

Roncero-Ponce, K.E., Miranda-Hospinal, O.G., Roncero-Ponce, H.A. & Soto-Jeronimo, L.R., (2024). Propuesta de una Metodología para Facilitar el Desarrollo de la Madurez de Lean Construction en la Gestión de Producción, *Actas de congreso del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y tecnología de la Construcción* (IX ELAGEC2024).

# PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA FACILITAR EL DESARROLLO DE LA MADUREZ DE LEAN CONSTRUCTION EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN

Kevin E. Roncero-Ponce <sup>1</sup> – [kevin.roncero.p@uni.pe](mailto:kevin.roncero.p@uni.pe)

Oscar G. Miranda-Hospinal <sup>2</sup> - [omiranda@uni.edu.pe](mailto:omiranda@uni.edu.pe)

Harold A. Roncero-Ponce <sup>3</sup> - [hroncero.p@uni.edu.pe](mailto:hroncero.p@uni.edu.pe)

Luis R. Soto-Jeronimo <sup>4</sup> - [luis.soto.j@uni.pe](mailto:luis.soto.j@uni.pe)

<sup>1</sup>*Ingeniero de Producción, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.*

<sup>2</sup>*Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.*

<sup>3</sup>*Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.*

<sup>4</sup>*Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.*

## RESUMEN

En el dinámico mundo de la construcción, la eficiencia es esencial, y Lean Construction (LC) emerge como la clave para transformar proyectos de construcción. Sin embargo, los expertos coinciden que no hay una única ruta para la implementación de LC. Es así como surgen iniciativas para el uso de Modelos de Madurez (MM) en LC, siendo una práctica poco difundida en la literatura. Más aún, las estrategias que permitan evolucionar la madurez de un estado actual a un estado deseado. Por tal motivo, se desarrolló un método estructurado para facilitar la evolución de la madurez de LC. Este documento utilizó un método de investigación que está definido por dos etapas: Teórico – Conceptual e Investigación – Acción, donde se identifica el estado actual del conocimiento existente respecto a los MM y las buenas prácticas en otros países del continente americano. Como resultado, se logró validar la propuesta mediante un caso de estudio. Esto, con la finalidad de generar un aporte al conocimiento en una línea de investigación poco estudiada en la literatura académica, además de proporcionar un método estructurado para orientar la evolución sostenible de la madurez de LC.

## PALABRAS CLAVE

Mejora Continua; Modelo de Madurez; Evento Kaizen; Kata de Mejora; Lean Construction.

## **INTRODUCCIÓN**

Según Cano y Rivera (2015), el concepto de la madurez de un sistema de producción es aquel estado de máximo desarrollo, o estado de excelencia, que ofrece la capacidad de volver realidad el objetivo proyectado con el más eficiente uso de los recursos disponibles. Es un estado que se va alcanzando paulatinamente al transitar por diferentes niveles de madurez, que permiten escalar hacia un estándar máximo. Similar al desarrollo de la madurez de una persona a lo largo de su vida.

Así también Sarshar et al. (2000) mencionan las características de una organización de construcción madura como una que se comunica con todos los participantes para gestionar las actividades de administración, medición y control del diseño, construcción y mantenimiento de los proyectos para cumplir con los procesos planificados. También Harmon (2004) indica que las organizaciones maduras tienen comportamientos automáticos, procesos sistematizados, roles claros y responsabilidades claramente definidos, formas claras de hacer las cosas y constantemente logran sus objetivos planeados con una mínima desviación.

Los Modelos de Madurez (MM) son herramientas utilizadas para evaluar el nivel de desarrollo de un sistema de producción o una organización. Estos modelos se fundamentan en técnicas y métodos propuestos por destacados teóricos de la calidad del siglo XX. El primer MM fue creado en el marco del paradigma de calidad de Crosby (1979), quien con su Cuadro de Madurez de la Gestión de Calidad (QMMG) demostró que las organizaciones evolucionan en su comportamiento habitual a través de cinco etapas de madurez.

En la industria de la construcción se ha comenzado a popularizar la aplicación de LC en los proyectos de construcción. Debido a que en las últimas décadas las empresas más exitosas del sector de la construcción se han centrado en la adopción de los principios de fabricación lean, como prácticas comerciales estándar en un intento por crear un lugar de trabajo menos derrochador, más productivo y cada vez más sostenible (Maestas y Parrish, 2014).

Sin embargo, para Cano (2019) no existe una única ruta de implementación de LC, ya que los expertos se refieren a diversas estrategias para este propósito, lo cual refleja la falta de un consenso. Entre las estrategias difundidas en la literatura, una de las más innovadoras en los últimos años es el uso de un MM como punto de partida para la implementación.

La evaluación de la madurez es solo un punto de partida para identificar oportunidades de mejora y objetivos a corto plazo en la adopción de LC. Para Pérez et al. (2021), este diagnóstico debe ser complementado con algún método que permita llevar la implementación de la condición actual a una condición deseada, superando los obstáculos en el recorrido. Es así como entre los métodos más importantes recopilados en la revisión de la literatura se identificaron los eventos Kaizen estructurados y el Toyota Kata (TK).

### **Kaizen**

Para Sharma y Moody (2003) la filosofía kaizen se sustenta en la mejora de los procesos de trabajo mediante iniciativas que buscan eliminar los desperdicios mediante el uso de

soluciones económicas que se sustentan en la creatividad y motivación de los equipos de trabajo. Los modelos Kaizen japoneses buscan integrar a todos los participantes, alentándolos a tener iniciativa propia para resolver problemas, integración y disciplina (Aoki, 2008).

### Toyota Kata

Por otro lado, el libro “Toyota Kata” escrito por Rother (2016) introdujo el concepto de las Katas de Toyota al mundo. Al hacerlo, reveló un lado muy práctico, pero disciplinado de Toyota. Una cultura disciplinada de mejora continua es una forma de vida para los empleados de Toyota basada en la sencilla pero poderosa metodología Plan-Do-Check-Act (PDCA) que utiliza el pensamiento científico para avanzar en su conocimiento y desarrollar a cada empleado para que pueda resolver mejor los problemas (Pérez, 2021).

Para Rother (2016) solo hay tres cosas que podemos y necesitamos saber en el camino de la mejora continua en una organización, estas son: dónde estamos, dónde queremos estar, con qué medios deberíamos maniobrar en el confuso territorio que hay entre aquí y allí. El camino que va desde donde estamos hasta donde queremos estar es una zona grisácea llena de obstáculos, problemas y cuestiones impredecibles que solo podremos descubrir a lo largo del camino.

### Kata de Mejora

Rother (2009), describe a la Kata de Mejora como una rutina de mejora continua para que el aprendiz y su equipo de trabajo desarrollen un pensamiento científico y creativo, para que enfrenten desafíos en condiciones dinámicas y alcancen sus objetivos; Y para su desarrollo propone los siguientes cuatro pasos representada en la Figura 1.

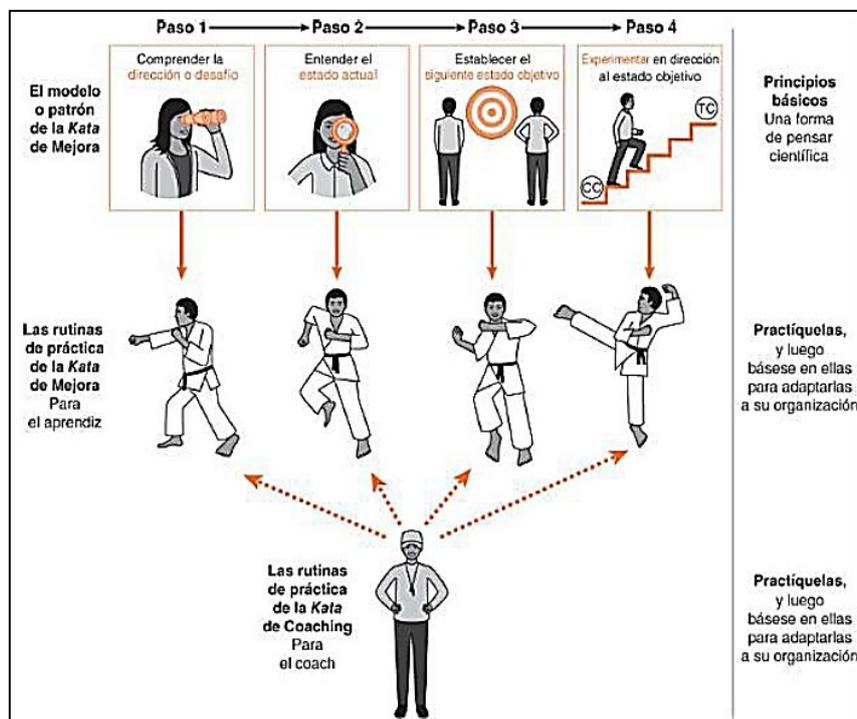


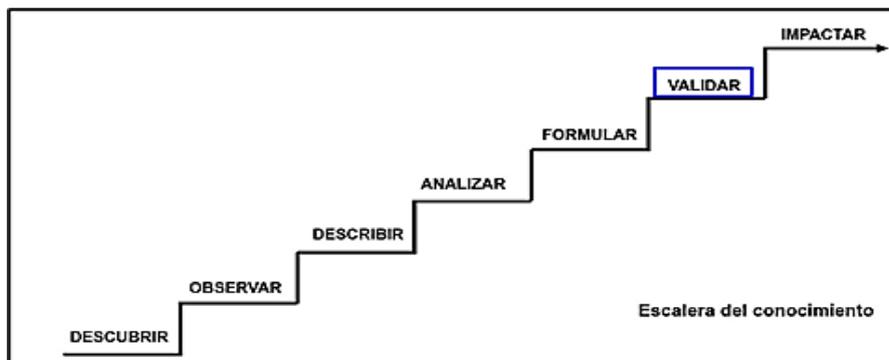
Figura 1. Modelo Toyota Kata; Fuente: Rother (2016)

El interés de esta investigación es proponer un método estructurado que permita guiar el desarrollo de la madurez de LC, de un estado actual a un estado deseado. Debido a que según Cano (2019), los investigadores y académicos se han concentrado en estructurar modelos de madurez más objetivos para obtener diagnósticos más precisos, pero se ha prestado poca atención a la generación de metodologías soportadas cuantitativamente para alcanzar el siguiente nivel de madurez deseado. La acción más común es proponer planes y recomendaciones generales de mejora basados en la evaluación de la madurez actual. El método propuesto en esta investigación se fundamenta a partir de un estudio profundo de los MM desarrollados para LC y los métodos que permitan evolucionar la madurez de un estado actual a un estado deseado. Mediante una revisión sistemática de la literatura, una consulta a expertos en la industria global y una consulta a los profesionales en la industria de la construcción peruana para conocer las buenas prácticas locales.

A partir de lo expuesto surge la pregunta de investigación principal:

¿Existen métodos sistematizados que permitan orientar el desarrollo de la madurez de LC en la gestión de producción?

Esta investigación permite generar un aporte al conocimiento existente debido a que se generó una identificación del conocimiento actual a partir de la revisión sistemática de la literatura alrededor de los MM, realizando también un análisis objetivo del conocimiento a través del análisis de contenido, y proponiendo el método propuesto de esta investigación basado en buenas prácticas recopiladas de diferentes regiones. Además, el método fue validado mediante la aplicación en un caso de estudio. De esta manera, la investigación alcanza el sexto nivel en la escalera del conocimiento, "Validar" (ver Figura 2), y aporta a una línea de investigación poco explorada en la literatura académica.

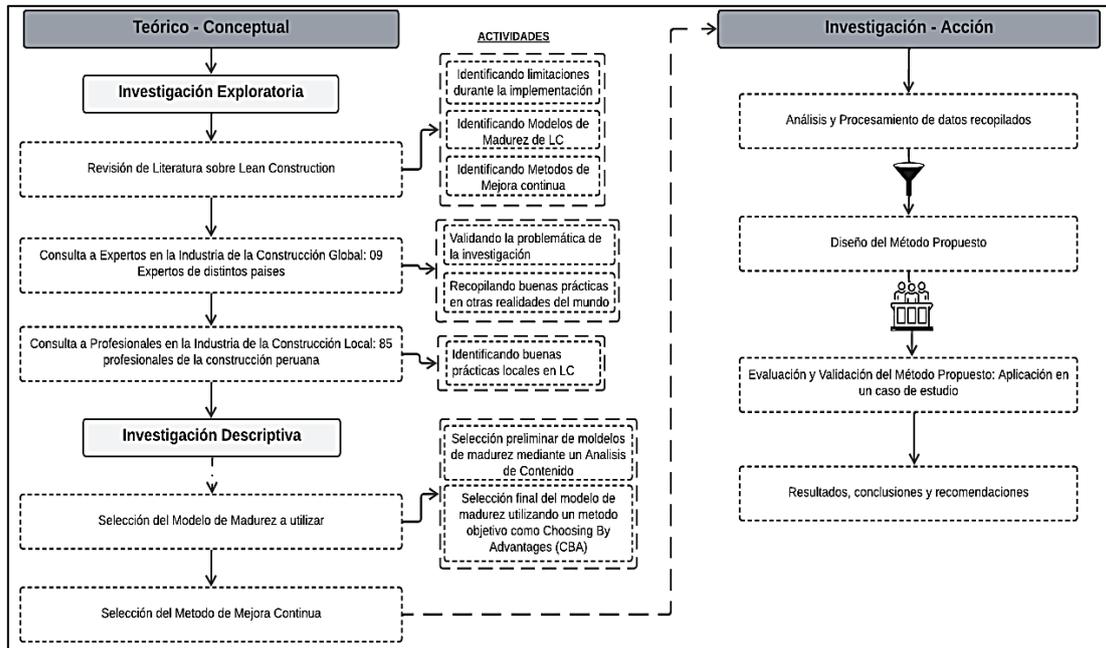


**Figura 2.** Escalera del Conocimiento; Fuente: Moscoso (2023)

## METODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación está definido por dos etapas: Teórico-Conceptual – conformado por la investigación exploratoria y la investigación descriptiva, e Investigación-Acción – conformado por el diseño de la propuesta de metodología, y la validación mediante la aplicación en un caso de estudio. Así, con la finalidad de comprender mejor el fenómeno de estudio se realizó una búsqueda sistemática en la literatura, para conocer cuál es el estado actual del conocimiento existente. Además, se

realizó un muestreo no probabilístico para la consulta a los profesionales peruanos y una consulta a expertos de distintos países del continente americano (ver Figura 3).



**Figura 3.** Esquema General del Método de Investigación; Fuente: Elaboración Propia

### Investigación Exploratoria

La información obtenida a partir de la búsqueda sistemática en diferentes bases de datos. Permitió recopilar varios MM desarrollados en distintas partes del mundo (ver Tabla 1).

**Tabla 1:** Modelos de Madurez encontrados en la Literatura; Fuente: Elaboración Propia

Modelos de Madurez	Descripción
MDCE (2010), Brasil	Cuestionario de 24 preguntas, completado por evaluador externo a través de entrevistas respuestas del agente responsable de implementar la filosofía de LC en la empresa
EGACE (2012) Pereira, Brasil	Cuestionario con 40 preguntas, completado por profesionales de la construcción a través de una encuesta en línea.
Modelo de Madurez de Lean Construction (LCMM) (2014) Nesensohn, Reino Unido	Marco con 75 declaraciones organizadas en 11 atributos clasificados en 6 capas, evaluando cada atributo a través de una escala Likert de 0 a 4.
Modelo de Madurez para el Desarrollo de los Principios Lean Construction (MMDPLC) (2016) Soto Becerra, Chile	Cuestionario de autoevaluación aplicado por evaluador interno, evaluando 16 prácticas de CL en escala Likert de 0 a 5, organizadas en 6 principios.
ALC (2016) Sweis et al, Jordan	Gráfico de radar con marcadores que presentan la evaluación de los 5 principios con cinco niveles absolutos
LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016), USA	Cuatro gráficos de radar con marcadores, uno para cada elemento principal, que presenta la evaluación de las 36 características descritas y un gráfico de resumen de radar con puntuación de cuatro elementos principales.
EISLC (2016) Li et al, China	Marco con 26 enunciados organizados en 7 instrumentos evaluados en escala Likert de 0 a 5 por diferentes actores de la empresa en entrevista

DOLC (2017) and Scheer, Brasil	6 cuestionarios, con unas 30 preguntas cada uno, aplicados por evaluadores externos a agentes internos (diseñador, ingeniero, trabajador, director, proveedor) y externos (cliente) de la empresa. Respuestas libres (cualitativas) que el evaluador debe cuantificar en una escala Likert de 0 a 3
CC&FD for LC SMEs et al. (2017), Reino Unido	2 cuestionarios, uno para evaluar las condiciones actuales y otro para evaluar direcciones futuras, las preguntas se distribuyen en 5 categorías. El primero con 31 afirmaciones y el segundo con 40. Cada afirmación se evalúa en escala Likert de 1 a 5
LCMR (2018) -Marco Para La Evaluación Progresiva De La Madurez Utilizando La Matriz Multidimensional	Cuestionario de autoevaluación enfocado en 3 dimensiones de la Madurez. Manifestación física, Manifestación Conductual y Manifestación Estratégica con cada peso según el IIR.
SLC-Emodel (2019)-Modelo de Evolución de la Madurez de Lean Construction en la Gestión de Producción de Proyectos de Construcción.	3 cuestionarios enfocados a cada una de las tres categorías, cada categoría con 7 factores y cada uno de los factores conformado por 35 atributos.

### Investigación Descriptiva

En esta parte de la investigación se analizan los MM identificados en la etapa exploratoria de este estudio. Realizando una selección preliminar de los MM mediante un análisis de contenido basado en Rodegheri & Serra (2020). Para la selección se desarrolló una escala de colores (ver Figura 4) donde se presentan los colores adoptados y cada criterio general de clasificación. Como ejemplo de esta escala de clasificación para la primera categoría “Bibliografía”, consideramos que la clasificación más baja (rojo) “Bibliografía Desconocida” hasta la clasificación más alta (verde oscuro) “Bibliografía Indexada”. Basado en seis criterios de evaluación cualitativa y evaluado mediante la escala de colores propuesta, se realizó la selección de 4 de los 10 MM identificados en la literatura (ver Tabla 2).

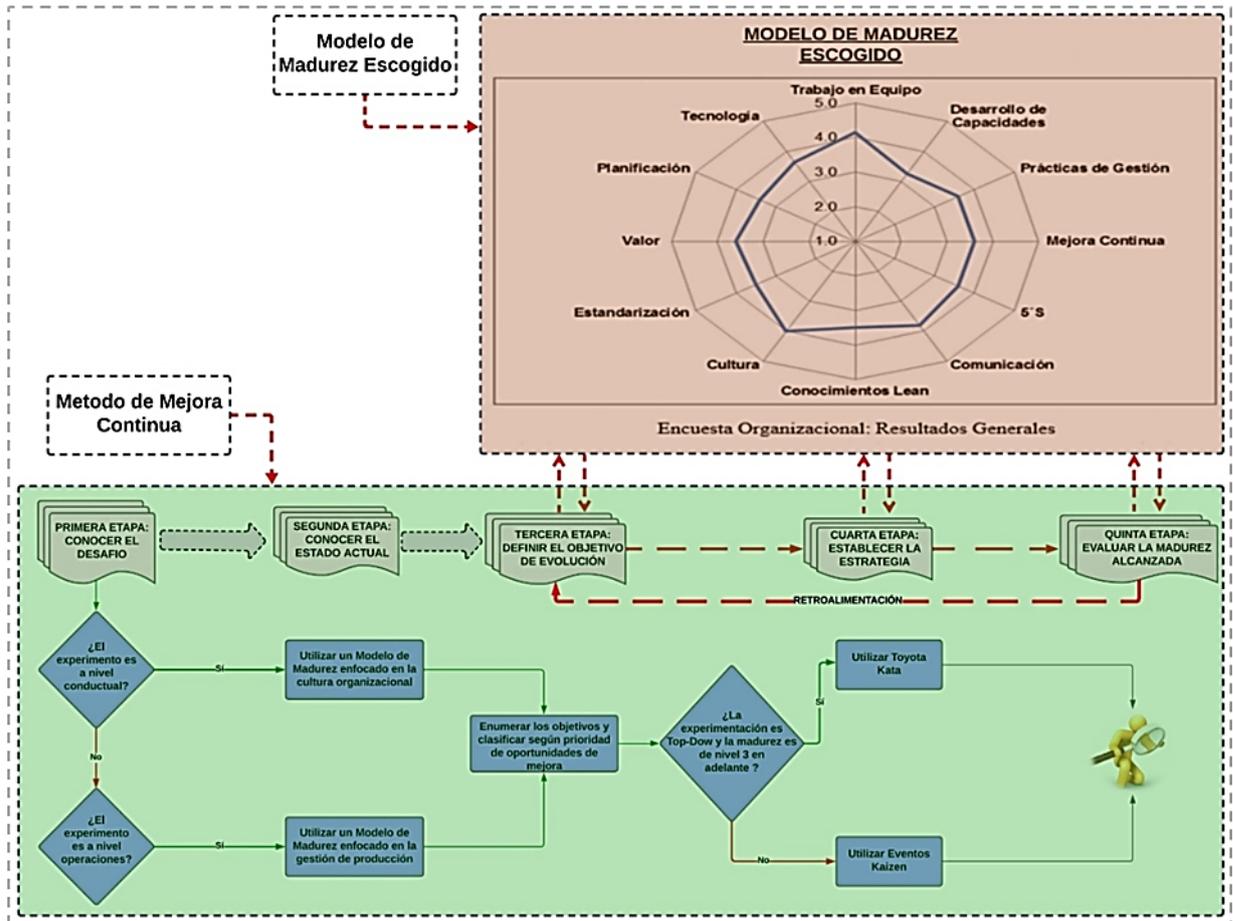
Escala de Colores	
<b>1</b>	Malo
<b>2</b>	Insuficiente
<b>3</b>	Regular
<b>4</b>	Satisfactorio
<b>5</b>	Excelente

**Figura 4.** Escala de clasificación de Modelos de Madurez; Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 2.** Clasificación de Modelos de Madurez; Fuente: Elaboración Propia

Clasificación de Modelos de Madurez		MDMLC	HELPC	LCR	MAELC	ALC	LCMM	MMDPLC	LCI Lean IPD	SLC-EModel	LCMR
Bibliografía	Bibliografía Desconocida										
	Bibliografía Indexada										
Evaluación del Contenido	Explicación Superficial										





**Figura 5.** Esquema General del Método Propuesta; Fuente: Elaboración Propia

El esquema general del método propuesto se basa en la Kata de mejora propuesto por Rother (2016) en su libro. Estas cinco etapas que conforman el esquema general de la metodología buscan generar rutinas estructuradas que se practican de forma deliberada, sobre todo al inicio, de modo que el equipo de trabajo adquiere patrones de conducta que se convertirán con el tiempo en comportamientos aprendidos, y estos mismos en hábitos para que posteriormente se desarrolle una cultura propia en cada organización. El esquema general del método está conformado por cinco etapas (ver Figura 5).

### Primera Etapa: Conocer el Desafío

La primera etapa del método busca conocer el desafío que el equipo se propuso y en qué contexto se va a desarrollar. Es así como el desafío es una visión a corto o mediano plazo que se puede lograr con la actividad cotidiana de trabajo y mejora. Siendo el desafío algo concreto, medible y cercano que ofrece una dirección con el que se puedan identificar los miembros de una organización.

### Segunda Etapa: Conocer el Estado Actual

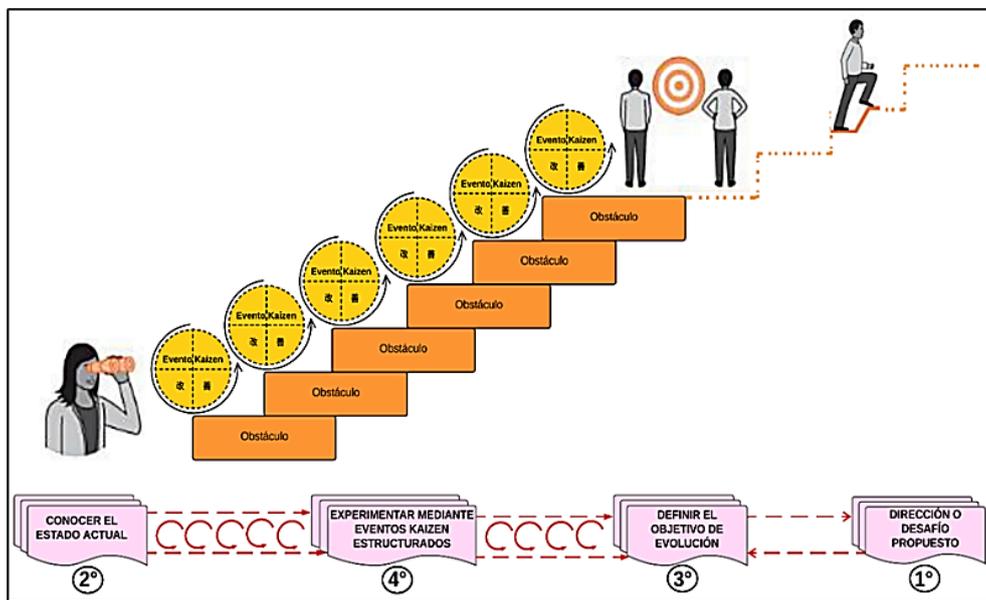
La segunda etapa del método propuesto busca conocer cuál es el estado actual en donde nos encontramos. En el mismo sentido, basado en la revisión de la literatura y en la consulta a expertos, se menciona a los modelos de madurez como una herramienta que permite establecer el punto de partida o estado actual de LC en el sistema de producción. Es así como investigadores y académicos han desarrollado herramientas de diagnóstico

de la adopción de LC en las organizaciones. Sin embargo, algunos expertos mencionan que los modelos de madurez deben adaptarse o modificarse para proponer modelos ad-hoc a la experiencia de cada empresa.

### Tercera Etapa: Definir el Objetivo de Evolución

La tercera etapa del método propuesto busca establecer un objetivo para desarrollar la madurez en una dimensión, categoría o factor de madurez en particular, según considere el equipo de trabajo. Los responsables del sistema de producción deben asegurarse de que los esfuerzos de las personas se focalicen en necesidades reales y no en las diversas ideas u opiniones acerca de lo que podemos hacer (Rother, 2009). Es así como los gestores de la producción deben plantearse objetivos de evolución reales y alcanzables, que deban estar basados en el estado actual y en dirección del desafío planteado.

### Cuarta Etapa: Establecer la Estrategia



**Figura 6.** Esquema General de Superación de Obstáculos; Fuente: Elaboración Propia

La cuarta etapa del método propuesto busca establecer una estrategia de evolución, para superar los obstáculos y alcanzar el objetivo propuesto (ver Figura 6).

La estrategia de evolución es una propuesta de esta investigación basado en Imai (1986), Shingo (2010), Vivan et al. (2016) y Muñoz (2020). De igual manera a las katas de Toyota descritas por Rother (2016). Estos son los Eventos Kaizen Estructurados difundidos por la cultura japonesa hacia el mundo. Los eventos Kaizen son la estrategia utilizada cuando no necesariamente se tiene apoyo de la gerencia o jefaturas de la organización y cuando no se detecta conocimientos previos de los principios o herramientas de LC. Debido a que no se necesita mayor inversión de recursos y se puede implementar de forma parcial desde pequeños frentes de trabajo sin que los trabajadores sepan que están adoptando una cultura de búsqueda y resolución de problemas basado en una estructura definida. Los eventos Kaizen están orientados a generar ciclos cortos de mejora continua superando los problemas u obstáculos que se identifiquen en el día a día del equipo de trabajo. Es así como la organización adquiere capacidades que se orientan hacia la evolución de

estándares de trabajo. El evento Kaizen estará conformado por 5 Pasos que se retroalimentan con la experimentación de los obstáculos superados:

### **Paso 0: Prerrequisitos y estado actual**

En este paso los gestores de la producción analizan el estado de la madurez actual, considerando su división en partes o grupos de elementos, de modo que las complejidades de cada factor, o atributo, o dimensión de la madurez. Se reduzca a elementos más manejables, en donde se puedan identificar oportunidades de mejora y se pueda priorizar los objetivos de evolución. Este paso permite concentrar los esfuerzos en una misma dirección que se encuentra alineado al desafío propuesto.

### **Paso 1: Identificación del problema**

Shingo (2010) cree que una mejora o el desarrollo de un Kaizen debe tener lugar solo después de que los involucrados hayan adquirido una comprensión profunda del problema identificado. Es por esta razón que en esta etapa se insertaron técnicas como las 5s', VSM, LOB y la consulta a trabajadores en el lugar de la producción (Gemba). Con el fin de identificar, listar y clasificar los problemas observados, al mismo tiempo encontrar una correlación con los 8 desperdicios de la producción lean. De esta forma se logra una comprensión profunda de los problemas encontrados en el sistema de producción.

### **Paso 2: Explorando el problema**

Este paso se basa en realizar un análisis de causa raíz de los problemas identificados según orden de prioridad, se busca categorizar la causa de los problemas. Así como menciona Shingo (2010), la ciencia se ocupa de la clasificación sistemática del conocimiento existente. Este paradigma se puede aplicar para la resolución rápida y precisa de problemas con el objetivo de eliminar las ambigüedades. Además, al clasificar la causa de los problemas y clasificarlos, se puede definir la dirección en la que se guiarán las mejoras propuestas.

### **Paso 3: Generación de propuestas de mejora**

Primero se debe desarrollar el enfoque creativo, la lluvia de ideas es una técnica adecuada para generar ideas innovadoras en un entorno sin ningún condicional de por medio. En este sentido, Shingo (2010) aprecia cuatro principios: no criticar ninguna idea, obedecer ideas inusuales, generar la máxima cantidad posible de ideas y asociar las ideas. Una vez desarrollada las propuestas de mejora, estas deben pasar por 3 preguntas que permiten la aceptación parcial de las propuestas de mejora. Así siendo la propuesta aceptada por todos los filtros y aceptada por todos los gestores de la producción involucrados en la mejora, se da el siguiente paso.

### **Paso 4: Viabilidad de la Implementación**

Según Vivan (2016), el propósito de esta etapa es definir los parámetros que configuran la implementación de mejoras. Por esta razón, se dibuja un VSM del estado futuro con las propuestas de mejora planteada en el paso 3. Una vez hecho esto, se deben definir indicadores (productividad, desperdicio de recursos, ratios, etc), que servirán para describir el estado actual, controlar el proceso y determinar si la solución tiene los beneficios esperados.

## Paso 5: Evaluar la Madurez Alcanzada

La quinta etapa del método propuesta busca conocer cuál es el nivel de madurez alcanzado luego de haber desarrollado eventos Kaizen estructurados en dirección al objetivo propuesto. Esta evaluación de la madurez se realizará con el mismo MM elegido en la segunda etapa del esquema general de la metodología propuesta.

## CASO DE ESTUDIO

Con el objetivo de validar la propuesta realizada en esta investigación se realizó una aplicación piloto en un proyecto de construcción. La aplicación piloto se realiza en un frente de trabajo de un proyecto de construcción durante 6 semanas, tiempo necesario para que se desarrolle un evento Kaizen. El frente de trabajo es la construcción de calzaduras para la excavación del sótano de una edificación. La construcción será realizada bajo la modalidad de administración directa por la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI) de la Universidad Nacional de ingeniería (UNI) en lima - Perú.

### Primera Etapa: Conocer el Desafío

En este caso el desafío propuesto fue planteado a un alcance donde solo los tomadores de decisión son los responsables directos del proyecto. Basado en estas condiciones, el ámbito de aplicación donde debe desarrollarse este método es a nivel de la manifestación operativa. Es decir, a nivel de operaciones en el sistema producción y superando los problemas u obstáculos que se presenten en el camino hacia el desafío propuesto.

### Segunda Etapa: Conocer el Estado Actual

Se realizaron visitas y entrevistas al personal técnico y obrero (maestro de obra) para conocer como se viene gestionando el sistema de producción de la obra, específicamente en el frente de trabajo de la construcción de calzaduras. A partir de la observación y de las caminatas a pie de obra se realizó el diagnóstico de la Madurez actual (ver Figura 7). Teniendo un IGM=1.06, lo que indica que no se evidencia prácticas asociadas a optimizar el sistema de producción y no se intenta gestionar la alta variabilidad que sufre el proyecto debido a la naturaleza propia de su modalidad de ejecución.

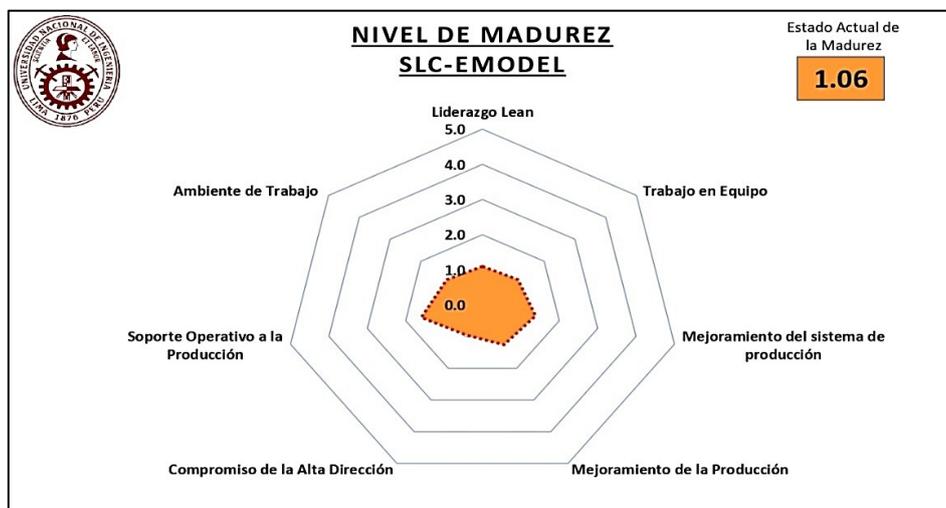


Figura 7. Evaluación de la Madurez Inicial; Fuente: Elaboración Propia

### Tercera Etapa: Comprender la Condición Objetivo

A partir de la condición actual de madurez se identificó oportunidades de mejora y alineado al desafío propuesto. Se focalizó el esfuerzo en el factor de madurez correspondiente al Mejoramiento del sistema de producción (ver Figura 8).

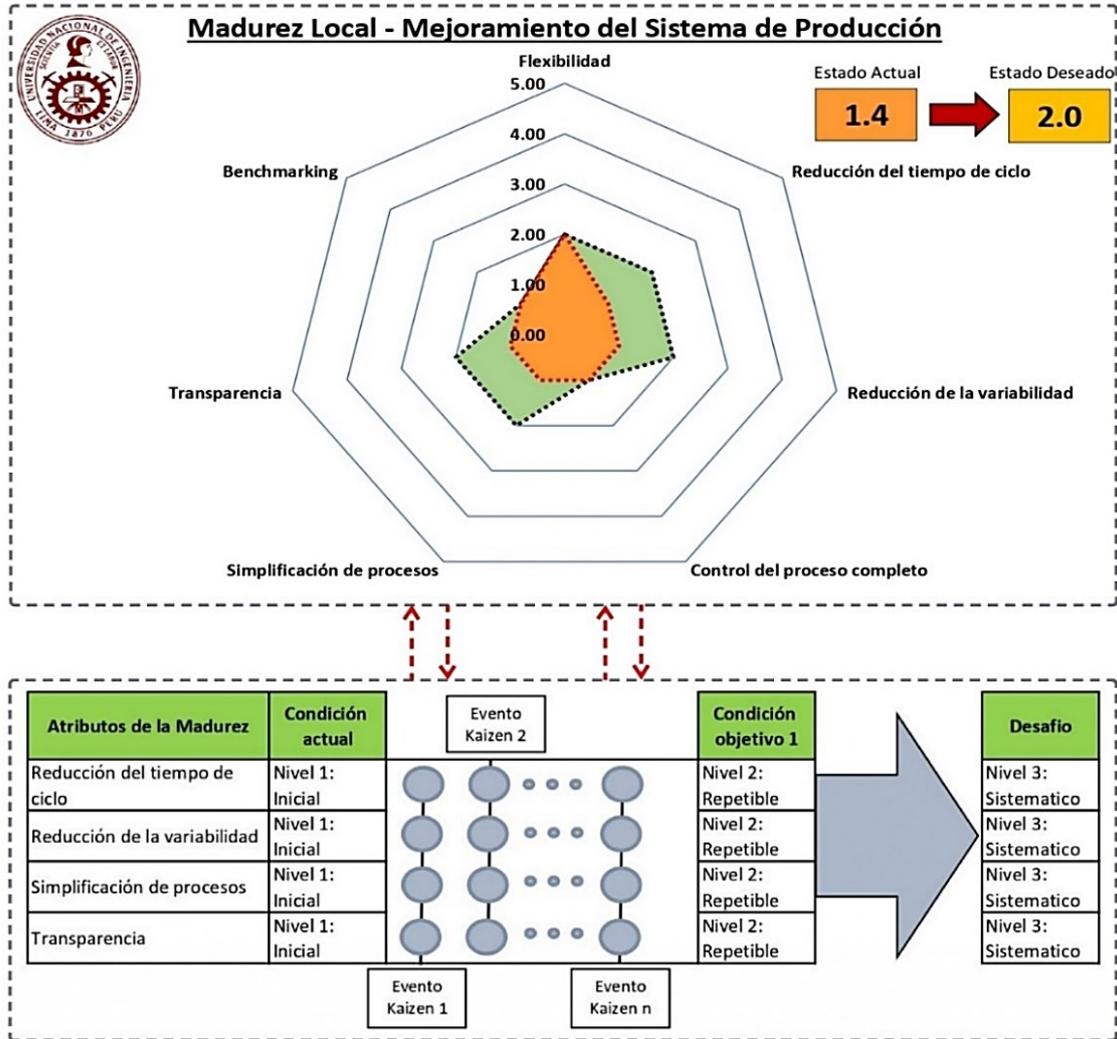


Figura 8. Evaluación de la Madurez Inicial; Fuente: Elaboración Propia

### Cuarta Etapa: Establecer la Estrategia

La estrategia adoptada es la ocurrencia de eventos Kaizen (ver Figura 9) para la experimentación en la evolución de la madurez (ver Figura 10). El proceso de experimentación inicio junto con el equipo de producción, identificando problemas, explorando los problemas hasta la causa raíz y generando propuestas mediante las ideas generadas en las reuniones de colaboración en la nueva sala implementada para la planificación y coordinación de los frentes de trabajo.

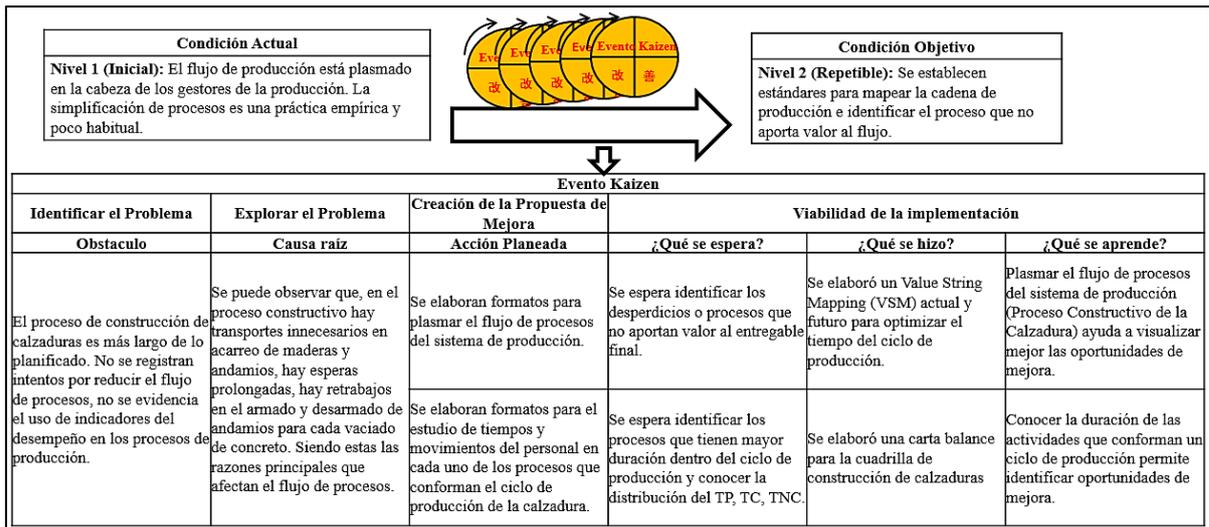


Figura 9. Desarrollo de un Eventos Kaizen; Fuente: Elaboración Propia

Para el primer evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, que en el proceso constructivo hay transportes innecesarios en acarreo de maderas y andamios; también hay esperas prolongadas, hay retrabajos en el armado y desarmado de andamios para el llenado de concreto en calzaduras. Siendo estas las razones principales que afectan el flujo de procesos.

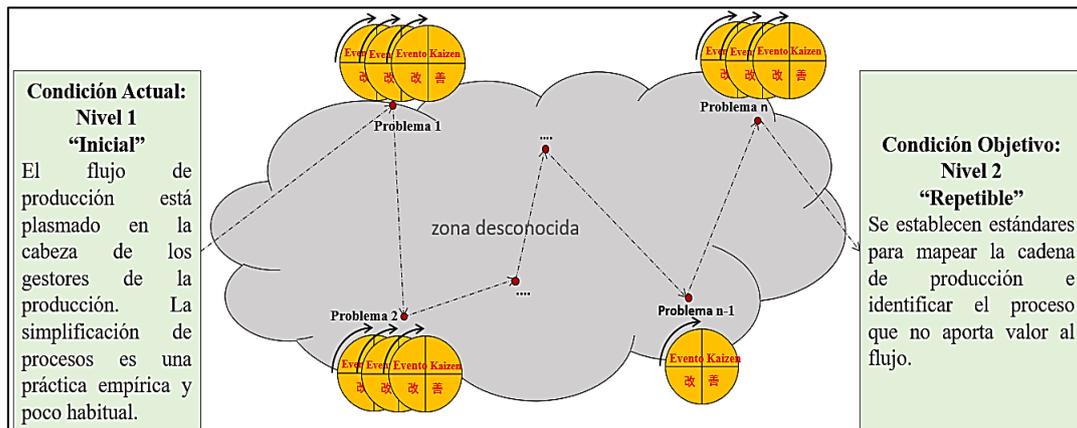


Figura 10. Experimentar mediante eventos Kaizen – Simplificación de procesos; Fuente: Elaboración Propia

Para estudiar los problemas se desarrolló el mapeo de flujo de procesos (ver Figura 11) para la construcción del primer anillo de la calzadura, junto con el equipo de producción en obra. Donde se realizó un rediseño del sistema de producción (ver Figura 12) eliminando el proceso de armado de andamios y rampas para el vaciado de calzaduras. La solución planteada fue excavar solo la zanja para el paño de calzadura ejecutada, permitiendo colocar tablonces transversales por la parte superior de la calzadura en el momento del vaciado de concreto con carretillas.

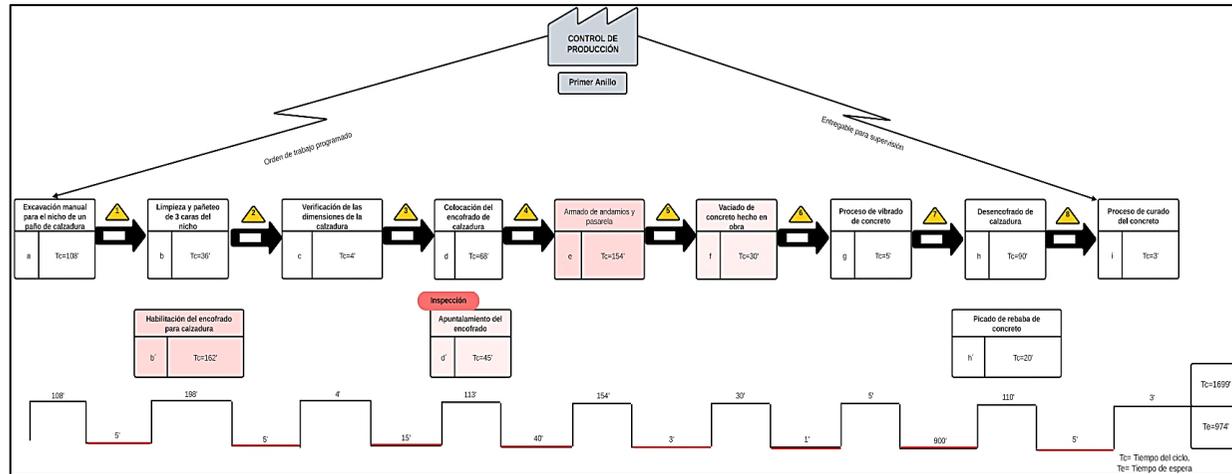


Figura 11. Flujo de procesos de la construcción de calzaduras, antes del evento Kaizen (VSM inicial); Fuente: Elaboración Propia

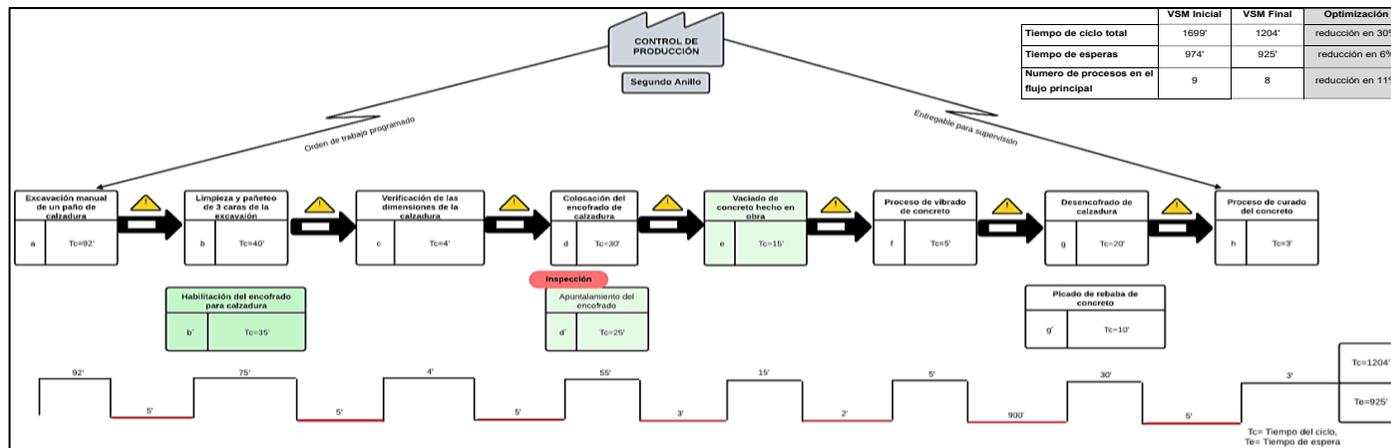


Figura 12. Flujo de procesos de la construcción de calzaduras durante el evento Kaizen (VSM final); Fuente: Elaboración Propia

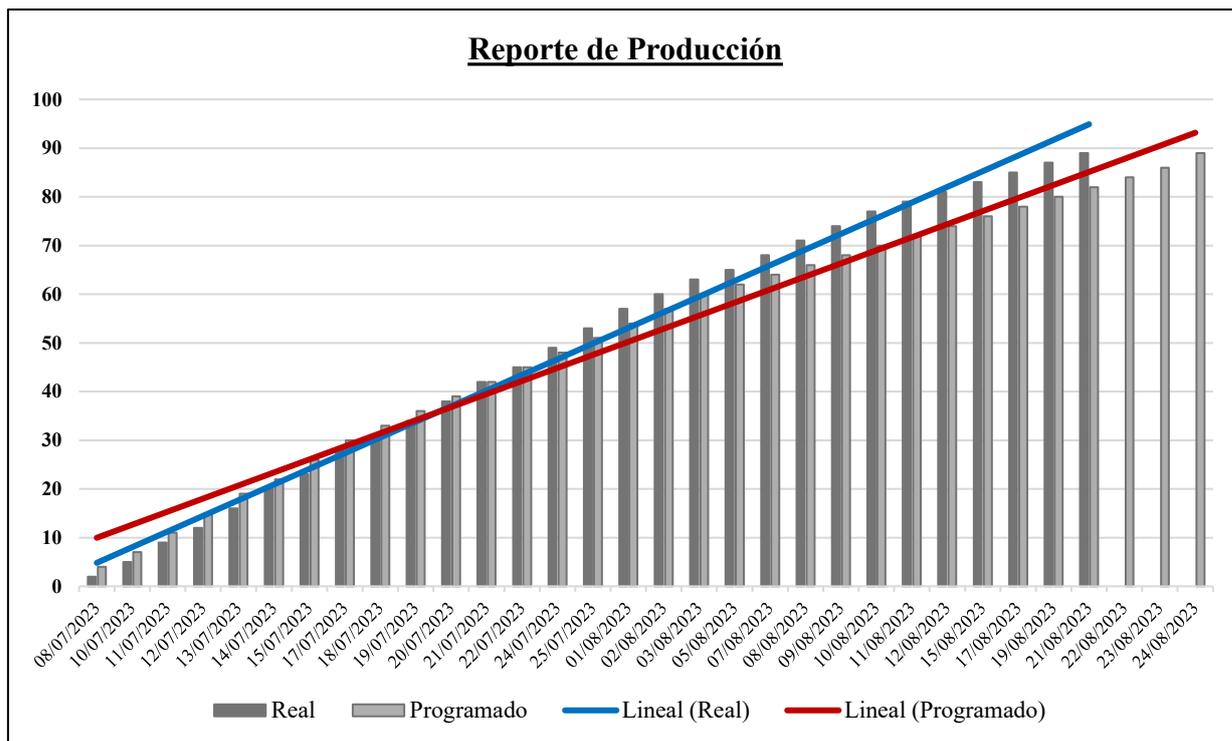
**Tabla 3.** Antes y después del evento Kaizen – Encofrado de calzaduras; Fuente: Elaboración Propia



Antes del evento Kaizen: Se realizó el proceso de vaciado de concreto hecho en obra, el cual consiste en construir una rampa que permite realizar el vaciado de concreto por la parte superior del encofrado de la calzada, mediante una cachimba en la parte superior. De esta forma el personal obrero traslada la mezcla por toda la rampa hasta llegar a las cachimbas de cada calzada encofrada.

Después del evento Kaizen: Se realizó el proceso de vaciado de concreto hecho en obra, el cual consiste en colocar unos tablonces por la parte superior del encofrado de la calzada. Aprovechando que el terreno se encuentra por encima de los nichos. De esta forma el personal obrero traslada la mezcla hasta las cachimbas de cada calzada.

Durante los eventos Kaizen realizados para madurar el sistema de producción a un nivel 2 (repetible), se logró optimizar el sistema de producción. Con la eliminación de tiempos improductivos y rediseñando el proceso de ejecución a partir de mejoras secuenciales, retando al equipo de producción, para lograr metas más ambiciosas. Es así como en la jornada 12, se logró igualar la ejecución programada con la ejecución real; para posteriormente superarlo y culminar la construcción de las calzaduras 3 jornadas antes de lo planificado (ver Figura 13). Logrando ahorrar 192 horas hombre (HH) con respecto a lo estimado en la programación.



**Figura 13.** Calzaduras ejecutadas vs programadas por jornada de trabajo; Fuente: Elaboración Propia

### Quinta Etapa: Evaluar la Madurez Alcanzada

Luego de culminar la aplicación de los eventos Kaizen orientados a desarrollar los cuatro atributos de madurez: reducción del tiempo del ciclo, reducción de la variabilidad, simplificación de procesos y transparencia. Se realizó una nueva evaluación de la madurez actual. Encontrándose que los factores asociados al sistema de producción lograron alcanzar el nivel 2 (deseado). Consiguiendo el desafío propuesto en esta prueba piloto y validando la efectividad de este método a una pequeña escala como la aplicación en un frente de trabajo del proyecto FIIS-UNI.

Finalmente, el caso de estudio refleja que las rutinas de planificación generadas con el equipo de producción, permite adoptar comportamientos de pensamiento crítico y conciencia de las herramientas Lean utilizadas. Estos fueron aprendiendo a identificar los trabajos que no agregan valor, el hábito de identificar restricciones para que el flujo de producción no se detenga. Es así como se logró alcanzar el nivel de madurez 2 (Repetible).

## CONCLUSIONES

En el presente estudio se ha logrado desarrollar y presentar un método destinado a facilitar el desarrollo en la madurez de LC. Este método se compone de dos instrumentos: un modelo de madurez y un método de mejora continua. Ambas obtenidas de la revisión de la literatura, de la consulta a expertos y del análisis comparativo.

La principal contribución de esta investigación es un método que permite gestionar la madurez de Lean Construction en la gestión de producción de un proyecto durante la fase de construcción. A partir de la búsqueda de eventos Kaizen en el sistema de producción. Este método permite gestionar personas, recursos, compromisos y desarrollar patrones de conducta para generar comportamientos que se convertirán en hábitos asumidos por el equipo de trabajo.

El uso del modelo de madurez en el método propuesto permite identificar obstáculos que existen en el sistema de producción, e ir proponiendo pequeñas acciones para superarlos. Pero el mayor valor está en lo que se aprende de esa pequeña acción planeada, pues permite planificar una acción siguiente más precisa, este aprendizaje repetitivo (Kaizen) garantiza que se logrará alcanzar el nivel de madurez objetivo.

Considerando el nivel de madurez alcanzado en la investigación, los indicadores y el desempeño del frente de trabajo estudiado, respecto a lo programado. Es posible concluir que la “Propuesta de metodología para facilitar el desarrollo de la madurez de Lean Construction en la gestión de producción de un proyecto”, permite una adopción de Lean Construction ordenada y estructurada respecto a las necesidades de la organización, respondiendo de esta manera a la problemática identificada en esta investigación.

Para la aplicación del método propuesto, se recomienda definir como mínimo 2 roles durante el desarrollo del evento Kaizen. Estos son: 1) rol de gestor y promotor del evento kaizen hacia las personas del proyecto (líder Kaizen); 2) rol de seguimiento y monitoreo del sistema de producción, antes y después de la aplicación del método propuesto (aprendiz Kaizen).

## REFERENCIAS

- Aoki, K. (2008). Transferencia de actividades kaizen japonesas a plantas en el extranjero en China. *Revista Internacional de Operaciones y Gestión de la Producción*, 518-539.
- Arantes, F. (2010). Modelo de Diagnóstico de Madurez de Construcción Lean y Estudios de Caso en Empresas de Construcción Civil. *São Carlos: Universidad de São Paulo*.
- Cano Moya, S. (2019). Modelo de evolución de la madurez de lean construction en la gestión de producción de proyectos de construcción (SLC-EModel). Obtenido de <https://hdl.handle.net/10893/13948>
- Cano, S., & Rivera, L. (2015). Modelo Sistémico de la Madurez en la Aplicación de Lean en la Gestión de Proyectos de Construcción. Obtenido de [http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGEC-ELAGEC\\_2015\\_submission\\_82.pdf](http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGEC-ELAGEC_2015_submission_82.pdf)
- Carvalho, B., & Scheer, S. (2017). Análisis y evaluación para la adopción de Lean Construction: la herramienta DOLC. *25ª Conferencia Anual del Grupo Internacional para la Construcción Lean (IGLC)*. <https://doi.org/10.24928/2017/0117>
- Crosby, P. (1979). *La calidad es gratuita: El arte de asegurar la calidad*. McGraw-Hill.
- Harmon, M. (2004). Dinámica de procesos: gestión de buffers en operaciones de proyectos de construcción. Melbourne, Australia: Universidad de Melbourne.

- Imai, M. (1986). KAIZEN LA CLAVE DE LA VENTAJA COMPETITIVA JAPONESA.
- LCI. (2016). *LCI Lean IPD Health and Maturity Assessment Tool 1.0*. Obtenido de <https://www.leanconstruction.org/pages/learning/tools-and-technologies>
- Li, S., Wu, X., & Zhou, Y. (2016). Un estudio sobre la evaluación del nivel de implementación de la construcción eficiente en dos empresas chinas. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.112>
- Maestas, A., & Parrish, K. (2014). Explorando las raíces de la cultura Lean en DPR Constuction: un estudio de caso sobre cultura Lean. *22ª Conferencia Anual del Grupo Internacional para la Construcción Lean (IGLC)*.
- Muñoz, K. (2020). Propuesta de bases metodológicas para el fomento de una cultura basada en la mejora continua en la construcción. *Universidad de Chile*. Obtenido de <https://acortar.link/bXdNJI>
- Nesensohn, C. (2014). Un marco innovador para evaluar la madurez de la construcción lean.
- Pereira, M. (2012). Evaluación y Análisis de la Aplicación de la Filosofía Lean en Empresas de Construcción Civil de la Región Metropolitana de Belo Horizonte. *Belo Horizonte: Universidad Federal de Minas Gerais*.
- Perez Apaza, J. (2021). Propuesta de sistema de mejora continua para facilitar la madurez del Last Planner System durante la ejecución de un proyecto. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14076/22207>
- Rodegheri, P., & Serra, S. (2020). Modelos de Madurez para evaluar Lean Construction en proyectos brasileños. *Revista Brasileña de Gestión de Operaciones y Producción*. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2020.016>
- Rother, M. (2009). *Toyota Kata: gestión de personas para mejorar, adaptarse y obtener resultados superiores*. McGraw-Hill.
- Rother, M. (2016). *Kata Slides & Graphics v4.1*. <https://www.slideshare.net/mike734/kata-slides-graphics>.
- Sainath, Y., Varghese, K., & Raghavan, N. (2018). Marco para la evaluación progresiva de la madurez de la construcción Lean utilizando una matriz multidimensional. *26.ª Conferencia anual del Grupo internacional para la construcción Lean*. <https://doi.org/10.24928/2018/0416>
- Sarshar, M., Haigh, R., Finnemore, M., Aouad, G., Barrett, P., Baldry, D., & Sexton, M. (2000). Una herramienta de diagnóstico de procesos de negocio para la construcción.
- Sharma, A., & Moody, P. (2003). *The perfect machine*. São Paulo: Prentice Hall.
- Shingo, S. (2010). *Kaizen y el arte del pensamiento creativo: el mecanismo del pensamiento científico*.
- Soto, U. (2016). Evaluación de la madurez de los principios lean en proyectos de construcción. <https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/21502>
- Sweis, G., Hiyassat, M., & Al-Hroub, F. (2016). Evaluación de la conformidad lean por parte de contratistas de primer nivel en la industria de la construcción jordana. *Construction Innovation*. <http://dx.doi.org/10.1108/CI-04-2015-0024>
- Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2017). Condición actual y direcciones futuras para la construcción eficiente en proyectos de carreteras: una perspectiva de las pequeñas y medianas empresas (PYME). *Internacional de Gestión de Proyectos*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.10.004>
- Vivan, A., F, H., & J, C. (2016). Modelo para el desarrollo de proyectos kaizen para la industria de la construcción. <https://doi.org/10.1590/0104-530X2102-15>

William, R. (2018). Transforming design and construction a framework for change. *Lean Construction Institute*.