección de datos para VSM.
- 1.4 Machote para chequeo de cumplimiento de 5S en bodegas.
- 1.5 Machote para chequeo de cumplimiento de 5S en proyectos.

Ingeniería, Desarrollo y Construcción IDECO S.A

Procedimiento para la implementación de metodologías fundamentadas en la Filosofía Lean

Mapa de Flujo de Valor (VSM)
5S



Elaborado por: Yuliana Angulo Carpio

Propósito

Proponer un procedimiento para que la organización lleve a cabo la implementación de dos metodologías fundamentadas en la Filosofía Lean Construction en sus procesos constructivos con el fin de eliminar el desperdicio, mejorar la eficiencia e incrementar la satisfacción por parte del cliente.

Objetivo

La filosofía tiene por objetivo esencial la eliminación sistemática de los residuos por parte de los miembros de la organización en todos los procesos. Esta filosofía se esfuerza por hacer que las organizaciones sean más competitivas en el mercado mediante el aumento de la eficiencia y la disminución de los costos producto a la eliminación de las actividades en los procesos que no generan valor.

Introducción

Este procedimiento describe el paso a paso para implementar dos metodologías fundamentadas en la Filosofía Lean Construction; adicionalmente, como se trata de dos metodologías distintas con diferentes propósitos, pero con una bien común basada en los principios Lean, se describe el paso a paso para cada herramienta de manera que permita la comprensión y fácil implementación de estas.

Se considera que las herramientas seleccionadas, en conjunto, ofrecen beneficios significativos a la organización, en términos de eficiencia, reducción de desperdicios y creación de un entorno de trabajo más organizado y eficiente; contribuyendo así, a la mejora continua.

La Filosofía Lean Construction se centra en maximizar el valor para el cliente, eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia en todas las etapas del proyecto de construcción. Para la implementación de esta Filosofía, a lo largo de los años se han desarrollado diferentes herramientas con distintos enfoques, pero siempre basados en los principios de Lean. Por lo tanto a continuación se desarrolla un procedimiento general para la implementación de Lean Construction con la integración de diferentes herramientas, algunas ya implementadas y parte del Sistema de Gestión como las nuevas propuestas:

1. Evalúe detalladamente el estado actual de los procesos constructivos. Para identificar los desperdicios, cuellos de botella, tiempos de espera y cualquier área de mejora.
2. Identifique el valor para el cliente, lo que el cliente valora en el proyecto. Ejemplo: calidad, tiempos de entrega, desperdicios, entre otros.
3. Mapeo del flujo de valor mediante herramientas como el Value Stream Mapping (VSM) para visualizar y analizar el flujo de valor actual en el proceso de construcción. Identifica las áreas donde se pueden realizar mejoras y elimina actividades que no agregan valor.
4. Implementa el principio Just-in-Time para minimizar el desperdicio de tiempo y recursos. Asegúrate de que los materiales, herramientas y mano de obra estén disponibles justo cuando se necesiten.
5. Introduce las 5S (Clasificación, Orden, Limpieza, Normalización y Disciplina) para organizar el lugar de trabajo, eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia.
6. Implementa KPIs (Indicadores Clave de Rendimiento) para medir el éxito de la implementación de Lean Construction. Evalúa regularmente los resultados y ajusta las estrategias según sea necesario.
7. A medida que se logra el éxito en la implementación de Lean Construction en un proyecto, extiende los principios y prácticas a otros proyectos y áreas de la organización.

Value Stream Mapping (VSM)

Propósito

Que los ingenieros en sitio tengan las herramientas para poder visualizar el flujo de valor de un proceso o sistema para identificar áreas de mejora y optimización.

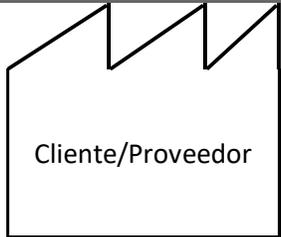
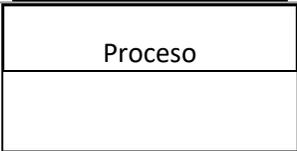
Descripción

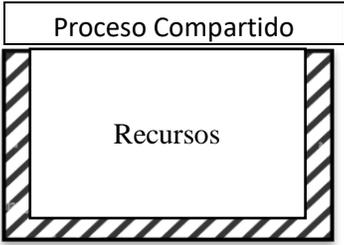
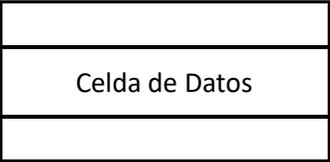
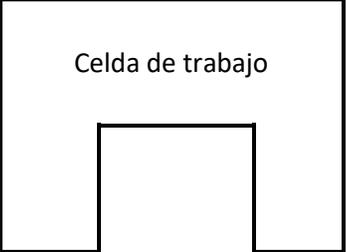
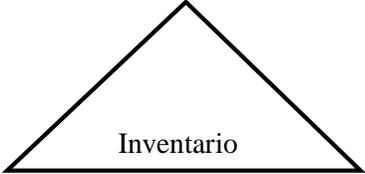
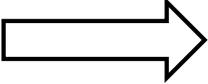
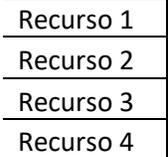
Los mapas de flujo de valor consisten en la creación de representaciones gráficas de los procedimientos de las actividades necesarias para obtener un producto final mediante mapas. Donde a partir de ello, facilita la visualización del proceso y ayuda a identificar todo aquello que no aporta valor. Para finalmente proponer mejoras y eliminar los desperdicios identificados.

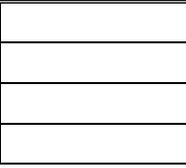
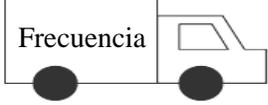
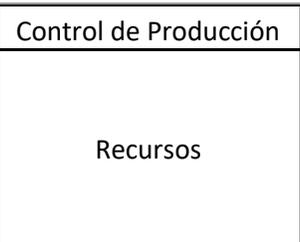
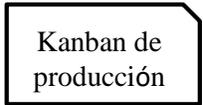
Pasos para elaborar un VSM

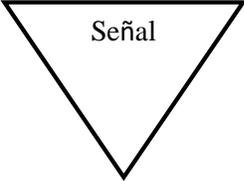
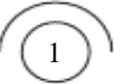
1. Selección del proceso o Sistema a mapear:
Defina claramente cuál es el proceso o sistema que desees mapear.
2. Identificación de objetivos y alcance:
Defina los objetivos de tu VSM, por ejemplo: tiempo, desperdicio o eficiencia.
3. Reunir un equipo de trabajo:
El equipo interdisciplinario debe estar familiarizado con el proceso a mapear.
4. Dibuje el mapa de flujo de valor:
En un papel grande, pizarra o una herramienta de software de mapeo de flujo de valor comienza a dibujar el mapa de la siguiente manera:
 - a. Dibuje o ingrese los iconos de cliente, proveedor y control de producción. Además, ingresar los requisitos del cliente por mes y por día.
 - b. Dibuje o ingrese icono del camión con la frecuencia de entrega en el proyecto.
 - c. Agregue las cajas de flujo de proceso en secuencia de izquierda a derecha y los datos de cada proceso de acuerdo con la actividad seleccionada.
 - d. Agregue las flechas de comunicación con sus respectivos métodos y frecuencias.
 - e. Agregue los números de operadores.
 - f. Agregue el inventario requerido en cada proceso.
 - g. Agregue la información adicional considerada útil y las horas de trabajo.
 - h. Anote tiempo de ciclo y de procesamiento, mediante la observación en campo.

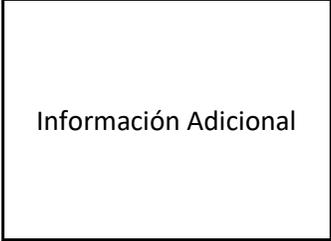
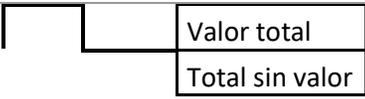
La simbología para la elaboración del VSM de manera más efectiva sería la siguiente:

Tipo de Símbolo	Símbolo	Nombre	Descripción
Procesos		Cliente/ Proveedor	Si se ubica en la esquina superior izquierda de un mapa de flujo de valor este ícono representa al proveedor. Si se ubica en la esquina superior derecha, representa al cliente.
Procesos		Flujo de proceso específico	Este ícono representa un único departamento, operación de proceso o equipo con un flujo de material interno, fijo y continuo.

Procesos		Proceso compartido	Este ícono indica un proceso, departamento, operación o centro de trabajo que es compartido por otros mapas de flujo de valor.
Procesos		Caja de datos	La caja de datos se ubica debajo de otros íconos que necesitan datos para analizar el sistema.
Procesos		Celda de trabajo	Usa este ícono para mostrar que múltiples procesos están integrados en una celda de trabajo de manufactura.
Materiales		Inventario	El inventario entre dos procesos se representa con estos íconos. Si necesitas incluir un recuento de inventario, agrégalo debajo del ícono en forma de triángulo. Este símbolo también se puede utilizar para representar el inventario almacenado.
Materiales		Envíos	Este símbolo indica los materiales procedentes de proveedores o los productos terminados que se dirigen de la fábrica a los clientes.
Materiales		Fecha de empuje	Este ícono indica el material que se traslada de un proceso al siguiente.
Materiales		Supermercado	Este ícono representa un punto de stock de Kanban donde los clientes de la etapa posterior pueden obtener el inventario que necesitan mientras el proveedor de la etapa anterior realiza la reposición.
Materiales		Retirada de materiales	Este símbolo de retirada representa la eliminación física del inventario almacenado de los supermercados.

Materiales		Carril FIFO	Este ícono indica un sistema de primero en entrar, primero en salir (FIFO), que limita la entrada del inventario. La capacidad máxima del inventario se puede detallar debajo del carril.
Materiales		Stock de seguridad	En vez de almacenamiento permanente, este ícono indica el stock de seguridad temporario para evitar problemas en caso de errores del sistema u otros inconvenientes.
Materiales		Envío externo	El ícono de camión indica el envío externo hacia los clientes o desde los proveedores.
Información		Control de producción	Este simple símbolo de caja representa un departamento de control o planificación de producción centralizada.
Información		Información manual	El flujo de información manual de memos, informes o conversaciones. Indica el tipo de información cuando es necesario.
Información		Información electrónica	El flujo de información digital, como Internet, Intranet, intercambio electrónico de datos, etc. La frecuencia, el tipo de datos y los elementos multimedia utilizados pueden ser todos registrados.
Información		Kanban de producción	Indica la producción necesaria para suministrar las piezas a un proceso posterior.
Información		Kanban retirada	Este símbolo brinda instrucciones a un operador o al encargado de administrar los materiales para trasladar piezas desde una distribuidora a un proceso

Información		Kanban de señalización	Este símbolo de Kanban se usa cuando los niveles de inventario de una distribuidora caen al mínimo, e indica la producción de un número específico de piezas.
Información		Ubicación de Kanban	Este ícono indica una ubicación para la recolección de símbolos de Kanban, que generalmente se encuentran cerca de una distribuidora. En un sistema de dos tarjetas se puede usar para intercambiar el Kanban de producción y de retirada.
Información		Retirada secuencial	Este proceso de retirada elimina la necesidad de la distribuidora de almacenar el inventario entre procesos mediante el envío de instrucciones a un proceso de subensamblaje para que rápidamente produzca un pedido de cliente específico.
Información	OXOX	Nivelación de carga	Una herramienta que agrupa los Kanban con el fin de nivelar la variedad y el volumen de producción.
Información		Planificación de requerimientos material (MRP)/Planificación de recursos empresariales (ERP)	Realiza la planificación mediante un sistema de control del inventario, como la planificación de requerimientos de material (MRP).
Información		Observación	Cuando la información se recolecta por medio de la observación.
Información		Información Verbal	Esto representa el flujo de información que se transmite verbalmente.
Generales		Estallido Kaizen	Este ícono destaca y resalta las áreas problemáticas. Identifica los procesos fundamentales para el desarrollo de un mapa exitoso del estado futuro.
Generales		Operario	Este ícono se usa para mostrar cuántos operadores se necesitan para procesar los mapas VSM de una estación de trabajo concreta.

Generales		Información Adicional	Otra información útil.
Generales		Línea de tiempo	En un mapa de flujo de valor, la línea de tiempo se ubica al final y muestra los tiempos de espera y de procesamiento. Se puede usar para calcular el plazo de entrega y la duración total del ciclo.
Generales		Kanban por lotes	Este ícono representa las tarjetas Kanban que se reciben o envían por lotes.
Generales		Problema de calidad	Se puede indicar un problema de calidad en cualquier punto de la cadena VSM.
Generales		Solución/Mejoras	El símbolo de nube se usa para destacar sugerencias, soluciones o ideas propuestas.

5. Recopilación de datos:

Recopile datos sobre tiempos, distancias, inventarios, defectos y cualquier otro aspecto que se considere relevante del proceso. Observando los procesos en campo y anotando los datos en la siguiente plantilla:

INSPECCIÓN RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha:

Proyecto:

Actividad:

Proceso	Tiempo Monitoreo	Tiempo preparativo	Tiempo de Esperas	Tiempo total del proceso	Producto producido	Recurso humano	Rendimiento	%TP	%TE
Proceso 1									
Proceso 2									
Proceso 3									
Proceso 4									
Proceso 5									
Proceso 6									
Proceso 7									
Proceso 8									
Proceso 9									
Proceso 10									

Observaciones

6. Identifica el flujo actual:

Evalúe el flujo de valor del proceso actual identificando los cuellos de botella, tiempos de espera y el desperdicio en el proceso. El ingeniero debe analizar cada proceso y enfocarse en lo que se está presentando más problemas: como donde hay mayor duración para concluir los trabajos, aquellos procesos que representan un hito en la ruta crítica, ya que, si se enfoca en estos procesos, los tiempos de entrega pueden ser disminuidos.

7. Identifica el Flujo Futuro Ideal:

Diseñe el flujo de valor futuro ideal eliminando los cuellos de botella y las actividades innecesarias. Imagina cómo sería el proceso en su forma más eficiente.

8. Plan de acción:

Desarrolle un plan de acción para llevar el proceso desde su estado actual al estado futuro ideal. Esto puede incluir cambios en la organización, la tecnología, la formación del personal, la eliminación de desperdicio, etc.

9. Implementación del plan de acción:

Implementa las mejoras planificadas y realiza un seguimiento continuo para asegurarte de que se mantenga la mejora.

10. Medición y seguimiento:

Establecer KPIs (Indicadores Clave de Rendimiento) para medir la efectividad del proceso y realizar un seguimiento continuo para evaluar su desempeño. Por ejemplo:

- ✓ Satisfacción del cliente
- ✓ Tiempo de ejecución
- ✓ Porcentaje de avance
- ✓ Eficiencia de los recursos

5S

Propósito

El propósito de la aplicación de la 5s es buscar la mejora continua, para un lugar de trabajo organizado, eficiente, limpio y saludable.

Descripción

La herramienta de 5S es un sistema de organización y estandarización en el lugar de trabajo. Para que se minimice el desorden, y garantiza el orden y limpieza en la zona de trabajo. Además, la aplicación de esta herramienta mejora la seguridad en el trabajo y pretende una mejora continua. Se reducen las pérdidas de tiempo como también el riesgo de sufrir tropiezos producto del desorden del lugar de trabajo.

Pasos para implementar la metodología 5S

A continuación, se presenta el paso a paso para implementar la metodología de las 5S, para esto, se establecen las acciones necesarias para cumplir con el principio de cada S.

1. Seiri (Clasificación):

1.1 Defina el área de trabajo o zona de construcción que desee organizar y mejorar.

1.2 Clasifique todos los elementos presentes en el sitio. Determine cuáles son esenciales y cuáles son innecesarios con los siguientes criterios:

1.2.1 Función / Uso: ¿Aún sirve? ¿Lo puedo seguir utilizando?

1.2.2 Frecuencia de uso: ¿Utilizo mucho este material / herramienta?

1.2.3 Relevancia para el proyecto: ¿Este material / herramienta es importante / lo necesito para varios trabajos?

1.3 Elimine los elementos que no son necesarios o que no se utilizan en la construcción. Esto puede incluir herramientas rotas, materiales obsoletos, etc.

2. Seiton (Orden):

2.1 Asigne ubicaciones específicas para cada tipo de herramienta, material, equipo y documentación.

2.2 Etiquete claramente las áreas y elementos para facilitar su identificación y acceso. Utilice colores, rótulos y señales según sea necesario.

2.3 Organice los elementos de manera que los más utilizados estén al alcance fácil y que sea fácil identificar su ubicación.

3. Seiso (Limpieza):

3.1 Realice una limpieza profunda de todas las áreas de trabajo. Esto incluye la eliminación de escombros y cualquier otro residuo.

3.2 Establezca un programa de limpieza regular para mantener el sitio limpio y ordenado.

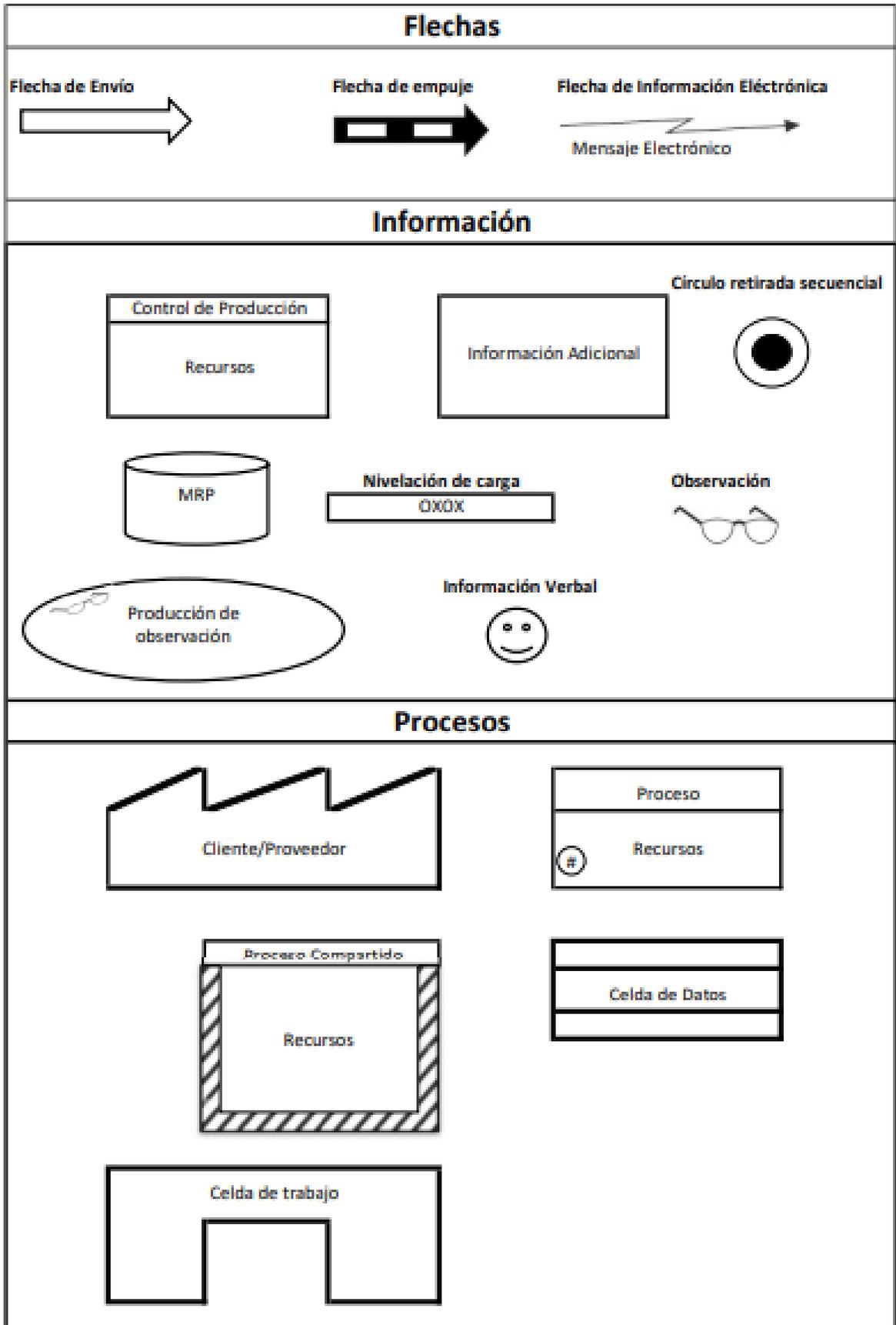
3.3 Asigne responsabilidades de limpieza a los miembros del equipo y fomenta la participación de todos.

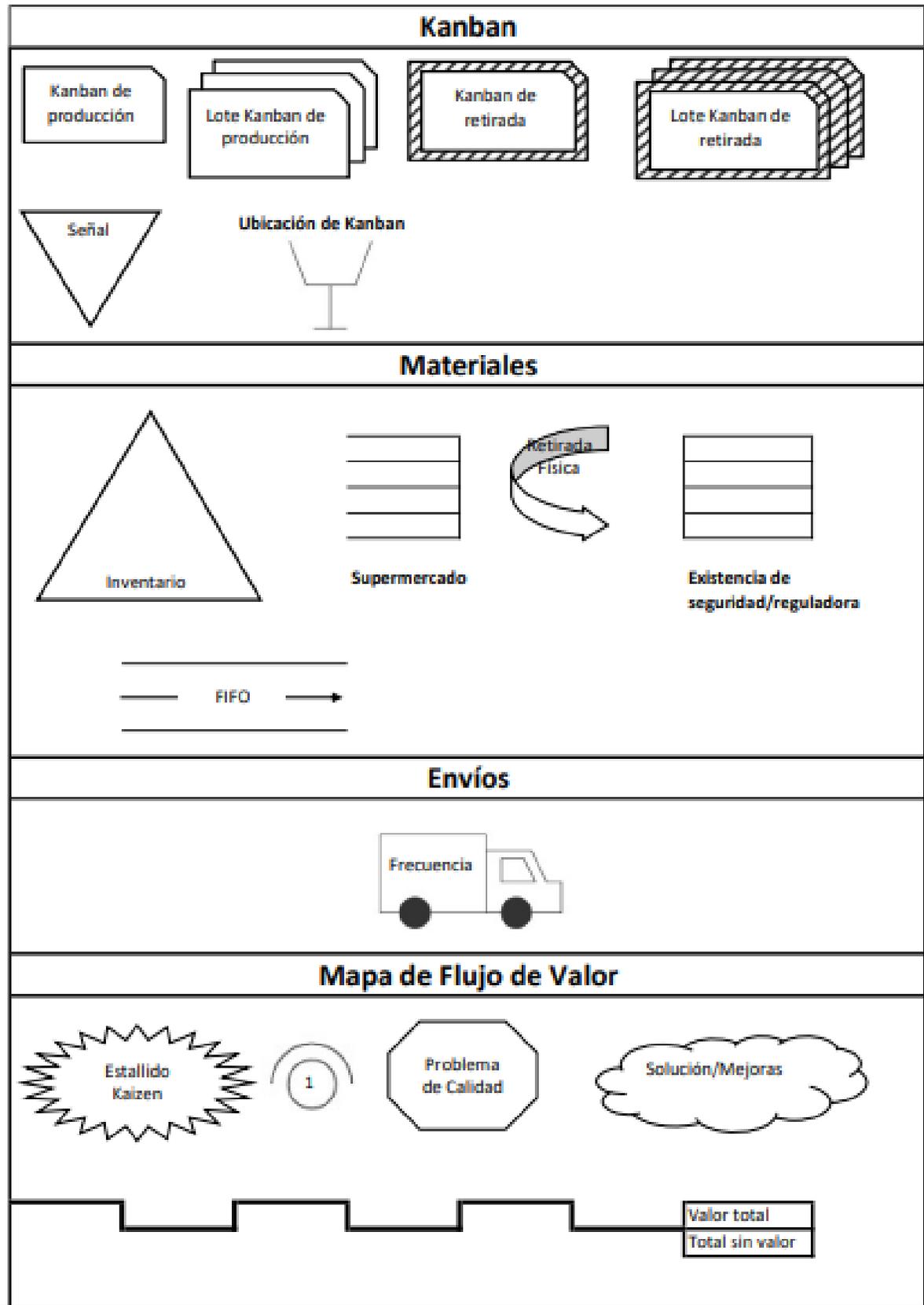
4. Seiketsu (Estandarización):

4.1 Establece estándares y procedimientos claros para mantener la organización, la limpieza y la eficiencia en el sitio de construcción.

4.1.1 Con la asignación de responsabilidades específicas para la limpieza diaria, la disposición de desechos y la organización de materiales y herramientas.

4.1.2 Programación de limpiezas diarias, semanales o mensuales.





Fórmulas para datos

$$R = \frac{\text{Productos Producidos}}{\text{Horas Hombre}}$$

$$\%TP = \frac{\text{Tiempo en trabajos preparativos}}{\text{Duración tiempo total de actividad}} \times 100$$

$$\%TE = \left(1 - \frac{\text{T.Muertos}}{\text{T.Monitorio}} - \frac{\text{T. Preparativo}}{\text{Duración tiempo total de actividad}} \right)$$

