



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN  
CONSTRUCTION VS MÉTODO TRADICIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN”.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar por el título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR:

Josué David, González Moreno

Stefano Alejandro, Santini Pérez

TUTOR DE TESIS

Ing. Riccardo Salvatorelli

FECHA

05/10/2023

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA  
LEAN CONSTRUCTION VS MÉTODO TRADICIONAL DE GESTIÓN DE  
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: 19 PUNTOS (DIECINUEVE)

JURADO EXAMINADOR

  
Ing. Vincenzo Bonadio

  
Ing. Riccardo Salvatorelli

  
Ing. Guillermo Bonilla

REALIZADO POR:

Josué David, González Moreno

Stefano Alejandro, Santini Pérez

TUTOR ACADÉMICO

Ing. Riccardo Salvatorelli

FECHA

Octubre 2023

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	2
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
AGRADECIMIENTOS .....	7
RESUMEN.....	9
1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:.....	11
1.2. ANTECEDENTES .....	11
1.3. ALCANCE .....	12
1.4. LIMITACIONES.....	13
1.5. OBJETIVO GENERAL .....	14
1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. ORIGENES DEL PENSAMIENTO LEAN.....	15
2.2. MÉTODO TRADICIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN .....	17
2.3. LEAN CONSTRUCTION.....	17

2.4. TIPOS DE DESPERDICIO.....	18
2.5. LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LEAN PARA ELIMINAR DESPERDICIOS... 20	
2.6. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LEAN CONSTRUCTION .....	22
2.7. DIMENSIONES DE BIM .....	37
2.8. Beneficios de <i>Lean Construction</i> .....	43
3. CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO.....	46
3.1. FASE ANALITICA.....	46
3.2. FASE EXPLORATORIA-DE CAMPO.....	46
4. CAPITULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
4.1. FASE ANÁLITICA.....	48
4.2. FASE EXPLORATORIA-DE CAMPO.....	49
4.3. Ventajas y desventajas de LEAN Construction y el método tradicional.....	59
4.4. Principios básicos de Lean y Lean Construction.....	61
5. CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
5.1. CONCLUSIONES.....	64
5.2. RECOMENDACIONES .....	65
6. CAPITULO VIII ANEXOS GLOSARIO DE TÉRMINOS JAPONESES.....	67
7. CAPITULO VII BIBLIOGRAFÍA.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costos en sistema tradicional en comparación con costos en Lean Construction .....	26
Tabla 2 Tabla de tipos de trabajos en Lean Construction .....	30
Tabla 3 Comparación de Lean Construction y el Método Tradicional .....	58
Tabla 4 Ventajas y desventajas del método tradicional y la metodología Lean Construction..	59
Tabla 5 Comparación de parámetros entre la metodología tradicional y Lean Construction ...	60
Tabla 6 Principios, filosofía Lean y su aplicación a la construcción .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Línea de tiempo de creación del pensamiento Lean Construction (Elaboración propia) .....	16
Figura 2 Los 5 Principios básicos de LEAN.....	18
Figura 3 Tipos de desperdicios clasificados por Lean Construction .....	20
Figura 4 Esquema de LPS Last Planner System Elaboración Propia .....	23
Figura 5 Mapeo de Tren de actividades Elaboración Propia .....	24
Figura 6 Esquema VSM ejemplo de mapa de flujo de valor y sus componentes .....	25
Figura 7 Explicación de metodología de las 5s.....	25
Figura 8 Esquema BIM.....	27
Figura 9 Diagrama de espagueti.....	31
Figura 10 Imagen de safetyculture de gemba-walk de recorrido de trabajo.....	32
Figura 11 Imagen de POKA-JOKE .....	33
Figura 12 Diagrama del enfoque de los 5 porque .....	34
Figura 13 Diagrama de la herramienta SMED.....	35
Figura 14 Diagrama del sistema de entrega de proyectos Lean.....	36
Figura 15 Estructura de Lean Construction figura de elaboración propia inspirada en :...	45
Figura 16 Para identificar la disposición del personal a realizar mejoras en la empresa y su identificación con la empresa.....	50

Figura 17 Identificación del tipo de metodología Lean Construction .....	50
Figura 18 Frecuencia de asignación de trabajos .....	51
Figura 19 Relación interpersonal y capacidad de trabajo en grupo .....	51
Figura 20 como percibe el personal la comunicación entre compañeros .....	52
Figura 21 Suministro de materiales de trabajo .....	52
Figura 22 Ambiente de trabajo .....	53
Figura 23 Como percibe el empleado su capacitación para ejercer su labor .....	53
Figura 24 Nivel de preocupación por trabajo en grupo .....	54
Figura 25 Estadística del conocimiento del mantenimiento preventivo .....	54
Figura 26 Estadística del conocimiento del mantenimiento correctivo .....	55
Figura 27 Inspección de reparación y soldadura de reja por el personal de mantenimiento .....	55
Figura 28 Inspección de tuberías .....	56
Figura 29 Tablero de control de Bombas y su especificación .....	56
Figura 30 Reunión de Inducción al personal de la Clínica privada a los jefes departamentales.....	57
Figura 31 Ubicación de los diferentes métodos basado en el triángulo tiempo-costo-calidad .....	61

## AGRADECIMIENTOS

Josué González:

Agradezco primeramente a Dios que me ha permitido la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Civil en esta prestigiosa universidad,.

A mis padres , por instruirme en mi camino y aportarme parte de su conocimiento y sus experiencias de vida.

A mis abuelos, por brindarme su apoyo moral en esas noches que tocaba investigar.

A mi hermano de la vida Stefano, por su compañerismo y su amistad.

A mi profesor Ingeniero Riccardo Salvatorelli, a todos los que fueron parte de mi formación, mis compañeros, amistades y personas que me apoyaron de una o de otra manera. Este trabajo es el fruto de muchos años de esfuerzo, dedicación y pasión por la ingeniería civil, espero ser un aporte significativo en el desarrollo de la ciencia y tecnología de nuestro país. Gracias a todos por hacerlo posible.

Y, finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.

*Todo lo que el hombre siembre, eso también segará Gálatas 6:7*

Stefano Santini:

Agradezco a Dios por haberme premiado con la vida que tengo.

A mis padres, quienes desde mi temprana edad han desarrollado un papel fundamental en mi formación tanto personal como laboral.

A mi hermana, quien ha sido mi apoyo incondicional durante toda mi vida, estando para mí aún cuando no necesito y apoyándome en cada decisión que tomo y a su vez corriéndome cuando me he equivocado.

A Josué y demás amigos, quienes han representado un aliento a siempre seguir adelante, a no decistir ante las adversidades y continuar luchando hasta lograr el objetivo, sin ustedes no hubiese sido satisfactorio este camino universitario.

A la Universidad Católica Andrés Bello y al ingeniero Riccardo Salvatorelli, por prestarnos su apoyo desde el primer semestre y ahora más ejerciendo el rol de tutor de este trabajo.

Finalmente, quiero dedicar este gran trabajo a mi abuela, quien desde hace ya dos años no me acompaña, pero quien desde mi nacimiento me apoyó y formó para ser la mejor persona posible, donde quieras que estés abuelita, te quiero mucho.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN  
CONSTRUCTION VS MÉTODO TRADICIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN”.

Autores: Josué David, González Moreno/Stefano Alejandro, Santini Pérez

Tutor: Ing. Riccardo Salvatorelli

**RESUMEN**

En la industria de la construcción se realizan grandes inversiones de capitales, al igual que otras industrias han incorporado tecnologías para optimizar el costo, calidad y tiempo, en donde los japoneses están a la vanguardia con sus métodos aplicados a la industria manufacturera, que han sido adoptados por la industria de la construcción y dentro de esos métodos se encuentra Lean Construction, que ha generado una revolución en la industria de la construcción en el que se han encontrados grandes ahorros en tiempo, dinero y personal empleado reduciendo el riesgo laboral y permite evaluar las edificaciones aun posterior a su construcción planificando su mantenimiento, tiempo de vida incluyendo la demolición de dichas estructuras. En este trabajo se plantea un análisis de estructuras en las cuales se ha encontrado un ahorro económico al utilizar esta metodología y se plantea la aplicación de la misma en forma exploratoria en un centro médico privado que posee obras nuevas, en remodelación y áreas de mantenimiento, para tratar de romper la resistencia al cambio de mentalidad para imponer mejoras en el ámbito de construcción, en general, ya que al existir un cambio de mentalidad se puede llegar a un cambio generalizado de la construcción planificada y metódica en la que se pueda llevar registros y mejoras continuas en todas las etapas de una construcción, en el diseño, la construcción, el mantenimiento y demolición de estructuras.

**Palabras claves:** Lean Construction, método tradicional de construcción, sistema push, sistema pull, Kaizen, Just in time, Last Planner System. Kanban, Jidoka, muda, leadt time, BIM.

## 1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

En la creciente demanda de eficiencia y optimización de la industria de la construcción han surgido diferentes enfoques y metodologías para la gestión de proyectos de construcción, entre los cuales se destacan la metodología *Lean Construction* y el método tradicional de gestión de proyectos. Este trabajo analiza el estudio del estado del arte de las metodologías utilizadas en la actualidad. La metodología *Lean Construction* se basa en los principios de *Lean Manufacturing* de origen japonés que buscan eliminar los desperdicios y mejorar continuamente los procesos para aumentar la productividad. Se enfoca en la eliminación de actividades sin valor agregado, la reducción de la variabilidad, en el valor del cliente, la colaboración y la mejora continua. Además, se implementan sistemas de producción eficientes, como el *Just-in-Time* y el *Pull Planning*, para una programación más precisa y una reducción de los tiempos de espera. Por otro lado, el método tradicional de gestión de proyectos de construcción se basa en un enfoque jerárquico y lineal, de tareas divididas en etapas secuenciales, diseño, adquisiciones, construcción y entrega. Su enfoque, se basa en los principios clásicos de gestión de proyectos, como el control de costos y plazos. Ante esta diversidad de enfoques, surge la necesidad de realizar un análisis comparativo entre la metodología *Lean Construction* y el método tradicional de gestión de proyectos de construcción, con el fin de determinar cuál de ellas es mejor en términos de eficiencia, ahorro de costos y satisfacción del cliente.

El objetivo de este estudio es examinar cada uno de estos enfoques, analizando sus fortalezas y debilidades, así como la aplicación en proyectos reales de construcción, en un centro médico privado que posee obras nuevas, en remodelación y áreas de mantenimiento, para tratar de romper la resistencia al cambio de mentalidad para imponer mejoras en el ámbito de construcción como Se recopilan datos y casos de estudio que permitan comparar y contrastar los resultados obtenidos al aplicar cada metodología, en términos de costos, plazos, calidad y satisfacción del cliente. A través de una revisión bibliográfica exhaustiva y un análisis comparativo de datos recopilados, se espera obtener conclusiones claras y recomendaciones válidas sobre qué enfoque de gestión de proyectos de construcción es más efectivo en diferentes contextos.

Este estudio no solo proporcionará información valiosa para profesionales de la construcción, sino que también contribuirá al cuerpo de conocimiento existente sobre las metodologías de gestión de proyectos, permitiendo identificar las mejores prácticas y áreas de mejora en el sector de la construcción. Se pretende determinar según los casos analizados que comparativamente la metodología *Lean Construction* y el método tradicional de gestión de proyectos de construcción brindan una visión clara y objetiva sobre cuál de estos enfoques proporciona mejores resultados en términos de eficiencia y optimización en la industria de la construcción. A través de una metodología rigurosa, se espera ofrecer conclusiones y recomendaciones sólidas que contribuyan al avance y mejora de la gestión de proyectos de construcción, con una mayor implementación de las tecnologías utilizadas en todas las etapas con la finalidad de eliminar al máximo los errores humanos por omisión o falta de prevención en cualquiera de cada una de las etapas.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

La industria de la construcción enfrenta constantemente desafíos en cuanto a la eficiencia, calidad, costos, plazos, seguridad, comunicación y colaboración en los proyectos. En este contexto, han surgido diversas metodologías, entre ellas la *Lean Construction*, que promueve la reducción de desperdicios y la optimización de procesos para mejorar la eficiencia y calidad de la construcción. Sin embargo, aún existe un debate sobre la efectividad de la metodología *Lean Construction* en comparación con el método tradicional de gestión de proyectos de construcción.

Por lo tanto, el problema de investigación es: ¿Cuál es la efectividad de la aplicación de la metodología *Lean Construction* en comparación con el método tradicional de gestión de proyectos de construcción en términos de eficiencia, calidad, costos, plazos, seguridad, comunicación y colaboración en proyectos de construcción?

### **1.2. ANTECEDENTES**

La metodología *Lean Construction* surge como una respuesta a las limitaciones y problemas del método tradicional de gestión de proyectos de construcción, que se caracteriza

por ser más engorroso, fragmentado y con poca comunicación entre los diferentes actores involucrados en el proyecto.

La metodología *Lean Construction* se basa en la filosofía *Lean Manufacturing*, que busca eliminar los desperdicios y optimizar los procesos para mejorar la eficiencia y reducir los costos.

El uso de la metodología *Lean Construction* en la industria de la construcción ha sido cada vez más frecuente en los últimos años, especialmente en proyectos de gran envergadura y complejidad.

En el estudio hecho por García A. (2020) en su publicación “Ejemplos prácticos de *Lean Construction*” se hace mención del Edificio Zero en España que fue diseñado y construido bajo los principios de las tecnologías BIM, *Lean Construction* y *Lean Project Delivery*, en el que se logró un ahorro en los costos del 20% del presupuesto inicial, una reducción del plazo de ejecución del 30% y una mejora en la calidad y confort del edificio.

Según Loayza L. y Colaboradores (2023) en su Tesis de Maestría: “Mejora de gestión de los desperdicios en obras de construcción” – edificaciones proyecto “Plaza San Miguel - 2° ampliación” se implementó una de las herramientas de *Lean Construction (Last Planner System)* obteniéndose un aumento de la productividad de un 30%, se disminuyó el retraso en el proceso en un 40% y se redujeron los desperdicios en aproximadamente un 25%.

### **1.3. ALCANCE**

El alcance del tema de Análisis Comparativo de la aplicación de la metodología *Lean Construction* vs. método tradicional de gestión de proyecto de construcción se enfoca en comparar dos enfoques diferentes para la gestión de proyectos de construcción. La metodología *Lean Construction* se centra en la eliminación del desperdicio y la optimización de los procesos, de forma tal de disminuir tiempos muertos sin menoscabar la calidad y controlando los costos, mientras que el método tradicional de gestión de proyectos de construcción se centra en la planificación y el control del tiempo, costo y calidad.

Este tema es relevante para aquellos involucrados en la gestión de proyectos de construcción, como gerentes de proyectos, ingenieros, arquitectos, contratistas y propietarios de proyectos. El análisis comparativo de estos dos enfoques permitirá identificar las ventajas y desventajas de cada uno y seleccionar el enfoque que mejor se adapte a las necesidades de un proyecto específico.

Este trabajo tiene un alcance exploratorio aplicado al área de mantenimiento de un centro clínico privado con el fin de calificar y evaluar su metodología de trabajo para ser objeto de comparación con los parámetros seleccionados en el proyecto.

#### **1.4. LIMITACIONES**

1. El análisis comparativo puede ser subjetivo y estar influenciado por la experiencia y conocimientos previos del evaluador.

2. La aplicación de la metodología *Lean Construction* puede requerir mayores inversiones en tecnología y capacitación, lo que puede ser una limitación para algunas empresas.

3. El éxito de la implementación de la metodología *Lean Construction* depende en gran medida de la colaboración y compromiso de todos los actores involucrados en el proyecto, lo que puede ser difícil de lograr en proyectos de construcción de gran escala y complejidad.

4. La metodología *Lean Construction* puede no ser adecuada para todos los tipos de proyectos de construcción, especialmente aquellos que requieren una alta personalización y adaptación a las necesidades específicas del cliente.

5. El análisis comparativo puede no tener en cuenta factores externos que pueden influir en el éxito o fracaso de la aplicación de cada uno de los métodos, como cambios en el mercado o factores políticos y económicos.

6. El tiempo de ejecución de este proyecto limitó la posibilidad de abarcar con más detalle la aplicación de la metodología tradicional como la de Lean Construction, debido que solo se pudo evaluar el área de mantenimiento.

### **1.5. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la aplicación de la metodología *Lean Construction* y el método tradicional de gestión de proyectos de construcción.

### **1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los métodos *Lean Construction* y tradicional
- Definir los parámetros de comparación entre los dos métodos.
- Determinar el método más efectivo para la gestión de proyectos de construcción

## **2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ORIGENES DEL PENSAMIENTO LEAN**

A continuación tenemos una línea de tiempo enmarcada en acontecimientos históricos mundiales que va desde la producción artesanal, pasando por los primeros pasos de los principios de la filosofía Japonesa de trabajo de la dinastía familiar Toyoda fundadores de la fábrica de vehículos Toyota, quienes a pesar de la devastación de dos guerras mundiales y crisis económicas como la Gran Depresión de 1929, logran sobreponerse y conquistar exitosas ganancias con principios de trabajo que fueron objeto de estudio en 1979 por los profesores J. Womack, D.Ross y D.Jones enviados por el Instituto de tecnología de Masachusetts, y definen lo que se llamó el pensamiento Lean, pero es Jhon Krafcik en 1988, quien utiliza el termino Lean por primera vez, más tarde, en 1992 Lauri Koskuela, utiliza el termino Lean aplicándolo a la construcción, surge entonces el termino *Lean Construction*.

Luego, los Ingenieros Civiles de la Universidad de California en Berkeley; G. Howell y G. Ballard, desarrollaron la herramienta base LPS *Last Planner System* y fundaron el Instituto *Lean Construction*, como se muestra en la línea de tiempo de la figura 1.

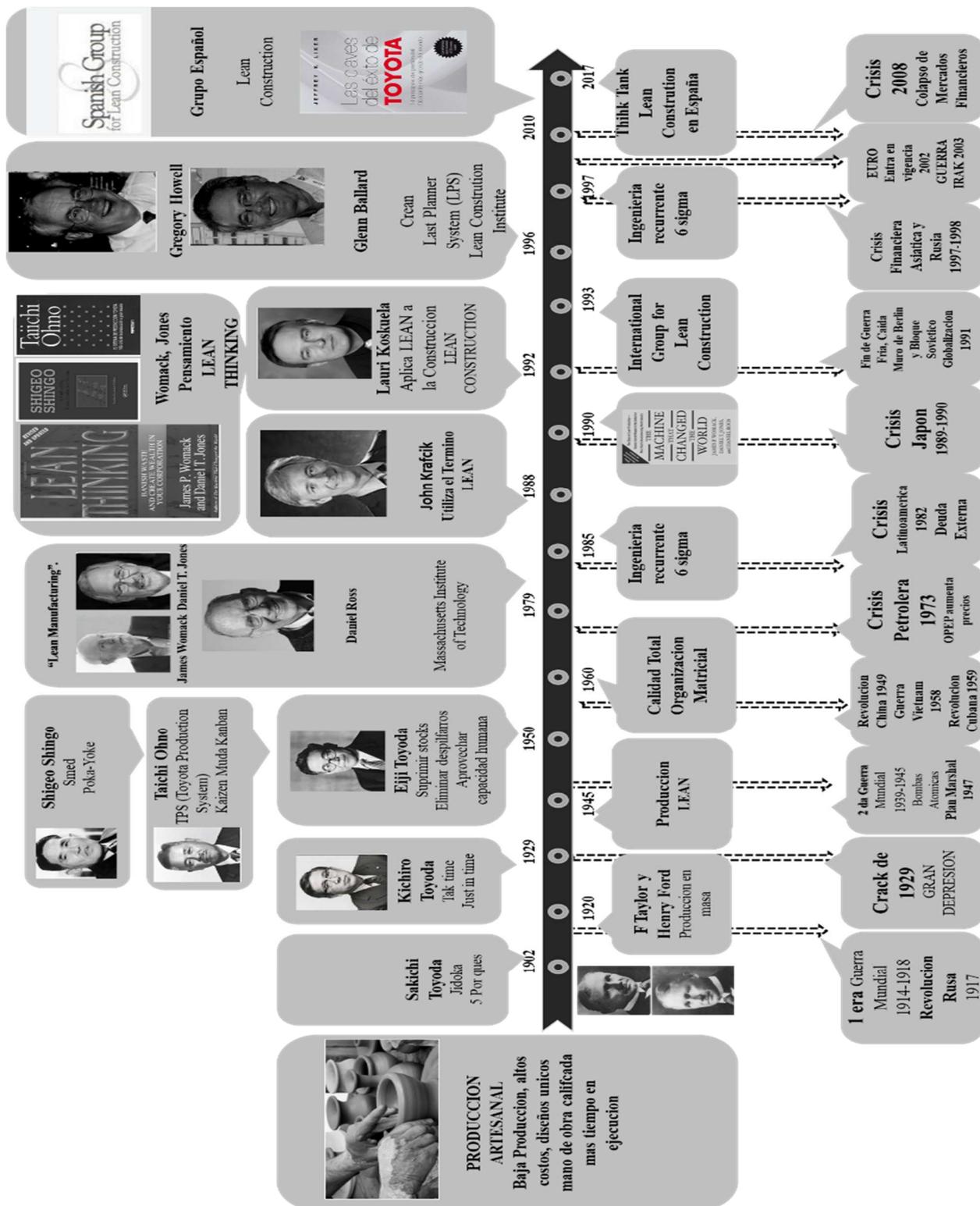


Figura 1 Línea de tiempo de creación del pensamiento Lean Construction (Elaboración propia)

## **2.2. MÉTODO TRADICIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Se basa en un sistema jerárquico y lineal, donde las tareas se dividen en etapas secuenciales, como diseño, adquisiciones, construcción y entrega. Tiene una perspectiva tradicional y se basa en los principios de gestión de proyectos clásicos, como el enfoque en el control de costos y plazos.

### **2.2.1. Sistema push**

Es una de las herramientas del método tradicional, denominada metodología push (empujar) que consiste en poner en marcha un proyecto de construcción “empujando” los procesos en orden correlativo hacia el objetivo que se desea alcanzar. En la cual la ejecución de actividades es secuencial y dependiente una actividad de la otra.

### **2.2.2. Camino crítico**

El método de la ruta crítica CPM (*Critical Path Method*) es un algoritmo matemático que sirve para programar una serie de actividades en un proyecto de construcción en el método tradicional. Fundamentalmente, para usar el CPM es necesario desarrollar un modelo del proyecto que incluya una lista de todas las actividades necesarias para finalizar el proyecto, las dependencias entre dichas actividades, y una aproximación del tiempo (o duración) de cada actividad.

## **2.3. LEAN CONSTRUCTION**

Esta metodología se basa en los principios de *Lean Manufacturing*, que busca eliminar los desperdicios y mejorar continuamente los procesos para aumentar la productividad. Los principios clave de *Lean Construction* incluyen la eliminación de actividades sin valor agregado, la reducción de la variabilidad, el enfoque en el valor del cliente, la colaboración y la mejora continua. Esta metodología también se enfoca en la implementación de sistemas de producción más eficientes, como el *Just-in-Time* y el *Pull Planning*, que permiten una programación más precisa y una reducción de los tiempos de espera.

La metodología Lean tiene cinco principios básicos como se muestra en la figura 2.



Figura 2 Los 5 Principios básicos de LEAN

Fuente: <https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-it-objetivos-conceptos-clave-y-ejemplos-reales>

#### 2.4. TIPOS DE DESPERDICIO

Para entender los principios básicos de *Lean Construction* es necesario comprender el concepto de "desperdicio" en la construcción, como se muestra en la figura 3. En términos simples, el desperdicio se refiere a cualquier actividad o proceso que no añade valor al producto final o a la siguiente etapa del proceso. Existen 8 o como aparece en la literatura 7+1 tipos de desperdicio reconocidos en la construcción:

#### **2.4.1. Sobre Procesamiento**

Son los defectos pueden que causan re-trabajo o, peor aún, pueden provocar demolición. Por lo general, el trabajo defectuoso debería regresar a la reconstrucción, y esto cuesta tiempo valioso. Además, en algunos casos se requiere un área de re-trabajado adicional que viene con la necesidad de mano de obra y herramientas adicionales.

#### **2.4.2. Tiempo de Espera**

Son los tiempos perdidos donde el proceso no se realiza, causados por falta de sincronización en la entrega de materiales o por la falta comunicación en el trabajo que ocasiona una pérdida de horas de hombre y equipo.

#### **2.4.3. Defectos Producto de mala calidad**

En el proceso constructivo, que se relaciona con la falta supervisión, por personal no calificado, errores de comunicación o falta de información o detalles del diseño.

#### **2.4.4. Talento no utilizado**

Es la subutilización del personal o donde no se aprovecha su máximo potencial.

#### **2.4.5. Sobreproducción**

Entendiéndose como producir más de lo que se necesita. Producir mayor cantidad que la requerida, o antes de ser requerida, que trae como consecuencia pérdida de materiales, de horas de mano de obra y utilización de equipos.

#### **2.4.6. Transporte este desperdicio**

Contempla los movimientos innecesarios de materiales, de equipos o materias primas en el sitio de la obra normalmente ocasionado por la falta de planificación en la entrega de materiales, que trae como consecuencia pérdida de tiempo en la mano de obra y deterioro del material durante el transporte.

#### 2.4.7. Movimiento innecesario de personal o material en la obra.

Movimientos no requeridos de personas dentro del área de trabajo ineficientes, equipo inadecuado o mala distribución del sitio de trabajo.

#### 2.4.8. Inventarios Acumulación de materiales

Que no se necesitan en el momento. Excesivo almacenamiento de materia prima, donde puede producirse pérdida en los materiales por vandalismo, robo o inadecuado almacenamiento. Asociado a falta de planificación de recursos o mala estimación de las cantidades requeridas ocasionando pérdidas financieras.



Figura 3 Tipos de desperdicios clasificados por Lean Construction

Fuente: <https://think-productivity.com/desperdicios-lean-construction/>

### 2.5. LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LEAN PARA ELIMINAR DESPERDICIOS

Los principios básicos de *Lean Construction* se centran en la eliminación de estos tipos de desperdicio, para lograr mayor eficiencia y calidad en el proceso de construcción. Los principios son:

### **2.5.1. Valor para el cliente**

El primer principio de Lean Construction se centra en el valor para el cliente. Esto implica identificar las necesidades y deseos del cliente y asegurarse de que el proceso de construcción se centre en satisfacer esas necesidades, en lugar de simplemente construir lo que se pide al cliente. Lean Construction implica una colaboración constante entre el cliente y el equipo de construcción para asegurarse de que el proceso de construcción se adapte a las necesidades y requerimientos del cliente.

### **2.5.2. Flujo de trabajo**

El segundo principio de Lean Construction se centra en el flujo de trabajo. Esto se refiere a eliminar cualquier obstáculo o interrupción en el proceso de construcción que pueda retrasar o detener el flujo de trabajo.

Para lograr un flujo de trabajo óptimo, es importante que el equipo de construcción colabore y se comunique eficazmente. Los trabajadores deben tener acceso a los materiales y herramientas que necesitan en el momento en que los necesitan, para evitar retrasos y desperdicios.

### **2.5.3. Pull (tirar)**

El tercer principio de *Lean Construction* es el "Pull", que significa "tirar". Esto significa que el equipo de construcción trabaje de acuerdo a la demanda real, en lugar de producir en exceso y generar inventarios innecesarios.

Para lograr este principio, el equipo de construcción debe tener una buena planificación y programación, para asegurarse de que los materiales, trabajadores, herramientas y componentes requeridos estén disponibles en el momento en que se necesitan. Esto puede requerir una colaboración estrecha con los proveedores, subcontratistas y áreas de adquisiciones para coordinar las entregas y reducir los tiempos de espera.

#### **2.5.4. Mejora continua (KAIZEN)**

El cuarto principio de *Lean Construction* es la mejora continua. Esto implica que el equipo de construcción busque constantemente formas de mejorar para hacer el proceso de construcción más fácil, más rápido y más económico.

Para lograr la mejora continua, es importante medir y analizar los resultados del proceso de construcción y buscar oportunidades de mejora de productividad. Esto podría permitir la implementación de nuevas tecnologías, procesos y herramientas, así como el desarrollo de habilidades y capacidades complementarias en el equipo de construcción.

#### **2.5.5. Respeto a la gente y cultura *Lean***

El respeto a la gente y la cultura son aspectos clave en la implementación exitosa de *Lean Construction*. Como se ha dicho anteriormente, la filosofía *Lean* se centra en la eliminación de los desperdicios y la mejora de la eficiencia en el proceso de construcción, pero también es importante tener en cuenta el factor humano.

Para implementar *Lean Construction* de manera efectiva, es necesario involucrar a todas las personas que participan en el proceso de construcción, desde los trabajadores hasta los gerentes y los dueños. Es importante reconocer que cada persona tiene su propia cultura, perspectiva y experiencia, y que todas estas diferencias pueden ser valiosas para el éxito del proyecto. Además, es esencial que todas las personas involucradas en el proyecto sean respetadas y valoradas. Esto significa tratar a los trabajadores con dignidad y respeto, escuchar sus opiniones y preocupaciones, y proporcionar un ambiente de trabajo seguro y saludable.

### **2.6. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LEAN CONSTRUCTION**

Existen varias herramientas y técnicas que se utilizan en *Lean Construction* para lograr una mayor eficiencia y calidad en el proceso de construcción. Algunas de las más comunes incluyen:

### 2.6.1. El Sistema del Último Planificador, también conocido como *Last Planner System (LPS)*

El Método LPS es una herramienta de planificación y programación que se utiliza para asegurar que todas las tareas y actividades del proceso de construcción estén asignadas de manera efectiva y libres de restricciones para poder ejecutarse. El LPS permite que todos los miembros del equipo de construcción tengan visibilidad sobre las restricciones, tareas y actividades que se deben realizar, lo que mejora la coordinación y el flujo de trabajo.

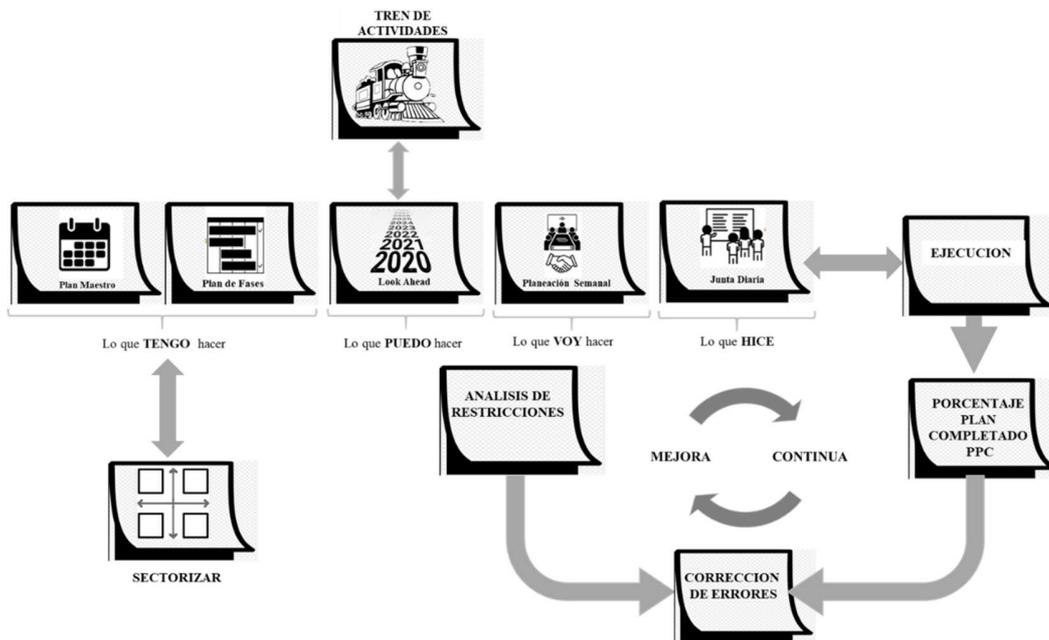


Figura 4 Esquema de LPS Last Planner System Elaboración Propia

### 2.6.2. Mapa del flujo del valor (*Value Stream Mapping o VSM*)

El VSM es una técnica que se utiliza para identificar y analizar los procesos de construcción con el objetivo de reducir los desperdicios y mejorar la eficiencia de dichos procesos. El VSM ayuda a visualizar el flujo de materiales y trabajadores, así como a identificar los cuellos de botella y las áreas de mejora. Es una herramienta que ayuda a identificar los pasos críticos en el proceso de construcción y a eliminar aquellos que no agregan valor. El control visual es otra

técnica útil que permite al equipo de construcción monitorear el progreso del proyecto y tomar medidas inmediatas para corregir cualquier problema.

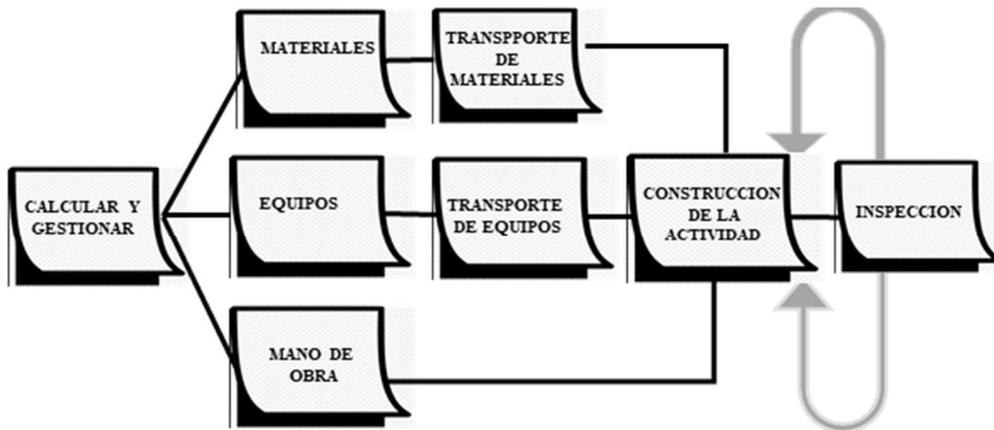


Figura 5 Mapeo de Tren de actividades Elaboración Propia

### MAPA DE FLUJO DE VALOR (VSM)

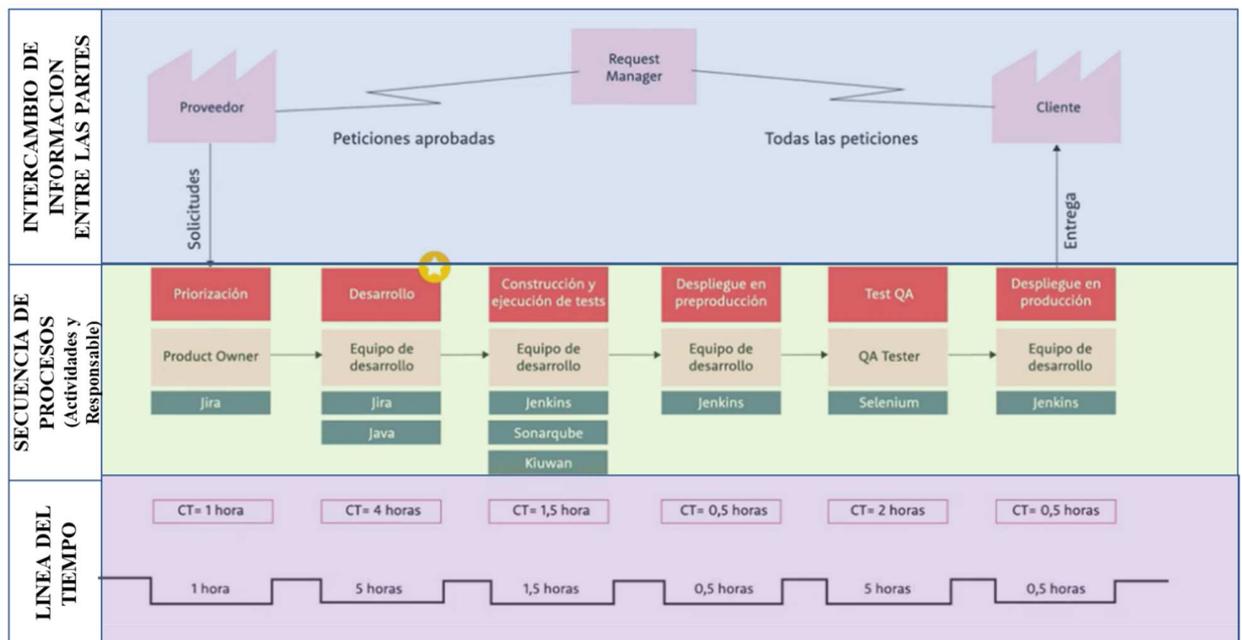


Figura 6 Esquema VSM ejemplo de mapa de flujo de valor y sus componentes

Fuente: <https://sentr.io/blog/value-stream-mapping/>

### 2.6.3. 5”S”

La técnica 5”S” es una herramienta que se utiliza para organizar y limpiar los lugares de trabajo. El objetivo de 5”S” es crear un ambiente de trabajo más organizado y eficiente, eliminando los desperdicios y reduciendo los tiempos de búsqueda de herramientas y materiales.

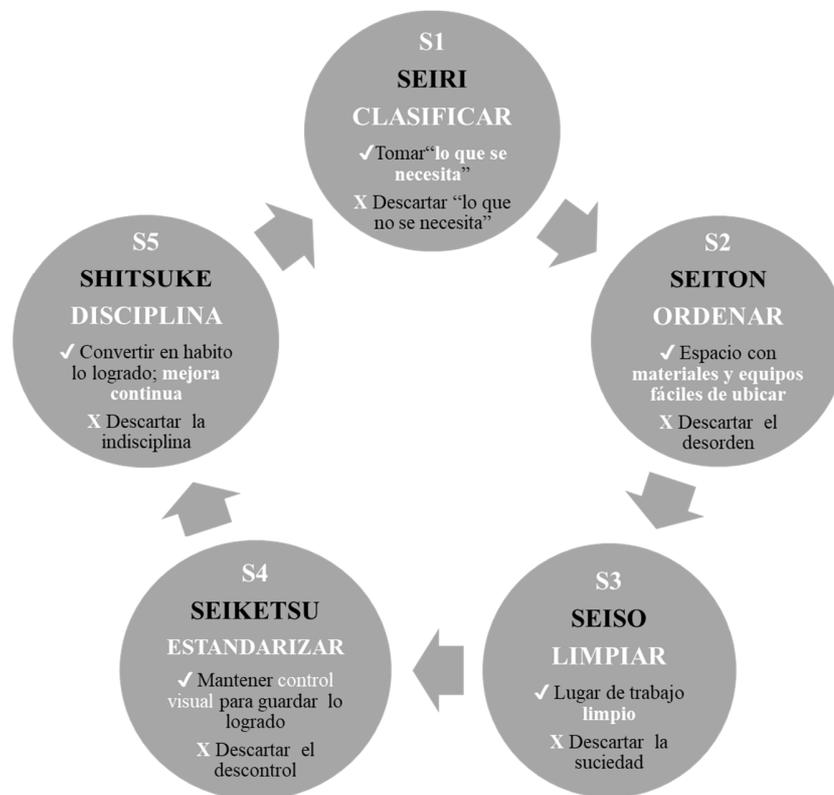


Figura 7 Explicación de metodología de las 5s

Fuente <https://es.linkedin.com/pulse/5s-o-soles-en-la-construcci%C3%B3n-antonio-gonzalez-de-cossio>

#### 2.6.4. Kanban

*Kanban* es una técnica de gestión de inventarios que se utiliza para controlar el flujo de materiales y herramientas en el proceso de construcción. El *Kanban* ayuda a reducir los inventarios innecesarios y a asegurar que los materiales y herramientas estén disponibles cuando se necesitan de manera muy visual.

#### 2.6.5. El just-in-time

Es un enfoque que implica la entrega de materiales y suministros justo cuando se necesitan, lo que reduce el almacenamiento y el desperdicio. La mejora continua es un proceso constante de evaluación y ajuste para garantizar que el proyecto siga mejorando en términos de eficiencia, calidad y seguridad.

#### 2.6.6. Costo objetivo o Target Costing

El costo objetivo busca el precio de venta acorde entre el promotor, constructor y el cliente, podemos comparar la forma de obtener el costo objetivo en el sistema tradicional y con el método *Lean Construction*.

*Tabla 1 Costos en sistema tradicional en comparación con costos en Lean Construction*

SISTEMA TRADICIONAL	LEAN CONSTRUCTION
Se calculan los costos de abajo hacia arriba	En un proyecto Lean Construction se calculan los costos de arriba hacia abajo, tomando en cuenta el precio que quiere pagar el cliente.
Se calculan los costos de mano de obra, materiales, maquinaria, entre otras, a partir de un diseño inicial.	Se calculan los costos a partir del máximo precio permitido dentro de una cadena de valor. Se basa en margen de para la empresa (según su plan de negocio) y el valor generado para el cliente o precio de venta.
Se aplica un porcentaje de gastos generales que resulta engañoso.	Costo permitido=Valor- Beneficio
La suma de lo anterior da el costo del producto	¿Se puede construir al costo permitido? Se podrá si el costo de la cadena de valor (costo de Producción) es igual o menor que el costo permitido
Se suma el margen de beneficio para obtener el precio de venta (que se empuja al cliente)	Si se puede, el costo permitido va a coincidir con el costo objetivo. Pero si el costo de producción es superior al permitido,

Tabla de elaboración propia basada en Juan Felipe Pons introducción a Lean Construction (2014)

### 2.6.7. BIM como herramienta de *Lean Construction*



Figura 8 Esquema BIM

Fuente: <https://www.leanbim.solutions/bim/>

*Building Information Modeling* (BIM) es el proceso de generación y modelado de datos de la construcción durante todo su ciclo de vida. Es también una herramienta y un proceso que aumenta la productividad y precisión en el diseño y construcción de edificios. Para el modelado dinámico de la construcción BIM utiliza el software en tres dimensiones y opera en tiempo real con la disponibilidad continua de diseño del proyecto, alcance, cronograma, y la información de costos que debe ser de alta calidad, fiable, integrada y totalmente coordinada. Todo el proceso

produce el modelo del edificio, abarcando su geometría, información geográfica, las cantidades de obra y las propiedades de **los** componentes del edificio.

BIM es visto como un enfoque emergente que le ayudará a la industria de la construcción en la consecución de los objetivos de *Lean Construction*, eliminación de pérdidas, reducción de costos, mejora de la productividad de los equipos de trabajo y resultados positivos para el proyecto. Estudios de casos detallados han demostrado que actualmente BIM y LC actúan por separado, por lo que las futuras investigación deben buscar una práctica conjunta de ambos paradigmas cuyo resultado sea la ampliación de la definición de BIM como un proceso “*Lean*”.

Como el principio fundamental de “*Lean*” es reducir o eliminar residuos, el BIM aborda muchos aspectos de los residuos que se producen, primero en las fases de diseño, y luego en la fase de construcción. A medida que el concepto de diseño se desarrolla, diseñadores, propietarios y constructores pueden tomar decisiones que eviten concentraciones de residuos en obra. Las revisiones tradicionales del proceso constructivo sin usar BIM consumen tiempo que se traducen en gastos.

*Lean Construction* y BIM son dos diferentes iniciativas de la industria de la construcción, pero algunos de los principios de BIM pueden afectar positivamente los principios de *Lean Construction* para mejorar los proyectos constructivos.

“*Lean*”, en su forma más simple, significa la eliminación de residuos de todo lo que hacemos, y al aplicarse a la construcción proporciona una manera de ofrecer un alto rendimiento en todas las categorías medidas, incluyendo calidad, costo, entrega, rentabilidad y sostenibilidad.

Dentro de las Funciones del BIM están: visualización de formas, rápida generación de alternativas de diseño, usos de modelos de datos para predicción de análisis, mantenimiento de información-modelado integrado de diseño, generación automatizada de dibujos-documentos, colaboración en diseño-construcción, evaluación-generación rápida de múltiples alternativas de planes de construcción y por último comunicación en línea.

La unión de los modelos BIM e IPD promete brindar eficiencia, ahorro de costos y aumento de la productividad en el sector constructivo. Las investigaciones en la unión de ambos enfoques sostienen que el uso de un modelo integrado BIMIPD tiene un impacto positivo en la ejecución de los proyectos constructivos.

### **2.6.8. A3**

Esta es una herramienta visual para identificar problemas, analizar datos y desarrollar conjuntamente soluciones. Busca principalmente facilitar la comunicación y el aprendizaje del equipo.

### **2.6.9. CARTA BALANCE**

Es una herramienta que le permite visualizar y distribuir cargas de trabajo entre diferentes áreas o equipos para garantizar que no haya cuellos de botella y que los recursos se utilicen de manera eficiente. A partir de datos detallados de las actividades y estableciendo un intervalo corto de tiempo divide las actividades de cada obrero en trabajo tipo Trabajo productivo TP, TC Trabajo Contributivo y Trabajo no contributivo TNC. Se entiende como trabajo productivo TP aquel trabajo que aporta **directamente** al avance físico de la obra, como trabajo contributivo TC aquel trabajo que aporta **indirectamente** al avance físico de la obra y por último como trabajo no contributivo tenemos aquel trabajo que aporta **indirectamente** al avance físico de la obra como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Tabla de tipos de trabajos en Lean Construction

Tipo de trabajo	En que consiste	Ejemplo
<b>Trabajo productivo</b>	Desarrollo de las acciones propias de la actividad que pueden ser cobradas o valoradas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocación de los paneles de encofrado</li> <li>2. Aplomado del encofrado</li> <li>3. Amarres y clavado del encofrado</li> <li>4. Apuntalado del encofrado</li> </ol>
<b>Trabajo Contributivo</b>	Recibir indicaciones, leer planos, retirar materiales o herramientas de trabajo, limpiar el área de trabajo, limpieza de encofrados, mediciones previas y de inspección, transportes de materiales, armado de plataformas y andamios para trabajo en altura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza de paneles</li> <li>2. Preparación de amarres</li> <li>3. Curado de paneles</li> <li>4. Mediciones</li> <li>5. Transporte de insumos</li> <li>6. Corte de la madera</li> <li>7. Instrucciones/planos</li> <li>8. Orden y limpieza del área</li> </ol>
<b>Trabajo No contributivo</b>	Esperas, necesidades fisiológicas de los obreros, viajes, utilizar celular, hablar entre compañeros, descanso/tiempo ocioso, trabajos rehechos, Ausencias	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Esperas</li> <li>2. Necesidades fisiológicas de los obreros</li> <li>3. Viajes</li> <li>4. Utilizar celular</li> <li>5. Hablar entre compañeros</li> <li>6. Descanso</li> <li>7. tiempo ocioso</li> <li>8. Trabajos rehechos</li> <li>9. Ausencias</li> </ol>

Trabajos productivos en la actividad: Encofrado De Columnas

Tomado

de

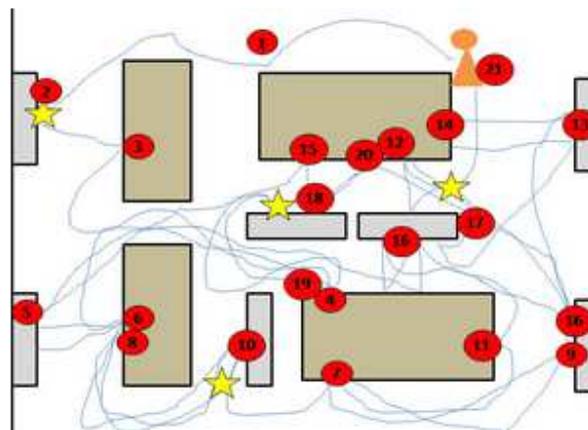
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/556447/Tesis%20Vilca%20Uzategui.pdf?sequence=1>

### 2.6.10. NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

Son herramientas diseñadas para establecer y mantener un flujo de trabajo constante, evitar interrupciones y minimizar los tiempos de espera. Es un indicador el cual se encarga de la medición del nivel de trabajo productivo, contributivo y no contributivo que se encuentra en el proyecto, para a partir de este poder plantear la solución a los problemas que se encuentren.

### 2.6.11. DIAGRAMA DE ESPAGUETI

El Diagrama de Spaghetti es la representación del flujo físico de materias, personas e información en el espacio y momento en el que se ejecuta el proceso a estudiar. Sobre un plano se ilustran todos los movimientos que se producen. Permite eliminar los innecesarios y cambiar la configuración del contexto para recortar las distancias recorridas, mejorar los tiempos de respuesta, reducir los riesgos de accidente o mejorar el aprovisionamiento, entre otras medidas.



*Figura 9 Diagrama de espagueti*

Tomado de <https://www.lean.org/lexicon-terms/spaghetti-chart/>

### 2.6.12. GEMBA WALK

Un Gemba Walk es un recorrido por el lugar de trabajo cuyo objetivo es observar a los empleados, preguntarles por sus tareas e identificar las mejoras de productividad. Gemba Walk se deriva de la palabra japonesa "Gemba" o "Gembutsu", que significa "el lugar real", por lo que suele definirse literalmente como el acto de ver dónde ocurre el trabajo real. Un paseo gemba es un método lean sencillo pero potente que realizan los empresarios para promover la mejora continua.

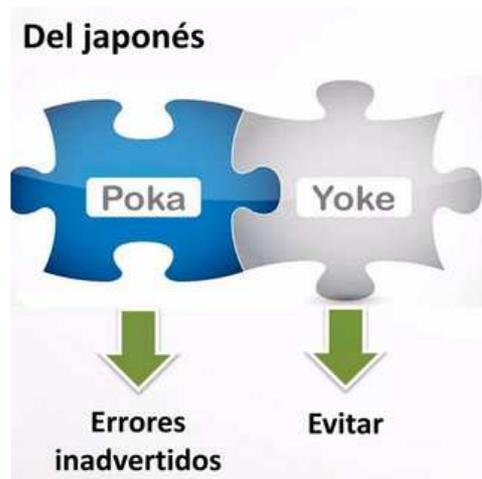


*Figura 10 Imagen de safetyculture de gemba-walk de recorrido de trabajo*

<https://safetyculture.com/es/temas/gemba-walk/>

### **2.6.13. POKA-JOKE**

Es una expresión japonesa que se traduce como *a prueba de errores*. En la metodología Lean implica el diseño de procesos, productos o servicios en los que es imposible que el usuario los emplee de forma incorrecta. Se busca siempre la sencillez y la simpleza en el resultado final. Es el proceso de anticipar, prevenir y detectar errores que puedan terminar en defectos. Es también conocido como a prueba de errores cero defectos. Al detectar el defecto la obra se detiene y se investiga las causas presentes y futuras causas para así evitar el error



*Figura 11 Imagen de POKA-JOKE*

<https://studylib.net/doc/25393477/poka-yoke-mistake-proof-training-material>

#### **2.6.14.5 PORQUE**

“La base del enfoque científico de Toyota es preguntarse “por qué” cinco veces cada vez que encontramos un problema, al repetir “por qué” cinco veces, la naturaleza del problema y su solución se vuelven claras.” Taiichi Ohno

Inspirada en el sistema Toyota los 5 Porque es una herramienta que contempla que un problema debe resolverse desde la raíz si queremos evitar que vuelva a surgir en un futuro.



Figura 12 Diagrama del enfoque de los 5 porque

<https://lcimexico.org/articulos/herramientas-de-lean-construction-los-5-porques/>

### 2.6.15. SMED

SMED (Single Minute Exchange of Die): Este es un método cuyo principal objetivo es reducir el tiempo necesario para cambiar herramientas o configuraciones en un proceso y así poder proceder con la optimización y agilización de los cambios y minimizar el tiempo no productivo

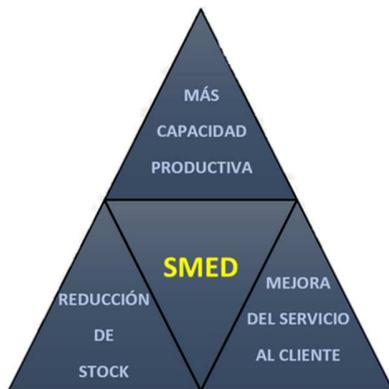


Figura 13 Diagrama de la herramienta SMED.

Tomado de <https://www.tcmetrologia.com/blog/que-es-smed/>

#### 2.6.16. LPDS

El Lean Project Delivery System (LPDS) es un sistema que implementa principios y herramientas Lean en todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción. El LPDS es adaptativo pues es flexible para especificar las entradas y salidas de los procesos y tiene la libertad de elegir herramientas, técnicas y tecnologías acorde a las últimas tendencias. Glenn Ballard describió LPDS también como “sistema de producción basado en proyectos” porque es un sistema de producción temporal. A diferencia de los sistemas tradicionales de ejecución de proyectos, LPDS cuestiona qué se debe hacer y quién es responsable de la tarea desde el principio del proyecto. puntos son características claves de LPDS:

- El proyecto se estructura y gestiona como un proceso generador de valor.
- La participación temprana de los interesados aguas abajo para planificar y diseñar los pasos del proyecto a través de equipos funcionales cruzados.
- Las técnicas de Pull se utilizan para gestionar la información y el flujo de materiales entre las partes interesadas.

- Los búferes (amortiguadores) se utilizan para absorber variabilidades en el sistema de producción a través de la optimización global.

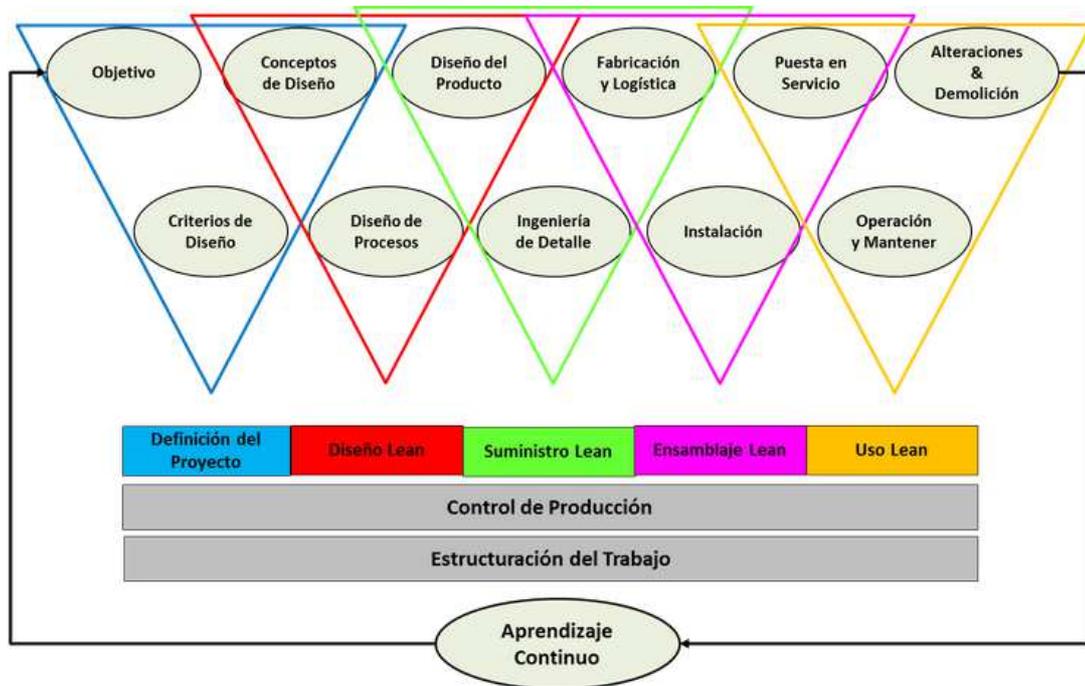


Figura 14 Diagrama del sistema de entrega de proyectos Lean

Fuente: <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-lean-project-delivery-system-gerardo-medina>

Fuente <http://polired.upm.es/index.php/abe/article/view/4509>

### 2.6.17. TVD

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.).

Este enfoque surge entre los años 2005 y 2007 en Estados Unidos para aplicarse a proyectos de construcción de hospitales y centros educativos.

Fuente:[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6118/PACHE\\_CO\\_SANTIAGO\\_TARGET\\_VALUE\\_DESIGN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6118/PACHE_CO_SANTIAGO_TARGET_VALUE_DESIGN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

### **2.6.18. TAKT PLAN**

Esta es una herramienta que busca ayudar a la determinación de la tasa de producción requerida para satisfacer la demanda del cliente, con esto se logra sincronizar el flujo de trabajo y evitar una producción excesiva o insuficiente.

## **2.7. DIMENSIONES DE BIM**

### **2.7.1. Primera dimensión, idea o diseño**

Se parte de la idea; una vivienda, un hospital, centro comercial entre otros, se definen las condiciones iniciales, la localización; se realizan las primeras estimaciones (superficie, volumetría y costos; se establece el plan de ejecución), entre otros. Se realizan las tareas iniciales investigación, implementación concepto de diseño, estimación de superficie, volumetría y costos. Y el plan de ejecución

### **2.7.2. Segunda dimensión el boceto o Análisis**

Se producen planos 2D, se seleccionan los materiales, se define el software y el ciclo de vida del proyecto. Se prepara el software para modelar; se plantean los materiales; definen las cargas estructurales y energéticas; y establecen las bases para la sostenibilidad del proyecto.

### **2.7.3. Tercera dimensión modelo de información del edificio**

En esta dimensión se realiza el modelado del edificio o de la construcción. Se utiliza herramientas de modelado BIM, para modelos digitales de construcción que permiten cuidar los detalles gráficos de nuestro diseño, al tiempo que garantizan una representación realista de la apariencia estética y una excelente adherencia geométrica de los elementos modelados. El problema que se puede resolver durante la etapa de planificación no solo concierne a la representación del modelo como tal, al estar separado de las disciplinas técnicas involucradas, sino que también contempla la interacción de varios roles / disciplinas involucradas como un componente clave de esta metodología. Es un modelo orientado a objetos (columnas, vigas, muros, etc.) que representa toda la información geométrica del proyecto de forma integrada (con parametrización de sus componentes). Inicialmente representará la información del diseño arquitectónico (o civil) y de cada una de las ingenierías involucradas, lo que permitirá obtener una representación geométrica detallada de cada parte de la edificación (edificio, obra y/o construcción) dentro de un medio de información integrada. No solo se podrá, en forma virtual y anticipada, ver el edificio en tres dimensiones, también se pueden actualizar las vistas durante todo el ciclo de vida del proyecto, mejorando la comunicación, que permite reducir iteraciones, efectuar correcciones, así como la detección de colisiones entre elementos.

### **2.7.4. Cuarta dimensión tiempo**

Al modelo 3D desarrollado se agrega la dimensión del tiempo, mediante la integración de la planificación de actividades y de trabajo. Esta fase facilita una eficiente gestión de los recursos necesarios en cada momento, de materias primas, de mano de obra, de maquinaria, de espacio para acopios, etc. Permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción y diseñar el plan de ejecución. Se basa en el control de logística del proyecto durante la ejecución, logrando que sea más predecible el resultado, y el producto final sea más seguro y eficiente. Durante esta etapa se pueden llevar a cabo las tareas de simulación:

- Las fases de construcción y producción.

- Diseño y simulación de zona de trabajo.
- Diseño del Plan de Ejecución (Diagrama de Gantt / Redes / Línea Base del Proyecto)
- Diseño Prefabricación / Fabricación de piezas, equipos y prototipos.

Esta dimensión implica la aplicación de principios de gerencia de proyectos, particularmente la conexión de los parámetros del modelo tridimensional con estructuras desagregadas de trabajo (EDT o EDC según el caso) y clasificación estructurada de actividades o partidas (tipo *Masterformat*, *Uniclass*, etc.)

El modelado 4D influye significativamente en los costos, afectando los rendimientos y por ende las eventuales duraciones de las actividades. Lo que en definitiva impacta, según los recursos asignados, los Análisis de Precios de las actividades o tareas planificadas.

Con esta dimensión se adquiere la capacidad de prever cómodamente lo que va a pasar y actuar rápidamente sobre ello, actualizando y optimizando el gemelo de las edificaciones, el modelo BIM.

#### **2.7.5. Quinta dimensión costo**

Se agregan al modelo la variable tiempo que permite definir la cantidad de materiales, estimar los gastos de operación. Abarca la estimación y control de costos (determinación del presupuesto) y estimación de gastos, orientada a mejorar la rentabilidad del proyecto. Se asocian cantidades de insumos (materiales, equipos y personal) a las estructuras de costos para la construcción. Adicionalmente se podría organizar gastos y estimar costos operativos para la fase de uso y mantenimiento, logrando que los ejecutores y/o futuros operadores tengan mayor control sobre toda la información contable y financiera del proyecto. En esta dimensión se elabora presupuestos iniciales y estimados que conllevan a los presupuestos de contratación y ejecución, permitiendo hacer comparaciones entre distintos modelos de costos para su control. Esta fase puede abarcar las tareas de Definición de Cantidad de Insumos y sus Costos (compras, pedidos, salarios, equipamiento); Control y Definición de Gastos (administrativos, generales,

entre otros). Adicionalmente, mediante uso de software especializado se puede proyectar o predecir estimaciones de Costos Operativos en la futuras fase de uso-mantenimiento (vinculado con las dimensiones 6D y 7D).

Es importante la vinculación del modelo tridimensional (3D) a variables que permitan la construcción del presupuesto, basados en dicho modelado para que verdaderamente el proyecto pueda ser considerado en la 5ta dimensión. Esto se logra utilizando en el software de modelado tridimensional, especificaciones de clasificación de elementos de costo, tales como *Masterformat*, *Uniclass*, entre otras, para clasificar e identificar los diferentes elementos a los cuales se le determinará el costo, así como su asociación a estructuras desagregadas de trabajo (EDT / EDC).

Se destaca la necesidad que los modeladores presten atención a la aplicación de la Gerencia de Proyectos para el desglose de actividades (EDT-Estructura Desagregada de Trabajo y /o EDC-Estructura Desagregada de Costo) y su relación con el tiempo (rendimientos), es decir debe existir una estrecha relación entre las dimensiones 3D, 4D y 5D (componentes de la verdadera planificación). En algunas ocasiones cuando el presupuesto se elabora separadamente por metodología clásica y luego se pretende preparar una planificación (4D + 5D) basada en el modelado BIM, se pueden presentar serias discrepancias y desviaciones de costos, tiempo y mediciones de alcance.

#### **2.7.6. Sexta dimensión simulación (*green BIM*)**

Simula el comportamiento de los sistemas de ahorro energético y la gestión de recursos, que permite tomar las mejores selecciones antes de iniciar la construcción. Esta dimensión recoge todo lo que afecta al Planeta y la sostenibilidad ambiental del mismo. La 6D implica simulaciones con el fin de realizar análisis energéticos y de sostenibilidad. En ocasiones la sexta dimensión es llamada *Green BIM* (“BIM verde”). Esta dimensión permite conocer cómo será el comportamiento energético del proyecto antes, que se tomen decisiones importantes y

comience la construcción, determinando si el edificio es eficiente o cumple los requisitos necesarios para una determinada certificación energética, logrando optimizar procesos importantes, en tiempo real, tales como futuras inspecciones, reparaciones, remodelaciones, etc. La sexta dimensión de BIM no solo trata del ahorro energético y el diseño sostenible, sino también del concepto de ingeniería de valor (*Value Engineering*), que consiste en la optimización de los sistemas constructivos e instalaciones, de forma que, con modificaciones estratégicas, en sistemas o equipos empleados, se obtienen reducciones significativas de los costos, tanto en fase de construcción como en la futura fase de explotación, sin perder la esencia del proyecto. Gracias a las aplicaciones de esta sexta dimensión, es posible la implementación de tecnologías que reduzcan el impacto y/o daños al medio ambiente. Si estos elementos constructivos están dotados de datos termodinámicos, se puede simular el comportamiento energético del edificio. También se puede proporcionar datos de la huella de carbono. Todo esto es muy interesante porque se puede calcular con anterioridad la factura energética del edificio, y buscar la optimización para un periodo de años determinado. Esto tiene mucha importancia a la hora de obtener una certificación o sello medioambiental como *Breeam*, *Leed* o *Passivhaus*, entre otros.

#### **2.7.7. Séptima dimensión manual de instrucciones Gestión**

Esta etapa genera herramientas para monitorear el funcionamiento del proyecto, facilitando mantenciones, inspecciones y reparaciones. Se puede aplicar a proyectos en la fase de planificación, en desarrollo y ya en funcionamiento. Esta dimensión implica el uso de los modelos con el fin de prever o realizar las actividades y procesos de mantenimiento y operaciones durante todo el ciclo de vida del edificio o infraestructura. Permite gestionar el ciclo de vida de un proyecto y sus servicios asociados, además del control logístico y operacional del proyecto durante el uso y mantenimiento de la vida útil, logrando la optimización de los procesos importantes tales como inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc. La 7D hace referencia a la Gestión del Activo construido, una vez finalizada la obra. La correcta implementación de esta dimensión permite la aplicación del “*Asset Management*” (Gerencia de Activos) correspondiente a la gestión del patrimonio o de activos basada en principios como el

conocimiento, la planificación, la organización y la gestión integrada (ejemplo: ISO 55000, ISO 55000-1). Tiene como objetivo optimizar el rendimiento de dichos activos y minimizar su costo, así como mejorar el servicio ofrecido. Incluso se puede actuar sobre la domótica o inmótica del edificio desde el modelado BIM.

En la actualidad hay pioneros de la tecnología BIM que agregan 3 dimensiones más:

#### **2.7.8. Octava dimensión Ciclo de vida BIM**

Esta dimensión suele recoger varios aspectos reales de la edificación, en un modelado finalizado y construido. Desde esta dimensión hacia adelante, se recogen procesos específicos que no se deben incluir como obligatorios en todas las edificaciones. Será el promotor el que decida hasta que dimensión quiere desarrollar el producto BIM. En la octava dimensión se puede incluir la Seguridad y Salud (*Health Safety*) para evaluación de Riesgos en la construcción o en las Intervenciones posteriores y rehabilitaciones futuras. Se puede simular las necesidades colectivas en materias de riesgos laborales definida en los elementos en la 4D. Por este motivo y muchos más, es importante definir desde las fases iniciales el alcance del modelado BIM de un edificio o infraestructura. Ante los avances y nuevas aplicaciones BIM, se plantea la necesidad de crear esta dimensión específica, tanto en nuevas construcciones como en la Rehabilitación de infraestructuras existentes (para este caso, basado en modelos 3D originados desde nube de puntos, escaneo digital o técnicas similares). En la intervención de edificaciones patrimoniales, como el caso la catedral de Notre Dame en París y el terrible accidente allí ocurrido en abril de 2019, el Riesgo y la Rehabilitación aplicado sobre un modelo 3D o gemelo digital, bien podrían justificar la independencia e importancia de esta dimensión en la prevención de Riesgos.

#### **2.7.9. Novena dimensión Gestión construcción rehabilitación**

Gerencia de la Construcción / Rehabilitación (Remodelaciones, grandes intervenciones, especialmente de bienes patrimoniales). Etapa de construcción en campo. Abarca la aplicación de principios de Gerencia de Proyectos, incluyendo de ser el caso, *Lean Construction (Last Planner System)*, entre otras formas gerenciales, Construcción industrializada, uso de realidad

virtual aumentada y otras técnicas, Inspección, Supervisión, Control de Calidad (imprescindible como objetivo fundamental de la construcción) y Administración de Obras. Es bueno destacar que algunos países, como Estados Unidos, exigen certificaciones profesionales (a personas y a empresas) para aplicar o ejercer en el área de la construcción, adicionales o independientes de la aplicación de BIM. El aspecto constructivo (in situ o en campo) había sido independiente a la existencia del BIM. Es bueno destacar adicionalmente que, en algunos países, el tema de proyectos y el aspecto constructivo en campo, están separados, incluso desde tiempos antiguos, han sido manejados independientemente (actividad de Proyecto y actividad de Construcción), fundamentalmente para evitar replicación de errores, que se estima que el BIM debería evitar.

#### **2.7.10. Decima dimensión construcción industrializada**

Automatización inteligencia artificial, construcción del Gemelo Digital (*Digital Twin*). Dada la importancia que han adquirido conceptos como las Ciudades Inteligentes y el CIM (Modelado de la Información de la Ciudad), se hace necesario la evolución de la Base de Datos generada por el modelo BIM hacia la construcción del Gemelo Digital. Por la complejidad de su desarrollo, se sugiere sea considerado en esta nueva dimensión.

### **2.8. Beneficios de *Lean Construction***

La implementación de *Lean Construction* puede tener una serie de beneficios para el proceso de construcción y el resultado final. Algunos de los beneficios más importantes son:

#### **2.8.1. Reducción de plazos y costos**

La eliminación de los desperdicios en el proceso de construcción puede reducir significativamente los plazos y los costos de la construcción. Además, la mejora en la planificación y programación reduce significativamente los tiempos de espera y los costos de almacenamiento de materiales.

### **2.8.2. Mejora de la calidad**

La eliminación de los desperdicios y la implementación de procesos más eficientes puede mejorar la calidad del resultado final de la construcción. Esto puede llevar a una mayor satisfacción del cliente y una reducción en los retrabajos.

### **2.8.3. Mejora de la seguridad**

La aplicación de la técnica de 5”S” puede reducir los riesgos y peligros en el lugar de trabajo, mejorando la seguridad para los trabajadores y reduciendo los costos de lesiones y accidentes.

### **2.8.4. Mayor colaboración y comunicación**

La implementación de *Lean Construction* implica una mayor colaboración y comunicación entre los miembros del equipo de construcción y los proveedores y subcontratistas. Esto mejora

la coordinación y el flujo de trabajo, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la eficiencia en general.

### **2.8.5. Mayor satisfacción del cliente**

La implementación de *Lean Construction* bajo la aplicación de sus principios fundamentales pueden llevar a una mayor satisfacción del cliente. Esto conlleva a una mejor reputación y rentabilidad.

Como se muestra en la figura 15 *Lean Construction* es visto como una estructura cuyas bases están representadas por las herramientas:

- Control visual del proceso (ANDON)
- Las 5S
- La nivelación de la carga de trabajo o justa distribución del trabajo (HIEJUNKA)
- Building Information Modeling BIM
- Herramientas de mapeo *Last Planner System* LPS

- Porcentaje de Plan Completado PPC, entre otras.

Sus dos pilares representados en

- Primer lugar por el JIT *Just In Time* que consiste en la entrega de materiales de buena calidad, equipos operativos y mano de obra especializada en el momento requerido y la cantidad necesaria.
- El segundo pilar o *Jidoka* determina el momento de parar cuando es identificado un error, para que automáticamente se produzca la eliminación de la *Muda* o desperdicio para concentrarse en el corazón de la estructura que es el *Kaizen* o mejora continua.

Para finalmente, culminar con el techo de la estructura identificado con el logro de la máxima calidad, de un precio ajustado y del tiempo de entrega pautado.

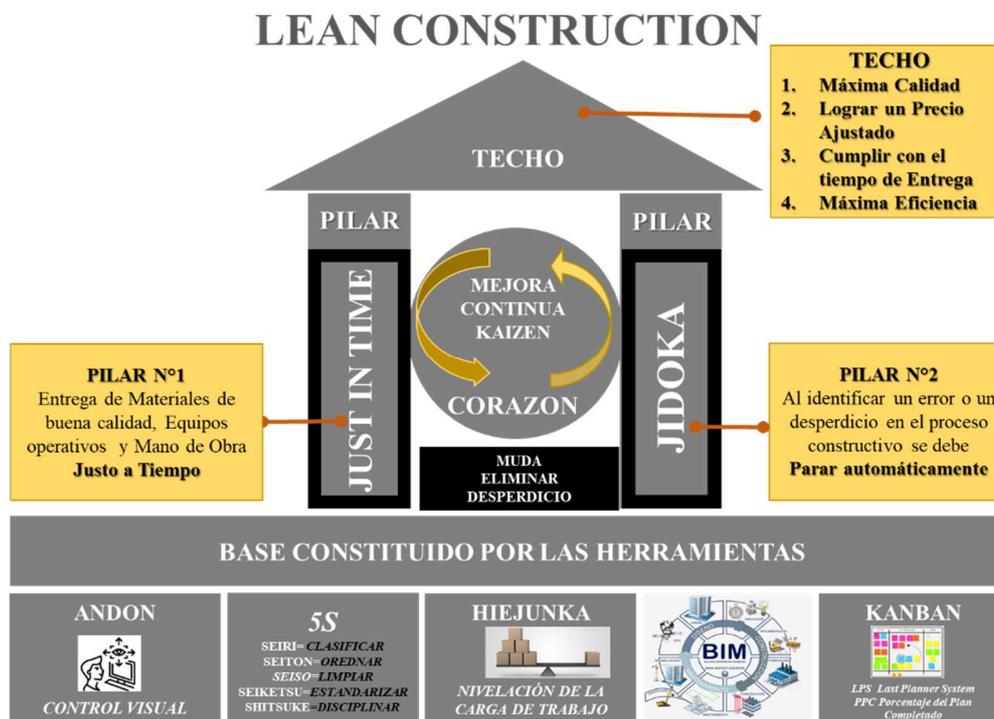


Figura 15 Estructura de Lean Construction figura de elaboración propia inspirada en :

Fuente <https://elmetodolean.com/el-templo-lean/>

### **3. CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. FASE ANALITICA**

##### **3.1.1. ETAPA 1**

La primera fase consistió en un trabajo de investigación teórica detallada de la literatura existente y en donde se estudiaron las metodologías tradicionales y Lean Construction

##### **3.1.2. ETAPA 2**

Se seleccionaron los parámetros más relevantes de los métodos estudiados para identificar las principales características, ventajas y desventajas de cada uno de los métodos.

##### **3.1.3. ETAPA 3**

Se realizó una comparación de los parámetros característicos de ambos métodos y se determinó la efectividad de cada método.

#### **3.2. FASE EXPLORATORIA-DE CAMPO**

##### **3.2.1. ETAPA 1**

Se seleccionó un proyecto para analizar la metodología de trabajo que aplican en dicha instalación en la parte constructiva y de mantenimiento, que requirió permisología correspondiente y la autorización respectiva de una Clínica Privada para evaluar de forma directa su manera de trabajo, efectividad, eficiencia en los procesos, calidad, plazos, seguridad, comunicación y colaboración.

##### **3.2.2. ETAPA 2**

Una vez aprobada la autorización se realizaron visitas exploratorias a la clínica seleccionada para la observación directa, la realización de entrevistas, encuestas y micros pertinentes.

### **3.2.3. ETAPA 3**

Realización de entrevistas y encuestas

### **3.2.4. ETAPA 4**

Se realizó una capacitación y concientización por medio micros informativos para el personal sobre la metodología *Lean Construction*

### **3.2.5. ETAPA 5**

Se presentaron los estudios realizados ante la gerencia directiva

## 4. CAPITULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. FASE ANÁLITICA

Durante el desarrollo de este estudio comparativo entre la metodología *Lean Construction* y el método tradicional de gestión de proyectos de construcción, se recopilaron datos relevantes que permitieron evaluar y comparar el rendimiento de ambos enfoques en términos de eficiencia, costos, plazos, calidad y satisfacción del cliente. Determinando que la metodología *Lean Construction* es más efectivo en los siguientes parámetros evaluados:

*La gestión del riesgo*, al identificar y mitigar los posibles problemas que surgen a lo largo del proceso constructivo.

*La productividad*, por la optimización del flujo de trabajo, reducción de tiempos de espera entre actividades. Eliminando el retrabajo de dichas actividades.

*Reducción de los plazos de entrega*, al implementar herramientas como *Last Planner System* o el *Just in time* permitió una mejora en la planificación-supervisión- trabajo colaborativo, flexible y adaptativo a lo largo del desarrollo del proyecto.

*Mejora en la seguridad y respeto entre disciplinas*, involucradas en la obra. Previniendo el riesgo y condiciones inseguras de trabajo.

Mejora en el orden y limpieza, en la ejecución del proyecto

*Mayor calidad en la construcción*, por la aplicación de la estandarización, simplificación y control de calidad

*Mejora en la comunicación y satisfacción del cliente*, al brindarle lo que el cliente esperaba, cumpliendo con sus funciones, objetivos y prioridades.

## 4.2. FASE EXPLORATORIA-DE CAMPO

Luego de la observación directa de la clínica seleccionada se determinó que la metodología de trabajo implementada tenía características similares a la metodología tradicional.

Se identificaron las fallas en el proceso de toma de decisiones dentro del área de mantenimiento, obras nuevas y en remodelación del centro médico seleccionado debido a la multiplicidad de entes involucrados en la aprobación y ejecución de actividades.

*Falta de comunicación efectiva a nivel gerencial y supervisión de las actividades*, para identificar tiempos de ejecución y poder realizar mejoras en dichos tiempos

*Falta de implementación de herramientas tecnológicas* mediante sistemas digitalizados que agilicen los procesos de actividades con el control y salida del personal, control de inventario de materiales. Planificación y asignación de tareas.

*Sobre-carga de trabajo en la gerencia de mantenimiento* debido a que no existe cuadrillas especializadas disponibles por poca cantidad de personal asignado.

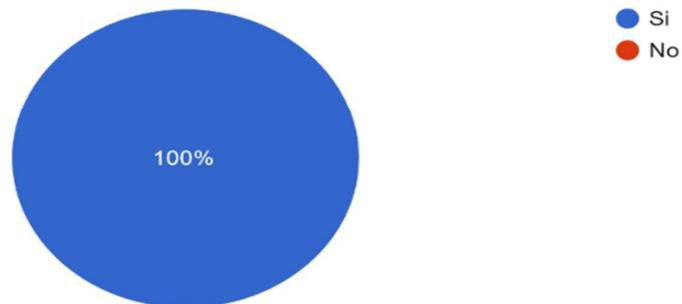
*Manejo de priorización de actividades emergentes*, que deben ser realizadas a corto, mediano y largo plazo.

Incumplimiento de los tiempos de entrega y los costos iniciales por parte de los contratistas,

De las encuestas realizadas al personal de mantenimiento

En la figura 16 se puede identificar que el 100% del personal tiene buena disposición a mejorar su trabajo lo que dice mucho de la identificación y apego a la empresa.

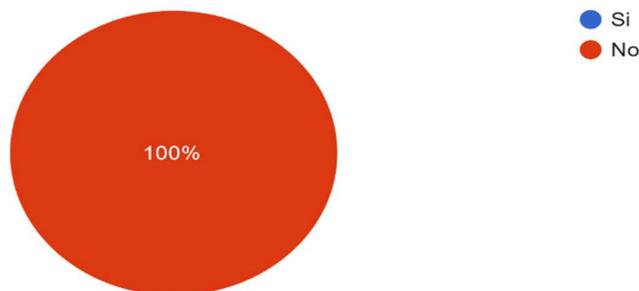
1.-¿Le gustaría para mejorar, adquirir conocimientos o entrenamiento laboral?  
4 respuestas



*Figura 16 Para identificar la disposición del personal a realizar mejoras en la empresa y su identificación con la empresa.*

En la figura 17 se puede determinar que el 100% del personal de la clínica desconoce la metodología Lean Construction.

2.-¿Conoce la metodología Lean Construction?  
4 respuestas



*Figura 17 Identificación del tipo de metodología Lean Construction*

De la figura 18 se puede visualizar que el 25% de las personas perciben asignación de actividades frecuentemente, el 75% tienen actividades fijas diarias planificadas y que se pueden ejecutar y hacer seguimiento.

### 3.- ¿Cada cuánto tiempo se le asignan sus actividades?

4 respuestas

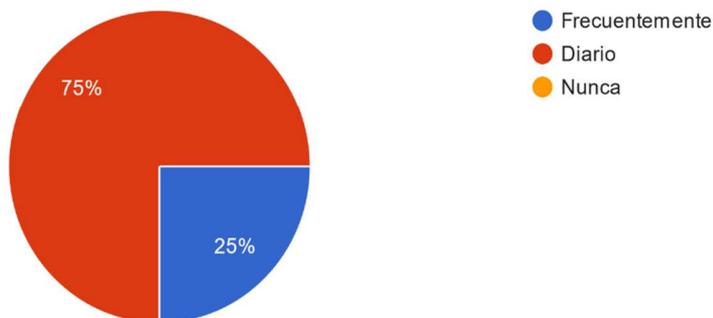


Figura 18 Frecuencia de asignación de trabajos

De la figura 19 se puede ver que el 75 % del personal tiene buena disposición a trabajar integrado a un grupo y a ofrecer su aporte al trabajo. mantenimientos preventivos y correctivos de sus trabajos.

### 4.- ¿Qué colaboración tiene de los compañeros de trabajo?

4 respuestas

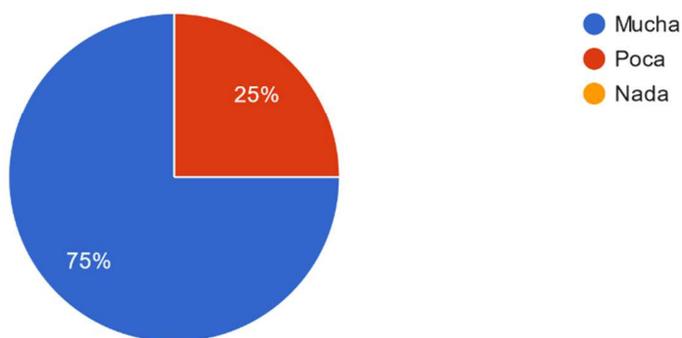


Figura 19 Relación interpersonal y capacidad de trabajo en grupo

La comunicación entre compañeros de trabajo según la figura 20 se percibe como 50% poca quizás porque hay una carga de trabajo que les impide la comunicación ya que según las otras encuestas existe buena relación entre ellos.

5.-¿Cómo es la comunicación con compañeros de trabajo?

4 respuestas

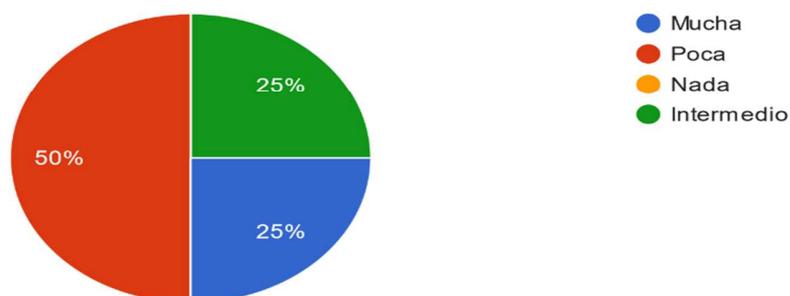


Figura 20 como percibe el personal la comunicación entre compañeros

Según la pregunta de la figura 21 el material de trabajo tiene muchos factores que hacen que sea lento el proceso de suministro.

6.- ¿Recibe el material para su labor oportunamente?

4 respuestas

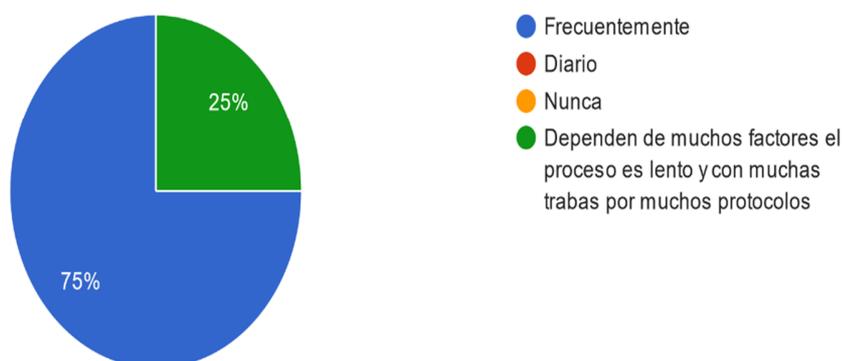


Figura 21 Suministro de materiales de trabajo

En la figura 22 existe un 25% de la población encuestada que perciben su ambiente de trabajo como desordenado, que debe ser optimizado para mejorar la calidad de vida del empleado.

7.- ¿Cómo es la limpieza y orden en tu área de trabajo?

4 respuestas

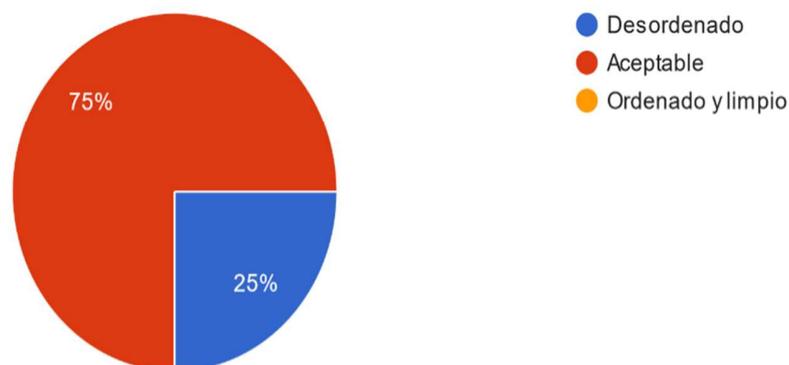


Figura 22 Ambiente de trabajo

En la figura 23 el 75% de los empleados tienen apertura a recibir capacitación, una ligera inconformidad con su capacitación actual y deseos de superación o mejoras de capacitación

8.- ¿Considera que existe una capacitación adecuada para su labor?

4 respuestas

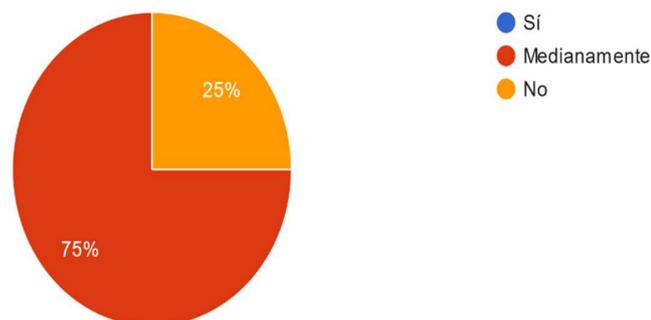


Figura 23 Como percibe el empleado su capacitación para ejercer su labor

En la figura 24 se puede ver que en el 75% de los encuestados existe una preocupación por el trabajo en grupo o el interés por el conocer el trabajo realizado por los compañeros, un 25% medianamente pero no existe desinterés por dicho compañero. Esto se puede identificar como tendencia a querer integrar el trabajo en grupo.

9.- ¿Tiene conocimiento de la labor que realizan sus compañeros?

4 respuestas

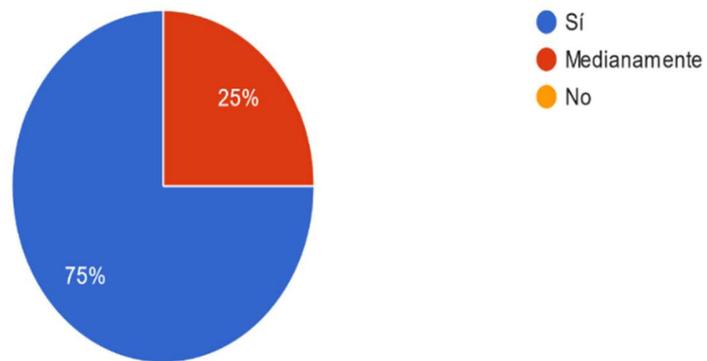


Figura 24 Nivel de preocupación por trabajo en grupo

En la figura 25 y 26 apreciar que el 100% de los empleados conocen el trabajo preventivo y correctivo.

10.- ¿Conoce lo que es un mantenimiento preventivo?

4 respuestas

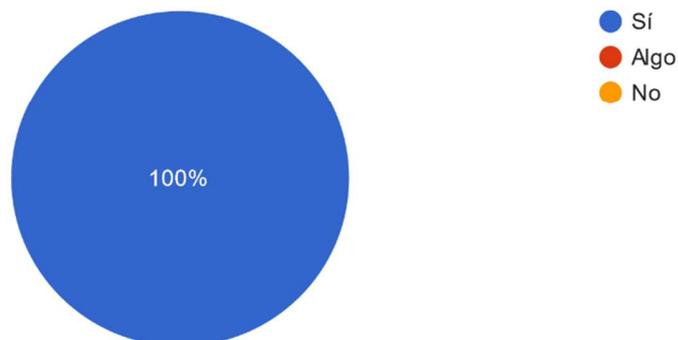
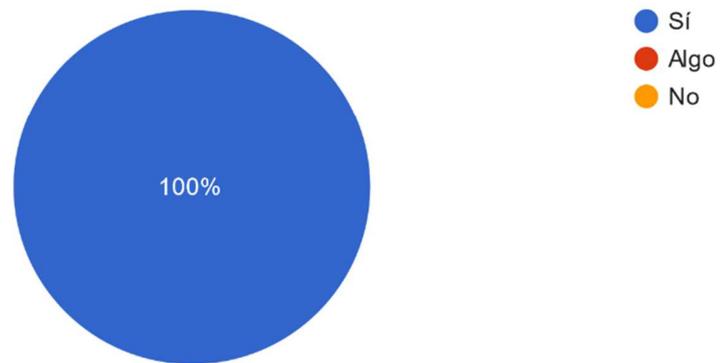


Figura 25 Estadística del conocimiento del mantenimiento preventivo

11.- ¿Conoce lo que es un mantenimiento correctivo?

4 respuestas



*Figura 26 Estadística del conocimiento del mantenimiento correctivo*



*Figura 27 Inspección de reparación y soldadura de reja por el personal de mantenimiento*



Figura 28 Inspección de tuberías



Figura 29 Tablero de control de Bombas y su especificación



*Figura 30 Reunión de Inducción al personal de la Clínica privada a los jefes departamentales*

Comparación de Lean construction y el método tradicional

Tabla 3 Comparación de Lean Construction y el Método Tradicional

PARAMETRO	METODO TRADICIONAL	LEAN CONSTRUCTION
Gestión de riesgo	Existe una visión de riesgo de corto alcance porque solo abarca la visión parcializada en cada etapa del proceso que actúan independientemente y de forma individual. Muchas veces hay poca planificación no hay garantías de éxito y muchas posibilidades de riesgo.	Existe una visión global en forma continua y que se retroalimenta de la evaluación continua. Mientras más se pueda planificar se pueden prever las procuras de materiales a tiempo, buscar el personal especializado y los equipos a utilizar destacando que también se pueden prevenir riesgos
Productividad	Se produce por el empuje de cada etapa que forma una reacción en cadena y una etapa no permite continuar con la siguiente. Las participaciones y decisiones van desde arriba hacia abajo según un esquema piramidal jerárquico descendente muy individualista. 	La productividad parte de tirar a una visión que se generó desde lo general a lo particular con la participación de todos los actores desde el inicio del proceso y en cada una de las etapas según un esquema de participación 100% total, colaborativo y colectivo, donde se puede prever accidentes y mala ejecución de trabajos. Eliminando así los desperdicios colectivos 
Plazos de entrega	Se utilizan herramientas graficas básicas obsoletas solo por llenar el requisito que generalmente no se cumplen, elaborado por alguno de los actores.	Se utilizan herramientas de mapeo constante que se enseña su práctica en todos los eslabones de la cadena productiva como Last Planner System el PPC Porcentaje de plan Completado que se retroalimenta constantemente por el seguimiento, las reuniones diarias y las reuniones semanales por la comunicación constante, entonces se puede llegar a plazos de entrega más cercanos a la realidad.
Mejora en la seguridad Respeto a las disciplinas	Al no tener una buena planificación y al trabajar de manera individual o aislada se produce una grave falla en la comunicación fundamental en el proceso constructivo	El cambio de mentalidad que induce al respeto de los actores y con el uso de las herramientas como Bim entre otras se puede tener una mejor planificación incrementa en forma notaria la seguridad
Orden, limpieza, calidad en la construcción	Tradicionalmente dependiendo del contratista se pueden encontrar construcciones con calidad y limpieza	Con la filosofía lean se busca internalizar en cada uno de los actores herramientas como 5S los actores ya asimilan que Clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y crear hábitos o autodisciplina. Con el Kaizen la mejora continua y manejo de los errores y retroalimentación del sistema constructivo
Mejora en la comunicación y satisfacción del cliente	Tradicionalmente se lleva la comunicación manejada desde el propietario de la construcción y sin la debida participación de todas las partes, quienes actúan muchas veces de manera individual e independiente. Se tiende a generalizar las soluciones que a veces desconoce la satisfacción del cliente. La falta de previsión resulta una pérdida de tiempo, desperdicio y estrés	Con la filosofía lean se busca internalizar en cada uno de los actores herramientas como 5S los actores ya asimilan que Clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y crear hábitos o autodisciplina. Con el Kaizen la mejora continua y manejo de los errores y retroalimentación del sistema constructivo Lean Construction alinea a todas los involucrados a tener una misma visión, metas, puntos de referencia y objetivos para el proceso final. Cada cliente es único. Utiliza herramientas como encuestas, entrevistas o análisis de datos para recopilar información valiosa. Esto te permitirá identificar los puntos clave en los que puedes destacar y ofrecer un valor diferenciado. Es decir, algo único que le proporcionas al cliente. Utilización de mapeo constante, elimina procesos innecesarios y procura las reuniones diarias, semanales que detentan posibles fallas y hace la retroalimentación del proceso con la mejora continua.

### 4.3. Ventajas y desventajas de LEAN Construction y el método tradicional

Tabla 4 Ventajas y desventajas del método tradicional y la metodología Lean Construction

Parámetro comparativo	Método tradicional		Lean Construction	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Eficiencia	Flexibilidad influenciada por la experiencia y conocimiento individual del profesional en el diseño y planificación del proyecto.	Propensión a la falta de optimización en los procesos, debido a individualización de la estructura de trabajo.	Mejora en el enfoque de la eliminación de desperdicios y mejora continua, lo que aumenta la eficiencia.	Requiere un cambio cultural y de mentalidad en la organización, puede acarrear mayores costos.
Plazos	Puede facilitar la entrega rápida de la planificación y secuencia de actividades del proyecto.	Mayor posibilidad de retrasos y desviaciones en el cronograma.	Reducción de los tiempos de entrega y costos debido al control previo sobre los posibles retrasos.	Requiere una mayor coordinación y comunicación entre los equipos involucrados.
Calidad	Calidad subjetiva, depende de cada una de las partes involucradas, solo visibles en los resultados finales del proyecto.	Mayor rigidez en los cambios y adaptabilidad durante la ejecución, con la posibilidad de afectar el producto final esperado por el cliente.	Mejora de la calidad por un control supervisado de cada actividad supervisado multidisciplinariamente con la aprobación del cliente. Minimización de los riesgos y errores durante la construcción	Requiere un mayor nivel de capacitación, formación del personal y aprobación frecuente del cliente.
Seguridad y Comunicación	Existe ahorro tiempo para los profesionales supervisores, al implementar seguimiento de actividades rígidas y no discutir los posibles imprevistos en reuniones constantes con las partes involucradas del proyecto.	Mayor dificultad para gestionar cambios y resolver conflictos debido a la falta de comunicación, aprobación de acciones por la supervisión y seguimiento de normas de seguridad.	Mayor transparencia y fluidez en la gestión y seguimiento de actividades del proyecto y cumplimiento de satisfacción del cliente.	Requiere un mayor nivel de compromiso y participación de todas las partes interesadas.
Costos	Se obtienen beneficios económicos para los profesionales involucrados por sobrestimaciones de precio en los presupuestos de los proyectos.	Menor innovación y creatividad en la ejecución del proyecto.	Reducción de costos por optimización de utilización del personal, recursos y materiales.	Puede ser más difícil de aplicar en proyectos de gran escala o alta complejidad.

Fuente: Tabla de elaboración propia tomando datos de Ballard, G. (2000). Lean project management. Building research & information, 28(5-6), 368-375.

Para comparar el método Lean Construction con el método tradicional, se pueden considerar los siguientes criterios:

Tabla 5 Comparación de parámetros entre la metodología tradicional y Lean Construction

Parámetro que identifica	El método tradicional	El Lean Construction
Enfoque	Jerárquico y lineal, donde cada etapa se lleva a cabo de manera independiente.	Colaborativo y de trabajo en equipo, las diferentes partes involucradas trabajan juntas desde el principio hasta el final del proyecto.
Identificación y eliminación de desperdicio	Tiende a tener una mayor cantidad de desperdicio (mayor costo); como tiempos muertos, re-trabajo y sobre construcción.	Se enfoca en identificar y eliminar cualquier actividad que no agregue valor al proyecto.
Planificación y programación	Tiende a tener una planificación y programación más detallada y rígida	Se basa en una planificación más flexible y adaptable, donde se prioriza la entrega temprana de los elementos críticos del proyecto.
Integración de equipos	Tiende a tener una separación más clara entre las partes o equipos involucrados, lo que puede generar problemas de comunicación y coordinación.	Promueve la integración de todos los equipos involucrados en el proyecto desde el principio, incluyendo diseñadores, constructores y proveedores.
Enfoque en el cliente	Tiende a enfocarse más en el cumplimiento de los requisitos técnicos, sin poner tanto énfasis en la satisfacción del cliente.	Se centra en satisfacer las necesidades y requerimientos del cliente, buscando maximizar el valor entregado.
Mejora continua	Se basa en el concepto de mejora continua, buscando identificar y eliminar cualquier problema o dificultad en el proceso constructivo.	Se enfoca más en la ejecución de las tareas de acuerdo a lo planificado, sin un enfoque claro en la mejora constante.
Sistema operativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camino crítico.</li> <li>• Sistema push.</li> <li>• Ejecución de actividades lo más pronto posible.</li> <li>• Focalización de las transacciones y contratos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Last planner.</li> <li>• System Sistema pull.</li> <li>• Ejecución de las actividades en el último momento responsable.</li> <li>• Focalización en el sistema de producción.</li> </ul>
Acuerdos y términos comerciales	Fomenta el esfuerzo unilateral, asigna y transfiere el riesgo	Anima, fomenta, promueve y apoya el intercambio de información.
Riesgo	Individual	Colectivo
Diseño y procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño</li> <li>• Una vez que el proyecto está diseñado empieza el diseño de procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño.</li> <li>• El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta.</li> </ul>
Comunicación	Basada en el papel, 2 dos dimensiones, analógico.	Medios digitales, virtuales BIM (3,4 y 5 dimensiones).
Proceso	Lineal, inequívoco, segregado.	Concurrente y multinivel.

Fuente: Elaboración propia

En resumen, como se muestra en la figura 24 existe un balance de los tres factores fundamentales como lo son calidad-tiempo-costo que con el método tradicional se pueden optimizar 1 o ninguno, mientras que con el Lean Construction sería la mejor forma de optimizar los tres criterios.

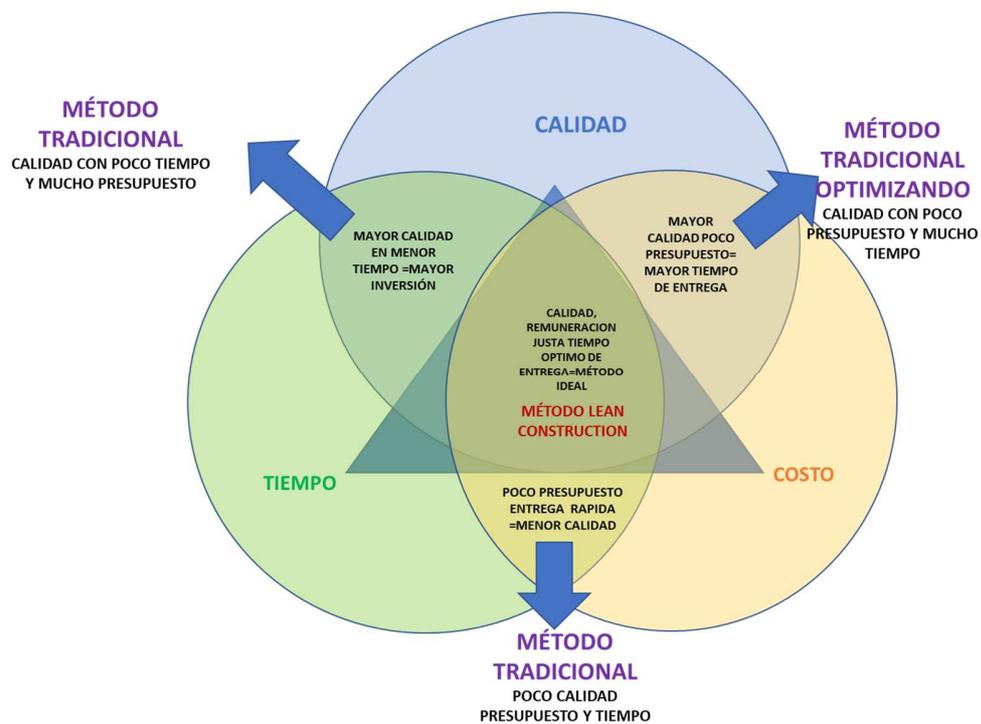


Figura 31 Ubicación de los diferentes métodos basado en el triángulo tiempo-costo-calidad

(Elaboración propia) inspirado en <https://blog.ganttpro.com/es/metodologia-lean-ejemplos-principios/>

Estos son algunos de los criterios principales que se pueden tener en cuenta al comparar el método Lean Construction con el método tradicional. Cada proyecto y contexto puede requerir una evaluación más específica para determinar cuál de los dos métodos es más adecuado.

#### 4.4. Principios básicos de Lean y Lean Construction

Los principios de Lean Construction están inspirados en los principios básicos de 5 pasos de la filosofía Lean como se puede observar en la figura 2 se especifica inicialmente los valores del cliente, luego los procesos que aportan valor a la construcción en cada etapa, pasan a la etapa de identificar la fluidez del servicio o eliminación de desperdicio, acceso al cliente al proceso para que se genere el pull y por último el paso de mejora continua para agilizar el tiempo y la información al cliente.

Tabla 6 Principios, filosofía Lean y su aplicación a la construcción

Principio	Filosofía Lean	Aplicado a la Construcción
Identificar el Valor Maximizar el Valor Disminuir el Desperdicio	El valor debe ser definido desde el punto de vista del cliente con un precio, tiempo de ejecución y características específicas. Reducir la variabilidad.	El valor está representado por las actividades que transforman los insumos (materiales, equipos, mano de obra e información) en productos finales que son por los que el cliente paga. Reducir las actividades que no aportan valor consideradas como desperdicios. Controlar la variabilidad de los proyectos.
Mapear la cadena de valor	La cadena de valor identifica los procesos desde los insumos, el producto, tiempo de elaboración, envió y entrega final del producto al cliente con su respectivo tiempo de ejecución	La cadena de valor se compone desde la concepción de la idea la construcción, la vida útil, su operación y mantenimiento.
Establecer el Flujo de trabajo	Lograr el mapeo de actividades con el fin de reducir los tiempos del ciclo del producto. Logar la eficiencia del flujo. Simplificar el número de pasos en el flujo, facilitando la gestión de control del proceso productivo y entrega del producto.	El mapeo de las actividades necesarias, diseñar los trenes de trabajo para la ejecución de las partidas contemplando el cálculo de materiales, equipos y mano de obra, pasando por la simplificación y eficiencia del flujo haciéndolo constante hasta su culminación con la construcción o mantenimiento.
Construir un sistema Pull	Hacer una tarea solo cuando sea necesario o requerido en el momento indicado por la persona requerida evitando la sobreproducción y los trabajos rehecho o el incremento de inventario	Logar las actividades en el momento indicado por que la construcción es muy proclive a la variabilidad e incertidumbre. Buscando conseguir un ambiente confiable por parte de los contratistas para garantizar los tiempos planificados
Buscar la perfección; mejora continua	Búsqueda de la perfección adquiriendo hábitos como: el orden, la limpieza, la disciplina y el control visual propiciando así una retroalimentación del proceso de mejora continua.	Adquiriendo el aprendizaje de los errores cometidos los cuales posiblemente serán aplicados a nuevos proyectos por los tiempos de ejecución.

Durante el desarrollo de este estudio comparativo entre la metodología Lean Construction y el método tradicional de gestión de proyectos de construcción, se recopilaron datos y casos de estudio relevantes que permitieron evaluar y comparar el rendimiento de ambos enfoques en términos de eficiencia, costos, plazos, calidad y satisfacción del cliente. Los resultados obtenidos mostraron que la metodología Lean Construction presenta varias ventajas significativas en comparación con el método tradicional. Uno de los principales hallazgos fue la reducción de los desperdicios en los procesos de construcción a través de la eliminación de actividades sin valor agregado. Esto contribuyó a un aumento en la eficiencia y una disminución de los costos, ya que se redujeron los tiempos de espera y se optimizó la utilización de los recursos. Además, se observó que la metodología Lean Construction fomenta la colaboración y

la comunicación entre los miembros del equipo, lo que conduce a una mejor coordinación y resolución de problemas. Esto se reflejó en una reducción de los errores y retrabajos, lo que a su vez mejoró la calidad de los proyectos. En términos de plazos, se encontró que la metodología Lean Construction permite una mayor precisión y flexibilidad en la programación de actividades. La implementación de sistemas como el Just-in-Time y el Pull Planning permitió una mejor gestión de los recursos y una reducción en los tiempos de entrega. En cuanto a la satisfacción del cliente, se encontró que la metodología Lean Construction se centra en agregar valor al cliente y en cumplir con sus expectativas. Esto se logra a través de una mayor eficiencia en la ejecución del proyecto, una mejor calidad en la entrega final y una comunicación más efectiva en todas las etapas del proceso. Se analizaron los resultados de las encuestas y en base a los datos recabados se propuso una capacitación y concientización

## 5. CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que la metodología *Lean Construction* ofrece ventajas significativas en comparación con el método tradicional de gestión de proyectos de construcción. La eliminación de desperdicios, la mejora en la eficiencia y la calidad, así como la satisfacción del cliente son aspectos clave en los que se destaca este enfoque. Por otro lado, el método tradicional de gestión de proyectos de construcción todavía tiene sus méritos, especialmente en proyectos de menor escala o en contextos donde la implementación de la metodología *Lean Construction* puede no ser viable.

Al adoptar *Lean Construction* en un proyecto, pueden surgir varios desafíos, como los siguientes:

***Cambio en la cultura y mentalidad:*** Implementar *Lean Construction* implica un cambio en la forma de pensar y trabajar en la industria de la construcción. Puede ser un desafío lograr que todos los participantes del proyecto adopten y se comprometan con los principios del *Lean Construction*.

***Resistencia al cambio:*** Algunos miembros del equipo de proyecto y partes interesadas pueden resistirse al cambio y preferir seguir con métodos tradicionales. Superar esta resistencia puede requerir una comunicación efectiva, educación y demostración de los beneficios del *Lean*.

***Colaboración y comunicación:*** La implementación de *Lean Construction* requiere una mayor colaboración y comunicación entre todas las partes involucradas en el proyecto, desde los diseñadores hasta los trabajadores de campo. Esto puede ser un desafío si no hay una cultura de colaboración establecida o si las partes interesadas tienen diferentes intereses y objetivos.

***Flujos de trabajo y procesos existentes:*** En algunos casos, los flujos de trabajo y procesos existentes en la industria de la construcción pueden ser incompatibles con los principios del

*Lean Construction*. Identificar y rediseñar estos procesos puede requerir tiempo y esfuerzos adicionales.

***Falta de experiencia y conocimiento:*** Implementar *Lean Construction* requiere tener un conocimiento sólido de los principios, herramientas y técnicas asociadas. La falta de experiencia y conocimiento en *Lean Construction* puede dificultar su adopción y aplicación efectiva en el proyecto.

***Medición y seguimiento del desempeño:*** El *Lean Construction* se basa en la medición y mejora continua del desempeño. Sin embargo, puede ser un desafío establecer sistemas de medición adecuados y monitorear el progreso hacia los objetivos establecidos.

Superar estos desafíos requiere un compromiso de liderazgo, capacitación, apoyo y perseverancia por parte de todos los involucrados en el proyecto. Además, es importante adaptar y ajustar los principios y herramientas del *Lean Construction* según las necesidades y contexto.

Aunque la fase exploratoria fue llevada a cabo en el área de mantenimiento de un Centro Clínico privado, la misma no abarca todo el espectro de la construcción, se pudo cumplir con los objetivos planteados en esta investigación, logrando la comparación de los parámetros seleccionados de los dos sistemas de gestión de proyectos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Basado en los hallazgos y conclusiones de este estudio comparativo, se pueden hacer las siguientes:

Para proyectos de mayor envergadura y complejidad, se recomienda considerar la aplicación de la metodología *Lean Construction*. Los resultados demostraron que esta metodología es más efectiva en términos de eficiencia, costos, calidad y satisfacción del cliente en proyectos de gran magnitud.

Es importante capacitar y educar a los profesionales del sector de la construcción sobre la metodología *Lean Construction* y sus principios. Esto mejorará su comprensión y habilidades en la implementación de esta metodología.

Fomentar la colaboración y la comunicación entre todos los miembros del equipo de proyecto es esencial para lograr los beneficios de la metodología *Lean Construction*. Crear un ambiente de trabajo colaborativo impulsará la eficiencia y la resolución de problemas.

Realizar un monitoreo constante del avance y los resultados obtenidos al aplicar la metodología *Lean Construction*. Esto permitirá evaluar su efectividad y realizar ajustes necesarios para maximizar su impacto positivo en los proyectos de construcción. En resumen, este análisis comparativo ha demostrado que la metodología *Lean Construction* supera al método tradicional de gestión de proyectos de construcción en términos de eficiencia, costos, calidad y satisfacción del cliente. Sin embargo, se destaca la importancia de adaptar el enfoque a las características específicas de cada proyecto y considerar la viabilidad de su implementación.

## 6. CAPITULO VIII ANEXOS GLOSARIO DE TÉRMINOS JAPONESES

**ANDON:** Dispositivo de *control visual* utilizado para mostrar el estado actual de la fábrica. Normalmente toma la forma de panel luminoso con una serie de luces, reflejando la normalidad o la anormalidad del proceso

**GEMBA:** Significa *la observación de los hechos allí donde se producen*, para conocer de primera mano lo que está sucediendo y tomar las acciones posteriores con conocimiento.

**HANSEI:** El término significa reflexión constante ante un error o un fallo para aprender del mismo. Pero su sentido va mucho más allá. Es reconocer tus propias debilidades: “Si uno reconoce sus propias debilidades manifiesta un elevado nivel de fortaleza”.

**HIEJUNKA:** se entiende como *nivelación de la carga de trabajo* de manera precisa y uniforme. Establece una cultura de parar para arreglar los errores, incluso a costa de parar el proceso completo.

**JIDOKA:** significa *parar cuando hay un problema* El objetivo que hay detrás de esto es “fabricar bien a la primera”.

**JUST IN TIME:** vocablo de origen inglés referido a la *entrega justo a tiempo*. Se basa en que el producto o servicio sea el correcto, en la cantidad justa y en el tiempo requerido, eliminando cuanto sea posible el inventario. El objetivo es que los materiales, equipos o mano de obra lleguen al proceso constructivo en el momento en que se necesitan y así disminuir al máximo el inventario de materiales y tiempos muertos de ejecución de la obra.

**KAIZEN:** Significa *mejora continua* con la implicación de todos, directivos y empleados en la mejora y el mantenimiento de los estándares de trabajo, a través de pequeñas mejoras implantadas de manera gradual. A diferencia de la innovación que se enfoca en mejoras radicales, como resultado de una inversión en tecnología. "Mejora Continua" se practica todos los días, en todas partes y por todas las personas

**KANBAN:** es un sistema de *transmisión de la información* en un proceso productivo. El sistema más primitivo se realiza con tarjetas adhesivas en los contenedores de las piezas y componentes. Actualmente es posible realizarlo con software que permite la visualización de los recorridos. Los datos utilizados en kanban corresponden al transporte, a la fabricación y al aprovisionamiento.

**LEAD TIME:** termino anglosajón que se refiere al *tiempo de entrega*.

**MUDA:** término que se refiere para *desperdicio, desecho y despilfarro*. Incorporada a la metodología Lean, el objetivo es eliminar las mudas de los procesos productivos que suponen el consumo de recursos sin aportación de valor.

**MURA:** es un término japonés por variabilidad, irregularidad, incumplimiento e imprevisión. En la metodología Lean el objetivo es detectar esta variabilidad que desequilibra todos los procesos. Para evitarla se requiere una sistematización de la organización y de la identificación de los riesgos de fallo.

**MURI:** es un vocablo japonés para definir el *exceso y el uso irracional de los recursos*. En Lean este empleo irracional de los recursos se produce con la duplicación de funciones

o cuando la demanda excede notablemente la capacidad productiva por una mala organización.

**PULL:** El sistema pull o la palabra *pull* es un vocablo de origen inglés referido a *tirar* está directamente relacionado con la filosofía Lean Construction, que busca la jalar hacia la mejora continua para edificar, apoyándose en la reducción de procesos eliminando aquellos que no son útiles: transportes innecesarios, tiempos de espera y exceso de inventario, etc...

**SEIRI:** palabra que significa *clasificar*, es un esfuerzo de clasificación y de eliminación de todo aquello que es innecesario para el proceso productivo.

**SEITON:** expresión japonesa para *ordenar* "poner en orden" o poner todo en el lugar adecuado. Es ordenar, simplificar las acciones, organizar el espacio de una forma lógica y jerarquizar la ubicación de los materiales e instrumentos en función de la necesidad que se tendrá de ellos durante el proceso.

**SEISO:** palabra para definir *limpiar*. Implica las acciones de limpieza en el espacio de trabajo. Habla de disponer espacios aseados, por lo tanto, la limpieza es una responsabilidad compartida por toda la organización.

**SEIKETSU:** esta palabra de origen japonés se refiere a *estandarizar*. Se plasma en auditorías periódicas y en inspecciones de las instalaciones y del estado de los equipos. Se trata de generar hábitos de comportamiento que conduzcan a la autocorrección de la organización cuando uno de sus miembros detecta una desviación de los protocolos establecidos. estandarizar es sencillamente el resultado de clasificar, ordenar y limpiar.

**SHITSUKE:** vocablo que se entiende como *disciplina*. Se trata de generar hábitos de comportamiento que conduzcan a la autocorrección de proceso constructivo.

**TRABAJO PRODUCTIVO (TP):** Es trabajo realizado por el personal de la construcción que tiene valor o se paga. Ejemplo Vaciado de concreto, construcción de paredes etc.

**TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC):** Es trabajo realizado por el personal de la construcción que no agrega valor directamente, pero tienen un costo, pero es necesario para ejecución de la actividad en si por ejemplo armado de andamios, organización el área de trabajo para construcción de paredes.

**TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC):** Es trabajo realizado por el personal de la construcción que no agrega valor pero tienen costo y es un desperdicio catalogado como pérdidas por ejemplo tiempos de ocios , repetición de trabajos, tiempos de espera

## 7. CAPITULO VII BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcon, L. F., Finegan, A. D., Mastrodonato, G., Soibelman, L., & El-Gohary, N. M. (2015). Lean Construction implementation in building information modeling—case studies. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(2), 04014057.
2. Ballard, G. (2000). Lean project management. *Building research & information*, 28(5-6), 368-375.
3. Hospital Antofagasta (2016) tomado de la página oficial <https://www.hospitalantofagasta.gob.cl/4512-es-el-avance-actual-del-nuevo-hospital-regional-de-antofagasta/>
4. Howell, G. A., & Koskela, L. (2000). Reforming project management: The role of planning, execution, and controlling. *Lean Construction Institute*, 7(1), 16-24. García, A. (2020) . Tomado de Ejemplos prácticos de Lean Construction. Empresa Via Celere España . <https://retokommerling.com/ejemplos-practicos-Lean-Construction/>
5. Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to Construction (Doctoral dissertation, Technical Research Centre of Finland).
6. LinIn España (2020) tomado de la página <https://es.linkedin.com/pulse/last-planner-system-pieza-fundamental-de-la-en-Lean-gerardo-medina>
7. Loayza L. y Colaboradores (2023) en la Tesis de Maestría;” Mejora de gestión de los desperdicios en obras de construcción – edificaciones proyecto “Plaza San Miguel - 2º ampliación”  
[https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/625448/LoayzaF\\_L.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/625448/LoayzaF_L.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
8. Medina G.(2023) tomado del artículo titulado: “Cómo la metodología lean crea empresas de construcción más productivas  
[https://es.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-la-metodolog%C3%ADa-Lean-crea-empresas-de-m%C3%A1s-gerardo-j-medina-c-?trk=article-ssr-frontend-pulse\\_more-articles\\_related-content-card](https://es.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-la-metodolog%C3%ADa-Lean-crea-empresas-de-m%C3%A1s-gerardo-j-medina-c-?trk=article-ssr-frontend-pulse_more-articles_related-content-card)
9. Medina G.(2023) tomado del artículo titulado: “El sector construcción y la economía circular”. PARTE II [https://es.linkedin.com/pulse/el-sector-construcci%C3%B3n-y-la-econom%C3%ADa-circular-parte-ii-medina-c-?trk=article-ssr-frontend-pulse\\_more-articles\\_related-content-card](https://es.linkedin.com/pulse/el-sector-construcci%C3%B3n-y-la-econom%C3%ADa-circular-parte-ii-medina-c-?trk=article-ssr-frontend-pulse_more-articles_related-content-card)
10. Tutoriales Revit y Bim (2022) tomado artículo titulado “Las dimensiones BIM y su integración en proyectos”. <https://tutorialrevitybim.es/las-dimensiones-bim-integracion-en-proyectos/>
11. Villalobos N. (2022)Obras inconclusas, 246 monumentos a la desidia y la corrupción - Transparencia Venezuela