

# APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN AL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN 2D EN EDIFICACIÓN

## LEAN TOOLS APPLICATION TO THE 2D'S INDUSTRIALIZATION PROCESS IN BUILDINGS

M. Iborra Lucas<sup>1,2,3</sup>, L. Sáenz Lama<sup>2,3</sup>

Dpto. Construcciones Arquitectónicas<sup>1</sup>; Universitat Politècnica de València<sup>2</sup>; ETS. Ingeniería de Edificación<sup>3</sup>

### INTRODUCCIÓN

Actualmente, la construcción presenta dos grandes retos: la sostenibilidad y la falta de mano de obra. (Torres, 2021). Además, se busca abaratar costes sin perjudicar la calidad de las edificaciones, con la finalidad de compensar la actual coyuntura de alza de precios de los materiales. Por lo que se plantea como posible solución, la industrialización en el sector construcción de viviendas. Con la aparición de la filosofía Lean en la década de 1980, se fueron desarrollando conceptos como la mejora continua, la cual apunta a optimizar procesos en diversas industrias, incrementando las ganancias, reduciendo las pérdidas hasta el punto de eliminar aquello que no aporta valor. Este proceso iterativo de mejorar los rendimientos ha llevado a implementar los prefabricados en obra, siendo este el punto de partida de la industrialización en la construcción. Finalmente, se analizará una planta arquitectónica a modo de ejemplo de aplicación.

### INTRODUCTION

Currently, construction presents two great challenges: sustainability and the lack of labor. (Torres, 2021). In addition, it seeks to lower costs without damaging the quality of the buildings, in order to compensate for the current situation of rising prices of materials. For what is proposed as a possible solution, industrialization in the housing construction sector. With the appearance of the Lean philosophy in the 1980s, concepts such as continuous improvement were developed, which aims to optimize processes in various industries, increasing profits, reducing losses to the point of eliminating what does not add value. This iterative process of improving yields has led to the implementation of precast on site, this being the starting point of industrialization in construction. Finally, an architectural plan will be analyzed as an application example

### OBJETIVOS

Conocer las herramientas de la filosofía Lean desde la etapa inicial de diseño hasta la etapa de colocación del elemento industrializado. Gestionar el proceso de industrialización, con el propósito de integrar a todos los involucrados a través del trabajo colaborativo para optimizar la producción y mejorar la calidad final en obra.

### MARCO TEÓRICO

El proceso de industrializar implica trasladar los trabajos a un ambiente controlado fuera de obra, con mayor ingeniería de detalle, que permita optimizar el uso de materiales, eliminando inefficiencies en los procesos, como el transporte de materiales en diversas alturas, y la consecuente eliminación de los residuos que ya no se pueden reutilizar. Otro beneficio, es que se trabaja en un lugar cerrado donde las condiciones meteorológicas están controladas, y las condiciones de seguridad laboral también. (Peluso Gaya, 2021)

### THEORETICAL FRAMEWORK

The industrialization process implies transferring the works to a controlled environment outside the work, with greater detail engineering, which allows optimizing the use of materials, eliminating inefficiencies in the processes, such as the transport of materials at different heights, and the consequent elimination of waste that can no longer be reused. Another benefit is that you work in a closed place where the weather conditions are controlled, and the job security conditions as well. (Peluso Gaya, 2021)

### HERRAMIENTAS LEAN LEAN TOOLS

1. Integrated Project Delivery
2. Value Stream Mapping
3. Last Planner System

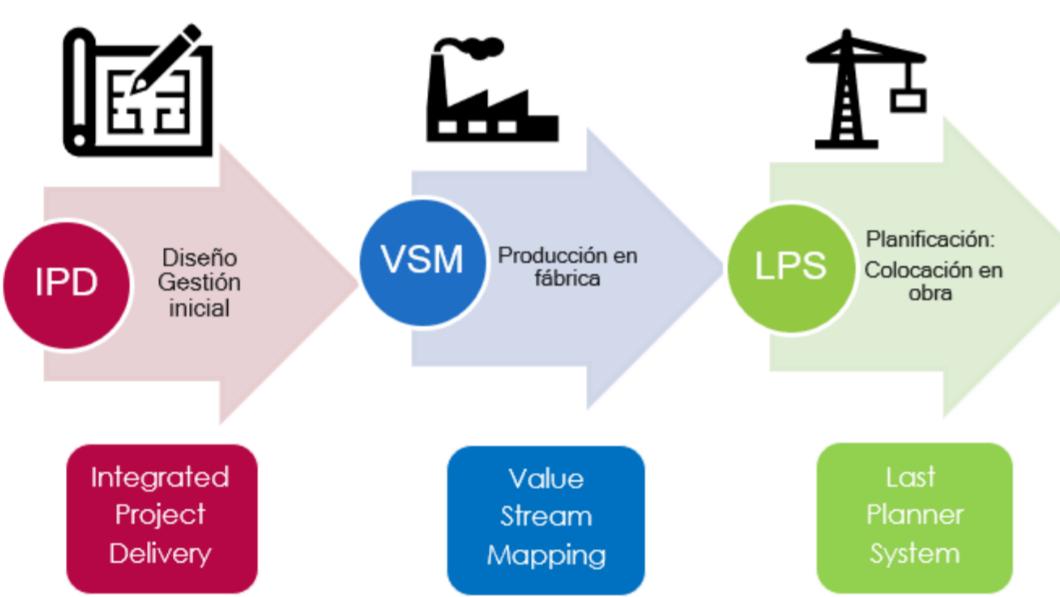


Imagen 1. Secuenciación de aplicación de Metodología Lean  
 Image 1. Lean Methodology application sequencing

### RESULTADOS/RESULTS

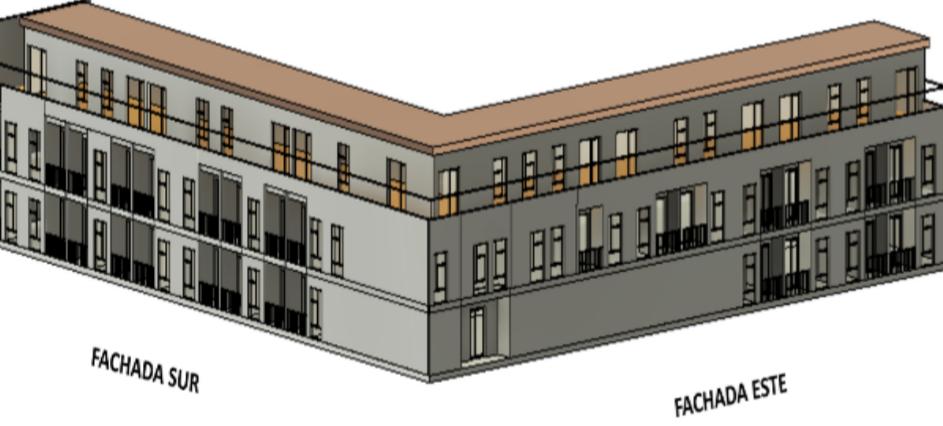


Imagen 3. Edificio de referencia caso de estudio  
 Image 3. Building Reference case study

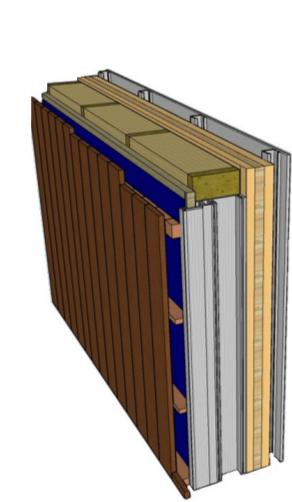


Imagen 4. Modular design proposal for an industrialized facade  
 Image 4. Modular design proposal for an industrialized facade

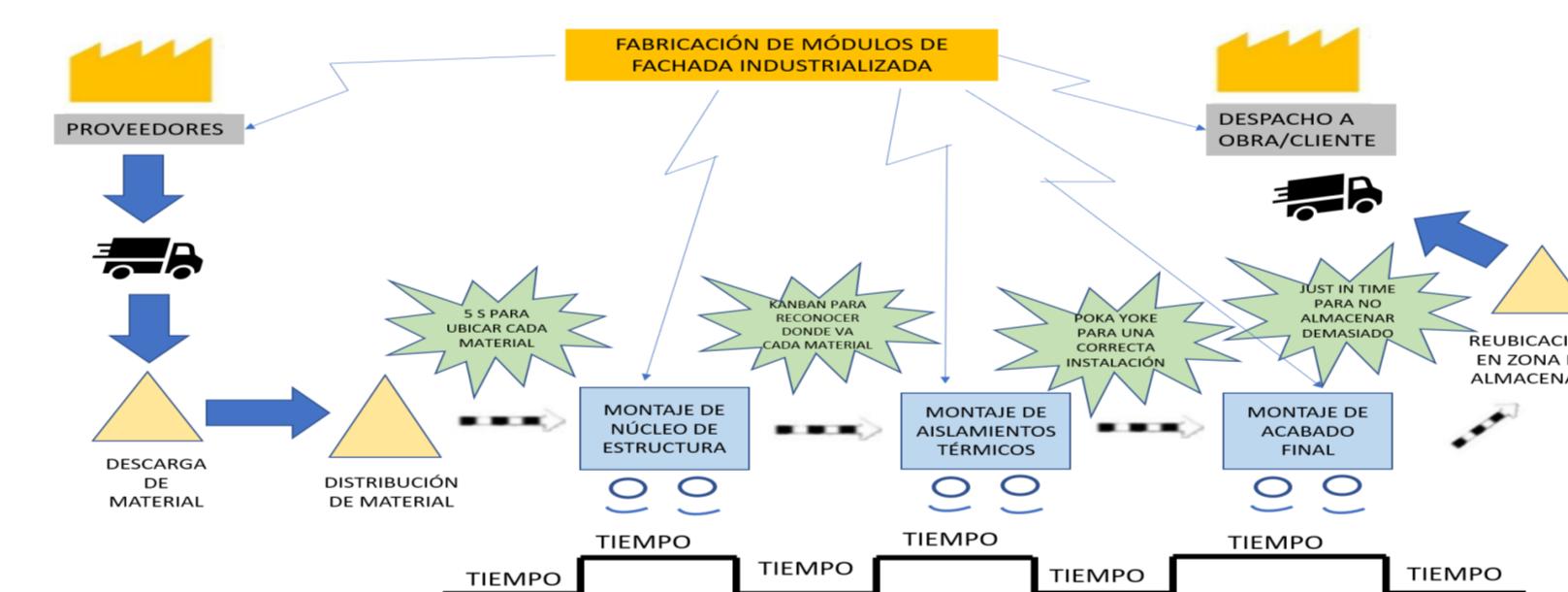


Imagen 5. . Value Stream Mapping aplicado al proceso de fabricación en la industrialización 2D  
 Image 5. Value Stream Mapping applied to the 2D industrialization manufacturing process

### INTEGRATED PROJECT DELIVERY

Según Mc Leamy, la curva 3 debe tender a convertirse en la curva 4, es decir, que el esfuerzo del proyecto empieza antes, lo que se traduce en que el constructor y sus subcontratistas principales deban entrar antes para solucionar indefiniciones y de esa manera, sean menos los costes para hallar y aplicar soluciones más eficaces. (Júdez, 2020)

According to Mc Leamy, curve 3 should tend to become curve 4, that is, the project effort begins earlier, which means that the builder and its main subcontractors must enter earlier to solve uncertainties and thus, cost less to find and implement more effective solutions. (Júdez, 2020)

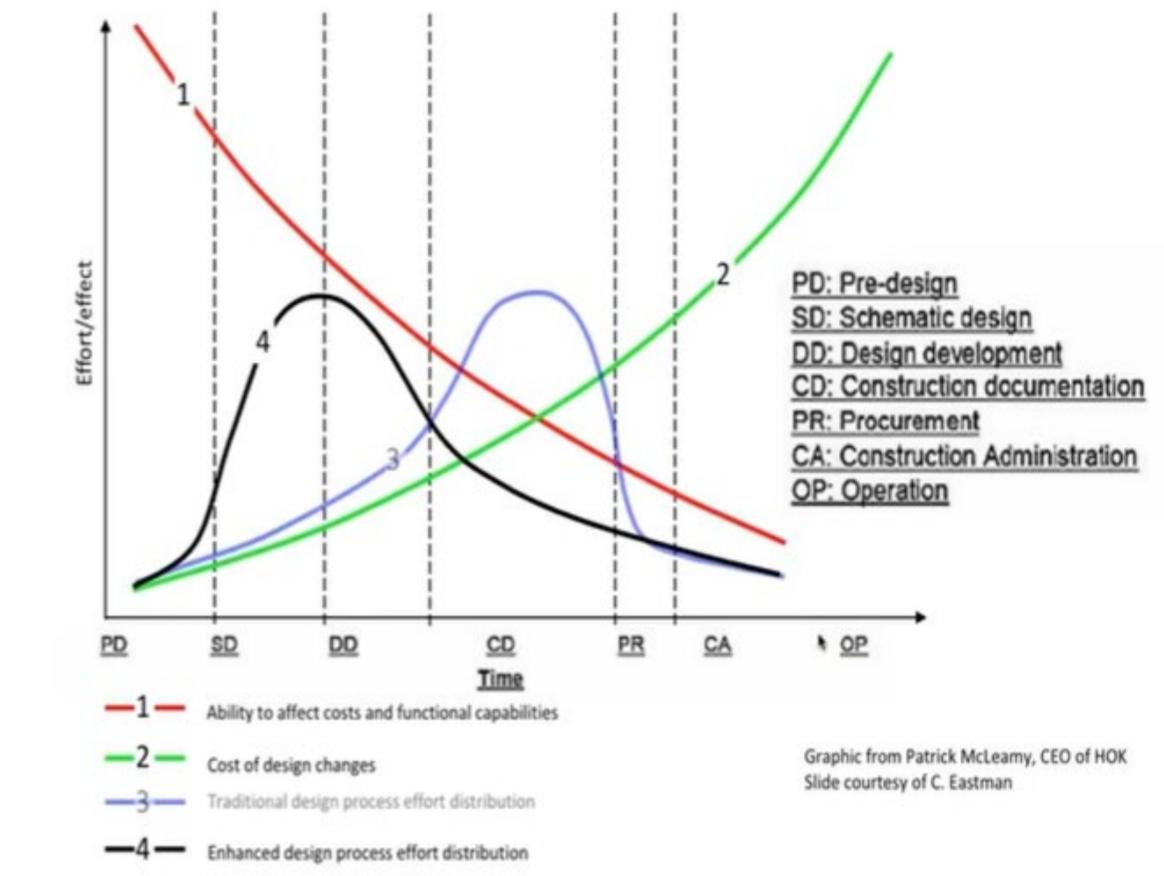


Imagen 2. Análisis de esfuerzo vs tiempo  
 Image 2. Analysis of the effort in a project over time

### VALUE STREAM MAPPING

Provee de una visión holística de todo el flujo, pues al mapear el flujo de valor, se puede lograr una mejor comprensión de todo el proceso. El VSM también ayuda a descubrir cualquier problema potencial de información que no sea fácil de identificar dentro del sistema de producción.

to provide a holistic view of the entire flow, because by mapping the value stream, a better understanding of the entire process can be achieved. The VSM also helps uncover any potential information issues that are not easily identifiable within the production system.

CÓDIGO	MÓDULO	PLANTA BAJA	PLANTA PRIMERA	PLANTA ÁTICO	SUMATORIA
M1	1x1	5 UD	2 UD	5 UD	12 UD
M2	2x1	2 UD	1 UD	3 UD	6 UD
M3	2x2	2 UD	1 UD	4 UD	7 UD
M4	3x1	9 UD	4 UD	9 UD	22 UD
M5	3x2	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M6	3x3	1 UD	—	1 UD	2 UD
M7	3x4	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M8	3x5	—	1 UD	4 UD	5 UD
M9	3x6	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M10	3x7	—	1 UD	4 UD	5 UD
M11	3x8	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M12	3x9	—	1 UD	4 UD	5 UD
M13	3x10	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M14	3x11	—	1 UD	4 UD	5 UD
M15	3x12	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M16	3x13	—	1 UD	4 UD	5 UD
M17	3x14	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M18	3x15	—	1 UD	4 UD	5 UD
M19	3x16	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M20	3x17	—	1 UD	4 UD	5 UD
M21	3x18	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M22	3x19	—	1 UD	4 UD	5 UD
M23	3x20	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M24	3x21	—	1 UD	4 UD	5 UD
M25	3x22	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M26	3x23	—	1 UD	4 UD	5 UD
M27	3x24	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M28	3x25	—	1 UD	4 UD	5 UD
M29	3x26	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M30	3x27	—	1 UD	4 UD	5 UD
M31	3x28	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M32	3x29	—	1 UD	4 UD	5 UD
M33	3x30	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M34	3x31	—	1 UD	4 UD	5 UD
M35	3x32	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M36	3x33	—	1 UD	4 UD	5 UD
M37	3x34	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M38	3x35	—	1 UD	4 UD	5 UD
M39	3x36	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M40	3x37	—	1 UD	4 UD	5 UD
M41	3x38	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M42	3x39	—	1 UD	4 UD	5 UD
M43	3x40	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M44	3x41	—	1 UD	4 UD	5 UD
M45	3x42	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M46	3x43	—	1 UD	4 UD	5 UD
M47	3x44	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M48	3x45	—	1 UD	4 UD	5 UD
M49	3x46	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M50	3x47	—	1 UD	4 UD	5 UD
M51	3x48	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M52	3x49	—	1 UD	4 UD	5 UD
M53	3x50	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M54	3x51	—	1 UD	4 UD	5 UD
M55	3x52	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M56	3x53	—	1 UD	4 UD	5 UD
M57	3x54	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M58	3x55	—	1 UD	4 UD	5 UD
M59	3x56	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M60	3x57	—	1 UD	4 UD	5 UD
M61	3x58	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M62	3x59	—	1 UD	4 UD	5 UD
M63	3x60	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M64	3x61	—	1 UD	4 UD	5 UD
M65	3x62	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M66	3x63	—	1 UD	4 UD	5 UD
M67	3x64	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M68	3x65	—	1 UD	4 UD	5 UD
M69	3x66	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M70	3x67	—	1 UD	4 UD	5 UD
M71	3x68	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M72	3x69	—	1 UD	4 UD	5 UD
M73	3x70	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M74	3x71	—	1 UD	4 UD	5 UD
M75	3x72	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M76	3x73	—	1 UD	4 UD	5 UD
M77	3x74	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M78	3x75	—	1 UD	4 UD	5 UD
M79	3x76	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M80	3x77	—	1 UD	4 UD	5 UD
M81	3x78	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M82	3x79	—	1 UD	4 UD	5 UD
M83	3x80	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M84	3x81	—	1 UD	4 UD	5 UD
M85	3x82	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M86	3x83	—	1 UD	4 UD	5 UD
M87	3x84	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M88	3x85	—	1 UD	4 UD	5 UD
M89	3x86	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M90	3x87	—	1 UD	4 UD	5 UD
M91	3x88	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M92	3x89	—	1 UD	4 UD	5 UD
M93	3x90	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M94	3x91	—	1 UD	4 UD	5 UD
M95	3x92	4 UD	2 UD	4 UD	10 UD
M96	3x93	—	1 UD		