Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Fundamentos Lean.
NIVEL CONCEPTUAL

FUNDAMENTOS LEAN

1 Introducción

La definición básica del Principio Lean es "Sistema de producción capaz de reducir sistemáticamente todos los desperdicios que se incluyen en las actividades para satisfacer al cliente"1.

Uno de los objetivos principales de la gestión del proyecto Lean es la creación y eliminación de cuellos de botella en el proceso de producción para acelerar el crecimiento y aumentar la productividad. "Lean" es un método sistemático para la eliminación de desperdicios ("Muda") dentro de un sistema de fabricación. “Lean” también tiene en cuenta los despilfarros creados a través de sobrecarga ("Muri") y los despilfarros creados por la desigualdad en las cargas de trabajo ("Mura"). Muda significa en japonés "futilidad, inutilidad, derroche"; Muri significa "irracional, imposible, más allá del poder de uno”, y es un concepto clave en el Sistema de Producción de Toyota (TPS); y Mura significa "desigualdad, irregularidad; falta de uniformidad”.

Producción Lean (a veces denominada fabricación Lean) fue iniciada por Toyota en Japón después de la segunda guerra mundial. El sistema de producción de Toyota se consideraba el más eficiente del mundo, y se reconoció que sus principios de producción ajustada podrían aplicarse no solo a cualquier otro proceso de fabricación, sino también a otras actividades comerciales.

El término “construcción Lean” es una adaptación de las técnicas de producción eficiente aplicadas a la industria de la construcción y puede caracterizarse como técnicas destinadas a maximizar el valor y minimizar el desperdicio.

Los elementos importantes de la implementación de los principios de eficiencia en las actividades de la empresa son los siguientes:

Ver el Valor desde el punto de vista del cliente

Para tomar decisiones responsables en el proyecto, es vital entender el punto de vista del cliente. Todo gerente tiene derecho a inspeccionar a fondo los valores del cliente y diseñar productos, procesos y métodos que satisfagan las necesidades

[1]Koch T., 2011

de los inversores. Hay muchas herramientas que pueden ayudar a lograr el objetivo de tener en cuenta la voluntad del cliente inspeccionado. Esas herramientas ayudan a evitar algunos peligros e identificar el riesgo, por ejemplo: diagrama de Ishikawa, sesiones de brainstorming, gráfico de riesgos y oportunidades, etc. Ver el valor desde el punto de vista del cliente permite al equipo establecer la dirección del camino tomado en el proyecto.

Organizar el proceso en flujos de valor

La creación de flujo de valor mejora la eficiencia de los procesos del proyecto. Cada proceso, desde el diseño hasta la ejecución del trabajo y la evaluación y aceptación de los trabajos, debe diseñarse de manera tal que maximice el VA (valor Añadido) y minimice el NVA (sin valor Añadido): actividades que no transformen el trabajo en progreso del proyecto2:

VA – EJEMPLOS DE VALOR AÑADIDO

- Tener el subcontratista seleccionado
- Ajustar encofrados
- Losa de hormigón vertido
- Pintura
- Instalación de la cubierta del techo
- Instalar el marco de la puerta

Debe hacerse correctamente; de lo contrario, todas las actividades que se consideren VA se convertirán en NVA, debido a reprocesos y correcciones, es decir, a la espera de un nuevo marco de puerta, ya que el error radica en la instalación inicial de algún elemento.

[2]Seyer N. J., Williams B.2014

NVA – EJEMPLOS SIN VALOR AGREGADO:

- Desplazar material de un lugar a otro: cantidad de veces que el trabajador debe mover el material DEBE estar minimizado; caso perfecto es cuando el material se entrega, por ejemplo, columnas de hormigón prefabricadas se instalan directamente desde el camión de reparto.
- Buscando material: los lugares de almacenamiento deben estar organizados y señalados a fin de eliminar el tiempo de búsqueda del material.
- Espera y demoras, lo peor de todo, se pueden evitar retrasos al identificar el riesgo a priori y elaborar el horario cuidadosamente
- Buscando información: cada proyecto debe tener a la persona delegada para mantener un flujo de información sin problemas. La información debe ser correcta, es mejor no dar información que dar la incorrecta
- Repeticiones y correcciones, evitarlas es vital, en el pensamiento eficiente no hay lugar para errores, las actividades suceden una sola vez
- Logística descoordinada
- Ideas no utilizadas

Los factores enumerados anteriormente como un ejemplo de NVA (sin valor añadido) con el fin de mantener la eficiencia deben ser minimizados o, a ser posible, excluidos, representan los 8 desperdicios más comunes:

- Demasiadas existencias (que generan problemas de desperdicio de espacio y transporte en la obra con los activos financieros asignados al principio: trastorno del flujo monetario),
- Demasiado movimiento (que genera pérdida de tiempo para los trabajadores y el peligro de accidente),
- Transporte caótico (genera pérdidas de productividad y desorganización),
- Reprocesos (que generan desperdicio de material, tiempo y estado de ánimo),
- Retrasos (trabajadores que están inactivos para tomar una decisión, proyecto, material, etc.),

- Sobreproducción (riesgo de repeticiones, es decir, tener una construcción del 90% de la estructura del muro de separación sin tener una decisión si hay planes para el cambio),
- Exceso de proceso (demasiadas ideas no utilizadas).

Mantener los flujos sin parar

La clave es evitar detener los flujos: flujos de efectivo, transportes, obras. A este fin, el administrador del proyecto está obligado a crear un horario que no sea susceptible de riesgo. El riesgo no puede evitarse, pero puede administrarse y minimizarse.

Hacer que las personas sean responsables de las actividades

Delegar actividades es importante para el gerente del proyecto, ya que el no puede hacerlo todo por sí mismo. Responsabilizar a las personas es aumentar su importancia para el proyecto, pero también les hace saber que serán responsables del resultado.

Siga los principios de maestría 1 a 4 hasta la perfección y supervise los efectos

La construcción eficiente se lleva a cabo de acuerdo con principios similares a los del pensamiento lean:

- **Eliminación de desechos.** La aplicación de la construcción eficiente se justifica por diversos fallos de los procesos de construcción, que incluyen:
    - Altos niveles de existencias de materiales en la obra. Esto da como resultado una "congelación" innecesaria del capital a largo plazo, que conduce a procesos logísticos innecesarios y daños potenciales, por ej. debido a condiciones climáticas desfavorables;
    - Mantenimiento de áreas de almacenamiento demasiado grandes y mal organizadas. Esto conduce a alteraciones en el flujo de materiales y pérdida de tiempo debido a la búsqueda de aquellos materiales que se necesitan en un momento dado;
    - Alta susceptibilidad para los defectos de construcción. Las listas de fallos que se realizan durante la aceptación, a veces alcanzan varios miles de elementos. Esto se debe en parte a las calificaciones

insuficientes de los equipos de trabajo involucrados, o debido a una supervisión insuficiente de los procesos de trabajo;

- Preparación insuficiente de la producción. En muchas empresas de construcción, debido a la escasez de personal en el departamento de preparación de producción, es imposible garantizar la planificación de producción apropiada en la obra.

- **Flujo constante del proceso.** El objetivo de este principio es el de establecer una estructura de producción de acuerdo con los supuestos de métodos de trabajo uniformes. Al dividir la instalación en pequeñas secciones de trabajo, es posible eliminar las actividades que no generan valor. Además, se garantiza la continuidad y la vigencia del empleo de los equipos de trabajo. La identificación de reservas permite la reducción del ciclo de producción. Las reservas incluyen:

  - Reservas de tiempo. La preparación del cronograma de trabajo está asociada con la planificación de una reserva de tiempo para tareas individuales. Estas reservas se deben necesariamente a la incertidumbre de las condiciones meteorológicas previstas, la entrega intempestiva de materiales, servicios y otros factores. Sin un control adecuado, es imposible usar y transferir esas reservas de una actividad a otra;
  - Reservas de espacio. El uso del espacio para fines de producción y almacenamiento es más efectivo si se garantiza el flujo continuo del proceso;
  - Reservas de medios. Las reservas excesivas de medios se pueden detectar de manera más fácil y rápida si se garantiza un flujo continuo del proceso.

  - El principio “Pull”. Este principio se basa en el método japonés “Kanban” (“descripción visible”). El método permite la visualización del flujo de materiales de construcción en la obra. Está dirigido al control de procesos de producción, enfocado en el consumo necesario y real de materiales en el lugar de ensamblaje. Esta última unidad de producción es suministrada por la unidad anterior solo con los medios operativos necesarios. Como resultado, es posible mejorar los procesos de fabricación de la construcción a través de la reducción de la complejidad. Los procesos logísticos y los procesos de producción, de construcción y ensamblaje funcionan de acuerdo con la “señal dada” y se los entiende como un sistema en el sentido de un ciclo de control. Esto permite evitar una gran acumulación de existencias. El método

"pull" permite la reducción de la susceptibilidad de las tareas de construcción a las posibles alteraciones de los procesos de construcción. Por ejemplo, los procesos auxiliares se activan cuando se vuelven necesarios para la implementación de procesos básicos (en el momento oportuno). En el caso de fluctuaciones de la capacidad, es posible regular directamente la entrada de medios.

- Mejora constante. La filosofía japonesa "Kaizen" se basa en el supuesto de que todo requiere mejoras y que los estándares logrados pueden mejorarse. En términos de fabricación de la construcción, se puede afirmar que se establecen las estrategias apropiadas, pero por lo general no se implementan en la medida suficiente. La construcción todavía esta luchando por obtener la más alta calidad de rendimiento, especificada en el contraste. Puede ser útil aplicar métodos de optimización de procesos a largo plazo, como:
    - Introducción de las llamadas Mejores Prácticas, como el sistema PDCA (Plan-Do-Check-Act, consultar Manual M13);
    - Garantizar el flujo de información de toda la corporación (todas las obras) para cada obra, por ejemplo en el marco de los Sistemas de Comunicación de Proyectos (ver Manual M10);
    - Desarrollo profesional de los empleados, que constituyen el núcleo del perfil y la cultura de la corporación.

- **Documentación de procesos.** La implementación de la construcción lean requiere un alto grado de claridad de los procesos debido a la aplicación de los métodos de control apropiados. El nivel de avance de los procesos y los posibles defectos o alteraciones en la implementación deben especificarse y documentarse, teniendo en cuenta los adelantos del cronograma, costes y problemas de calidad. Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante:
    - La definición de los procesos necesarios para la gestión de una obra determinada, que está asociada con la especificación de los indicadores y medios de control e información apropiados;

- La aplicación de los medios adecuados para la recopilación sistemática de información sobre la condición de los procesos de construcción (progreso de las obras) por ejemplo: varios sensores;3
- Aplicación de los medios para la organización, uso y análisis de los datos (información) sobre la condición de los procesos (progreso de los trabajos de construcción) (ver el Manual "Métodos computacionales en la construcción").

- **Cooperación**. La implementación de la construcción lean requiere una cooperación estricta con varios socios del proyecto. En el marco de un proyecto determinado, es necesario organizar el grupo de participantes no uniformes de una empresa de construcción para que, suponiendo la división adecuada de las tareas, las competencias y la responsabilidad, todos los procesos de diseño y producción necesarios se implementen a tiempo, asegurando la calidad adecuada, en el marco del presupuesto especificado. Las estructuras y los procesos organizativos se caracterizan por un número sustancial de vínculos organizativos debidamente definidos previamente (ver los capítulos 1 y 2).

Uno de los métodos de aplicación de la construcción lean es el llamado sistema del "ultimo planificador". El componente central de este método es la organización o persona que actúa como el último planificador, que opera entre la planificación de la construcción y los procesos de fabricación y, según el nivel de avance de la construcción o la condición de la documentación de diseño detallado, confirma la continuidad de los procesos de producción. En el llamado plan "mirar hacia adelante", las actividades se definen para las 4 a 6 semanas siguientes, y sirven como base para un plan de trabajo semanal. Los gestores y diseñadores de la construcción, en estrecha cooperación, aprueban la implementación de las etapas de inversión, para la cual se ha asegurado que el proceso de diseño se haya completado en su totalidad. Particularmente, en los proyectos de construcción, en los que los procesos de diseño específicos se llevan a cabo simultáneamente a la construcción (proyectos de vía rápida), la sistematización de los procesos como se describe anteriormente es muy razonable. La medida del progreso en el diseño y la implementación de las tareas de construcción es el plan porcentual completo,

[3]Motzko, C. et al. (2007); Pflug (2008)

un cociente de tareas completadas con respecto al número total de tareas, especificado en el plan de trabajo semanal.

2 Pensamiento del sistema

La terminología "lean" se utiliza actualmente en el contexto de conceptos definidos y métodos de organización simple y clara (eficiente) de procesos, que pueden referirse a producción, gestión o administración. Está relacionada con el pensamiento lean y la terminología de gestión lean. La gestión lean se puede dividir en producción lean, desarrollo lean y administración lean. La base de la moderna filosofía de producción lean la ofrece el Sistema de Producción de Toyota (TPS). Uno de los componentes fundamentales del TPS es la eliminación de despilfarros, que debería dar como resultado acortar el ciclo de producción, mejorar la calidad de producción, reducir los costes y mejorar la coordinación y comunicación mutuas entre los empleados.

El pensamiento lean surgió en aquellas ramas de la industria que operan de manera fija y regular. "Muestra la manera de reconocer el valor, la ejecución continua de tareas que siempre crean valor, cuando hay demanda para ello, y la implementación del valor totalmente efectiva"4. En el núcleo del pensamiento lean está el concepto de eliminación de despilfarros de la producción, gestión de plazos de trabajo, recursos humanos, procesos de construcción, medios de producción, maquinaria, equipos y materiales de construcción. El fenómeno "muda" en los procesos de producción fue descubierto por Taiichi Ohno (1912-1990).[5] **Muda incluye**:

- Defectos de productos que están calificados para su eliminación;
- Producción de artículos para los cuales no hay demanda, lo que resulta en un inventario cada vez mayor;
- Implementación de procesos que no son efectivos ni eficaces;
- Movimiento no planeado de personal y transporte innecesario de materiales a otro lugar sin un objetivo específico;

[4]Womack, J.P., Jones, D.T.: Lean Thinking, Campus, 2004, p. 23
[5]ibidem

- Empleados que esperan procesos de producción posteriores debido a retrasos ocurridos en las estaciones de trabajo precedentes;
- Bienes y servicios que no cumplen con las expectativas de los clientes.

El pensamiento lean está sujeto a cinco principios clave:

1. ***Definición del valor.*** La definición del valor sirve como base para el pensamiento lean. El valor del producto (por ejemplo, la instalación de la construcción) se especifica de acuerdo con los criterios del cliente, adaptado a sus necesidades y fabricado por el productor. La definición del proceso de valor debe sincronizarse, si el valor lo crean muchas empresas. Distintos objetivos de diversas empresas involucradas pueden crear conflictos que se asocian a los riesgos de no cumplir los requisitos de valor específicos. Por otra parte, existe la posibilidad de que la debida aplicación del pensamiento lean en una organización, orientada hacia el valor, los recursos se aplicarán para mejorar su eficacia. Por lo tanto, los métodos de organización de procesos y estructuras debería estar vinculada a análisis económicos en relación con la definición del valor.

2. ***Identificación del flujo de valor total para cada producto***. El flujo de valor consiste en todas las actividades específicas requeridas, lo que permite dirigir un producto determinado (por ejemplo, una obra) a través de tres áreas de gestión: diseño (concepto, estructura, preparación de producción, lanzamiento de producción), gestión de información (ordenamiento, establecimiento de fecha límite, entrega) y transformación (desde las materias primas hasta el producto terminado). En el marco del análisis del flujo de valor, se pueden establecer varias categorías de actividades.

   Estas incluyen:
   - Actividades de creación de valor (el proceso principal): desde la perspectiva del cliente, conducen a un aumento de valor. Por lo tanto, aumentan el valor del producto (por ejemplo, la obra) para el cliente a lo largo del proceso. Estas actividades deben estar sujetas a una optimización programada y continuada. Los ejemplos de actividades que crean valor son: construcción, montaje, procesamiento y medios para aumentar el valor “ideal” del producto (comercialización);

   - Actividades que no crean valor, pero sí son (aún así) necesarias (procesos auxiliares): estos contribuyen solo indirectamente a un aumento en el valor del producto (por ejemplo, una tarea de preparación). Apoyan las actividades de creación de valor y por lo tanto, también se las denomina tareas de apoyo. Éstas incluyen: preparación de máquinas, transporte interno, planificación y control de producción, preparación de informes y estadísticas (control);

- Actividades que no crean valor (actividades improductivas y erróneas, desperdicio): estas son las actividades que generalmente no son planificadas; no contribuyen, directa ni indirectamente, a la creación de valor del producto. Éstas incluyen actividades erróneas (incluidas las de las dos primeras categorías) que no pueden utilizarse debido a los errores o defectos que tuvieron lugar durante el proceso de su implementación. Ejemplos de esas actividades son: almacenamiento temporal, interrupción de la producción debido a la escasez de piezas, trabajos adicionales, alteraciones, entregas tardías debido a información errónea, eliminación de defectos (no planificados).

3. ***Flujo de valor continuo*** (flujo de actividades que generan valor para productos específicos). El objetivo del flujo continuo es generar el valor del producto (por ejemplo, una obra) de manera uniforme. Con referencia a la estructura organizativa, esto lleva a la creación de equipos específicos (individuales) para cada producto que tenga las calificaciones apropiadas para el proceso de creación de valor. Es necesario aplicar los métodos apropiados para la toma de decisiones en un equipo. Un ejemplo aquí puede ser el Despliegue de la Función de Calidad. Para el proceso de producción apropiado, es necesario definir el lote de producción. Dentro del marco de la metodología, es posible aplicar el principio de la producción en cadena, en el cual las etapas de producción individuales se implementan continuamente en un orden específico, mientras que los recursos se consumen de manera uniforme. Este principio está respaldado por la metodología "en el momento oportuno". Esta metodología, en el contexto de la producción, significa que la adquisición se sincroniza con la producción. Es una estrategia de producción y logística enfocada a la creación de flujos globales de materiales e información a lo largo de la cadena de creación de valor, que está dirigida a completar el orden más rápido y aumentar su velocidad de flujo.[6]

4. ***El principio "pull"***. El principio "*pull*" significa que la unidad de producción anterior es suministrada por la unidad de producción anterior con los medios operativos necesarios. Como resultado, la velocidad de proceso es definida por la última unidad de producción. Esto resulta en la reducción de los niveles de existencias.

5. ***Apuntando a la perfección***. Toda la organización trabaja en conceptos de productos y producción que permiten la eliminación de residuos (*muda*). El número de errores debe reducirse constantemente. Es necesario eliminar los fallos del sistema, las deficiencias cualitativas, las paradas, etc. Esto requiere la elaboración de procesos e instrucciones

[6]Pfohl 2000

claras, permitir la definición de las condiciones del objetivo y garantizar la especificación de las condiciones actuales de una manera que permita su control y modificación activos. A través del control crítico de las actividades, obtenemos un aumento en la participación de la generación de valor dentro de los procesos. Se hace hincapié en los procesos que generan valor y, por lo tanto, aumentan los beneficios para los clientes (internos/externos). Con este fin, todas las actividades que no son necesarias son sistemáticamente detectadas y limitadas o eliminadas. En consecuencia, se reducen visiblemente los costes del proceso.

El impulso básico para diseñar e implementar dicha filosofía de producción ajustada se originó en la fábrica de automóviles Toyota Production System (TPS) cuando el entonces director, forzado a introducir ahorros, redujo los recursos de producción en un 25% (es decir, el área de producción, la inversión planificada y el personal).

”Nos limitamos a controlar la duración temporal del proyecto, desde la llegada del pedido hasta la recepción de pago. Además, reducimos el tiempo designado para la implementación del proyecto eliminando todas las actividades innecesarias, que no aportan beneficios al proceso.”

Los componentes básicos TPS son:

- En el momento oportuno. En el momento oportuno significa, en general, que la parte apropiada de la producción está disponible en el momento oportuno, en la cantidad y calidad requeridas y en el lugar correcto. Los principios dominantes son el principio de extracción, lo que significa que el sucesor obtiene la cantidad apropiada del producto del predecesor y luego el principio de flujo constante de valor, es decir, el acoplamiento de los procesos de generación de valor y reducción del tamaño del lote de producción. El tercer principio es el de trabajo uniforme, es decir, sincronización y división de una obra en secciones de trabajo, manteniendo un nivel relativamente uniforme de demanda de mano de obra para cada uno de estos;

- Calidad y estabilidad. Estas incluyen, en primer lugar, el principio de prevención de errores. Esto se ha aplicado en métodos como 5S, Poka Yoke o TPM. Se trata de la detección temprana de errores durante la implementación y su informe temprano. La eliminación permanente de errores se puede lograr gracias a métodos como 5W o Kaizen (“mejora constante”);

- Mejora constante. Los productos, procesos y calificaciones de los empleados deben ser constantemente desarrollados y mejorados. Esto está respaldado por el principio

KAIZEN de mejora continua y apunta a la perfección de los procesos mediante la llamada filosofía de pequeños pasos. En el marco de la filosofía KAIZEN, en una corporación determinada, cualquier empleado puede comunicar propuestas/comentarios sobre cambios, que siempre son considerados por sus superiores. Los empleados no deben tener ninguna sanción disciplinaria ni la pérdida de sus trabajos.

- Empleados y socios en la cultura de la corporación. Los empleados son el núcleo de la cultura organizativa. En TPS, esto significa, entre otras cosas, que la administración está presente donde se genera el valor. Los requisitos de alta calidad también son exigidos por sus socios y sub proveedores. Esto mejora la estabilidad necesaria de los procesos. En cuanto a los sub proveedores, se aplica el principio de asociación y continuidad a largo plazo.

3 Lean Enterprise

La filosofía de gestión lean, después de algunas modificaciones, se puede aplicar a la industria de la construcción bajo el término "Lean Construcción ".[7] La traducción del concepto "lean" a la construcción depende de la modificación de los métodos que se diseñaron para las industrias regulares de base fija según sea necesario debido a la naturaleza específica de la construcción, por lo tanto:

- Limitación de despilfarros;
- Estructuración de los procesos de generación de valor del producto (por ejemplo, en términos de una obra);
- Cooperación basada en asociaciones.
-

En el contexto de la construcción lean, es necesario mencionar a Laurie Koskela, que, a principios de los años noventa, se ocupó de la aplicación de la gestión lean en la construcción. Declaró que era necesario complementar el aspecto de transformación (relaciones entrada-salida) del proceso de fabricación de la construcción añadiendo los componentes de flujo de actividades, recursos e

[7]Kaiser, J.: Lean Process Management in der operative Bauabwicklung, tesis doctoral, TU Darmstadt, 2011

información, así como la comprensión del valor (teoría TFV t,8 ver figura1.1).

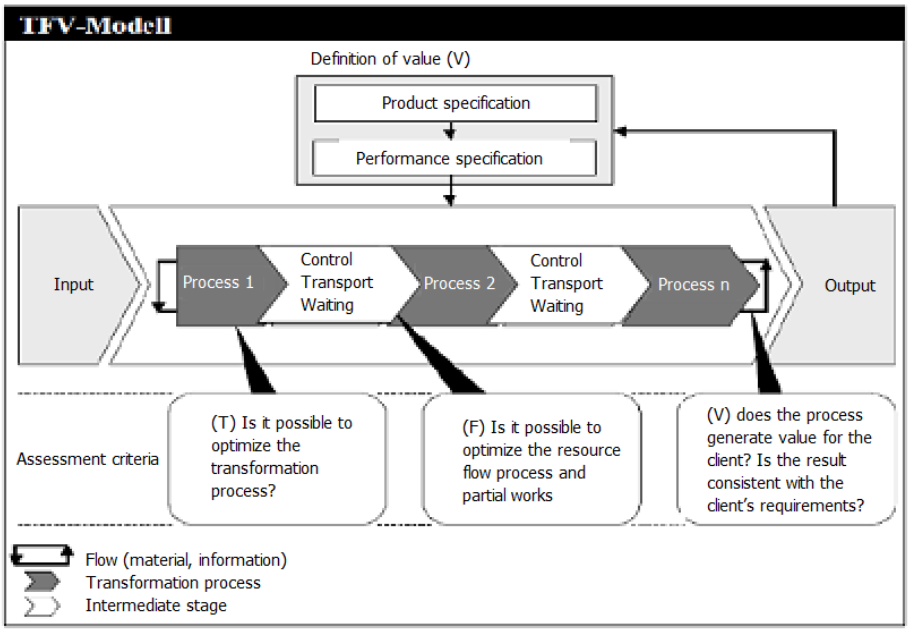


Figura 1.1. Modelo TFV9

[Traducción texto imagen:]

-Definition of value (V) = Definición del valor (V)

-Product specification = Especificación del producto

-Performance specification = Especificación del rendimiento

-Input = Entrada

-Process 1 = Proceso 1

-Control = Control

-Transport = Transporte

-Waiting = Espera

-Process 2 = Proceso 2

[8]Koskela, J.: Aplicación de la Nueva Filosofía de la Producción en la Construcción, 1992
[9]Kaiser, J. 2011

-Process n = Proceso n

Output = Salida

-Assessment criteria = Criterios de evaluación

-(T) Is it possible to optimize the transformation process? = ¿Es posible optimizar el proceso de transformación?

-(F) Is it possible to optimize the resource flow process and partial works? = ¿Es posible optimizar el proceso de flujo de recursos y tareas parciales?

-(V) Does the process generate value for the client? = ¿Genera el proceso valor para el cliente?

Is the result consistent with the client's requirements? = ¿Es el resultado consistente con los requisitos del cliente?

-Flow (material, information) = Flujo (material, información)

-Transformation process = Proceso de transformación.

-Intermediate stage = Etapa intermedia

Cuando se aplica la construcción lean, el elemento central siempre debe ser el empleado. La organización del tiempo de trabajo es un componente importante de la salud y la seguridad en el trabajo. La limitación del alcance del trabajo, la organización de la división del trabajo (por ejemplo, durante el día) y las dificultades asociadas en el trabajo son solo componentes seleccionados de los procesos de organización de las tareas de construcción. Los métodos de racionalización en los procesos de trabajo deben introducirse teniendo en cuenta la organización del trabajo, que ha sido materialmente y profesionalmente justificada. Desde la perspectiva de la construcción, en la organización de la duración del trabajo, es necesario tener en cuenta las disposiciones vinculantes de la ley sobre los acuerdos de trabajo colectivo. Por lo tanto, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes en Alemania [Tarifrecht], las tablas de indicadores del tiempo de trabajo, aprobadas por las partes del convenio colectivo de trabajo, sirven de base para la división corporativa de los procesos de producción (el área de salarios por pieza). Estos fueron preparados de acuerdo con la metodología de la ciencia laboral y son representativos de los procesos en obras ordinarias.

Los indicadores de tiempo de trabajo para la industria general de la construcción

(tablas ARH 10) otorgan:

- 10% de tiempo de descanso;
- 20% de tiempo adicional (espera no planificada, tareas adicionales, descansos personales, por ejemplo, inodoro);
- 70% de tiempo básico (tarea principal + tarea auxiliar + tiempo de espera planificado).

En el caso de una instrucción de trabajo de un equipo de encofradores, las tareas principales incluyen:

- Transporte de encofrado de pared dentro de la obra;
- Colocación de encofrado y ensamblaje de juntas;
- Colocación de soportes; Revestimiento de encofrado.
- Montaje de andamiaje de trabajo.

Las tareas auxiliares incluyen:

- Limpieza;
- Ordenación.

Las tareas principales y auxiliares sirven para la implementación de la tarea directa o indirectamente. En la construcción, estas son las actividades que generan el valor del producto (por ejemplo, la obra). Estas incluyen la logística, llevada a cabo de acuerdo con el plan (por ejemplo, transporte encofrado). Siempre es el componente necesario del proceso de producción, ya que la instalación de construcción (o su parte) normalmente cumple las condiciones del acuerdo solo en el marco de coordenadas espaciales específicas (generación de valor), independientemente del principio de ejecución de las tareas. El tiempo de descanso es necesario y obligatorio. Las tareas de construcción pertenecen a la categoría de trabajo físico duro. Se caracterizan por cargas múltiples, como el transporte de cargas pesadas, la exposición a condiciones climáticas frías y desfavorables, el sistema de trabajo a destajo, la exposición al polvo y al ruido, así como a la emisión de otras sustancias (ver la figura 1.2).

[10]Handbuch Organisation Bau

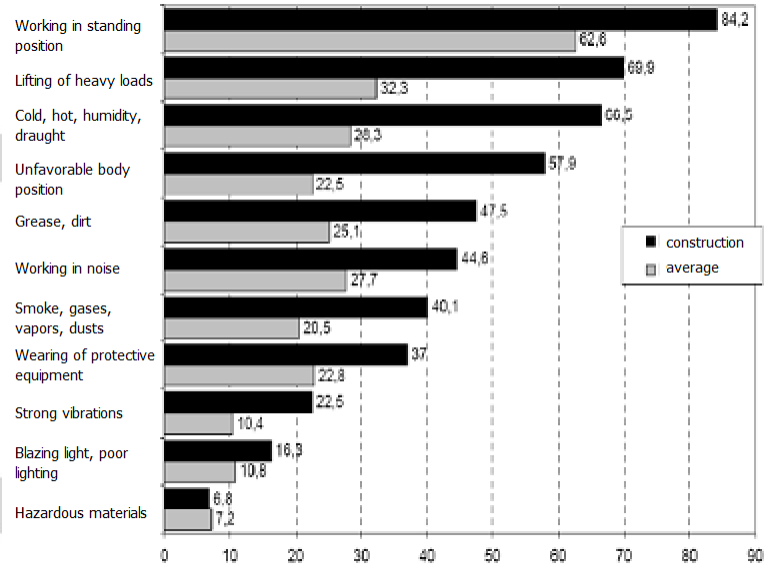


Figura1.2.Carga física de trabajo y requisitos que deben cumplir los trabajadores[11]

[Traducción texto imagen:]

-Working in standing position = Trabajar de pie

-Lifting of heavy loads = Levantar cargas pesadas.

-Cold, hot, humidity, draught = Frío, calor, humedad, corriente de aire.

-Unfavorable body position = Posición desfavorable para el cuerpo.

-Grease, dirt = Grasa, suciedad

-Working in noise = Trabajar con ruido

-Smoke, gases, vapors, dusts = Humo, gases, vapores, polvos.

-Wearing of protective equipment = Llevar equipo de protección.

-Strong vibrations = Vibraciones fuertes.

-Blazing light, poor lighting = Luz resplandeciente, luz escasa.

-Hazardous materials = Materiales peligrosos.

-Construction = Construcción.

-Average = Promedio

[11]Hartmann/Seidel (2007)

Las cargas altas están asociadas, particularmente en el caso de armazones de obras, a las tareas de colocación de hormigón, carpintería y trabajos de montaje de andamios. Los trabajos de estos grupos se clasifican como “duros” (ver la tabla 1.1).

Los resultados de la investigación, que han sido confirmados por la práctica y su publicación, muestran que los largos períodos de trabajo pueden provocar un grave deterioro de la salud, un estrés intenso y síntomas de cansancio. Al mismo tiempo, aumenta el riesgo de accidentes. La discusión sobre las posibilidades de racionalización en el área de descansos de trabajo personalmente condicionados se tiene en cuenta en la categoría de tiempo adicional; sin embargo, debido a razones fisiológicas, no se puede ignorar. Las pausas laborales durante los tiempos de trabajo básicos que dependen del curso de los procesos de construcción, reflejan el estado actual del progreso tecnológico y, por lo tanto, son una función de la tecnología aplicada.

	N	Cargas			Trabajo realizado con dificultad
		Hasta 10 kg	10-25 kg	Por encima de 25 kg	
Instaladores	519	9.8	37.5	48.4	16.4
Albañiles	539	3.5	33.4	51.6	26.2
Encofradores	112	4.5	30.4	59.8	32.1
Carpinteros (de obra)	192	3.6	27.6	60.4	21.9
Techadores	308	8.4	34.7	53.2	15.3
Instaladores de andamios	76	1.3	22.4	73.7	34.2
Peones camineros	67	1.5	37.3	56.7	23.9
Ayudantes	143	7.0	32.9	54.5	18.9
Instaladores de aislamiento/pared seca	143	11.9	35.7	45.5	16.1
Cristaleros	81	1.2	49.1	45.7	24.7
Trabajadores de acabados interiores	71	2.8	38.0	57.7	14.1
Carpinteros	57	8.8	36.8	45.6	10.5
Pintores	404	11.4	64.9	20.0	14.9
Operadores de máquinas de la construcción	51	17.6	21.6	39.2	21.6
Personal de limpieza	94	40.4	29.8	13.8	11.7
Oficinistas	112	26.8	18.8	12.5	9.8
Grupo de profesiones de la construcción N<50	181	11.6	26.5	56.4	26.0
Total con otra profesión	3413	9.5	36.7	45.5	19.5

Tabla 1.1.Cargas asociadas con el transporte de pesas pesadas por hombres[12]

[12]Hartmann/Seidel (2007)

4 Lean Management

Lean Management. La parte central de la idea de gestión lean es la generación de valor y la eliminación de cualquier despilfarro que surja en el marco de la fabricación de bienes y servicios. Todas las actividades y recursos que no son necesarios para elevar la calidad del producto se consideran innecesarios y deben eliminarse, al igual que los niveles de existencias y los materiales almacenados, a la espera del procesamiento. El objetivo de aumentar la capacidad de producción, así como una producción más rápida, son factores importantes en términos de competencia y participación de mercado. Al mismo tiempo, una producción bien organizada y flexible permite la fabricación de productos individualizados y específicos de la más alta calidad. En la práctica, esto significa la aplicación de los principios, métodos y medios seleccionados, que deben posicionarse entre la perspectiva estratégica y operativa.

5 Integración a la Industria de la Construcción

A continuación se presenta el sistema de proceso de construcción utilizado en la práctica de la construcción (ver figura 5.3), que se ha diseñado de acuerdo con los principios de construcción lean.[13]

Este sistema de proceso de construcción se divide en tres partes: objetivos, procesos, métodos y principios. La innovación de este enfoque se debe al hecho de que en el área de procesos y métodos se ha definido una estructura combinada de tres ejes: gestión de terminación de pedidos orientada a los procesos, gestión operativa del rendimiento y mejora constante y sistemática. La estructura se explica a continuación y su significado se ilustra mediante un ejemplo práctico.

[13]Kaiser, J. 2011

Aplicación sistémica de objetivos. En el núcleo del sistema de objetivos están el cliente y la cuestión del cumplimiento de sus necesidades y expectativas. Este objetivo básico sirve como base para introducir los siguientes objetivos parciales:

- **Eficacia**: mayor efectividad de los procesos para reducir los costes de construcción, por ejemplo, a través de la limitación del desperdicio en la implementación de los procesos de trabajo;

- **Claridad:** para garantizar la acción general y sistemática, es necesario definir los procesos de construcción con claridad. Los siguientes componentes son necesarios para lograr este objetivo:
  - Definición precisa de la posición y las competencias del empleado en la organización del proyecto;

Sistema de procesos de construcción

Objectivos

- Eficiencia
- Transparencia
- Flexibilidad
- Información

Procesos y métodos

Gestión de cumplimiento de órdenes guiada por el proceso

- Descripción de procesos
- Organización de proyectos
- Información

Mejora sistemática constante

- Proceso de optimización
- Organización de mejoras
- Estandarización

Gestión operacional de implementación

- Planificación y control de trabajo equilibrado
- Planificación y control de calidad
- Planificación y control de flujo de material

Indicadores y visualización

Normas

- Separación de generación de valor y desperdicios
- La creación de valor es el quid de la cuestión
- Actitud orientada a la asociación y a la cooperación
- Procesos basados en la eficiencia

Figura5.3 Estructura del sistema de proceso de construcción de acuerdo con la metodología de eficiencia [14]

- Diseñar las herramientas de supervisión adecuadas para obtener una imagen del estado de implementación de los procesos, por ejemplo, a través de la especificación de los indicadores de proceso apropiados;
- Introducción de métodos de visualización, permitiendo la comunicación del estado del proceso a los empleados directamente y en el sitio;
- Formulación del sistema de flujo de información.

- **Flexibilidad:** las organizaciones de construcción son sistemas sociotécnicos que permiten la implantación de estructuras de proceso complejas y dinámicas. Por lo tanto, la cooperación requiere una gran flexibilidad de los participantes del proyecto para garantizar que los medios necesarios de control de procesos específicos se implementen a tiempo;
- **Estabilidad:** los procesos en los proyectos de construcción deben implementarse de manera estable. Factores tales como las condiciones climáticas, el derecho de la parte que realiza el pedido de realizar cambios en el alcance de las obras, las condiciones inesperadas del suelo o la retirada de subcontratistas requieren las herramientas y métodos para la estandarización de la implementación del proceso.

Aplicación sistémica de los principios. La aplicación sistémica de los principios junto con sus componentes reflejan la perspectiva de la gestión lean, por lo tanto:

- **Separación de generación de valor a partir de despilfarros:** la generación de valor en el sentido económico se define como la diferencia entre el valor de producción obtenido y los trabajos realizados anteriormente[15] dentro de una corporación y en el marco del proceso de implementación de un proyecto de construcción específico, es necesario desarrollar la conciencia de los empleados sobre el objetivo (alto significado) de sus obras, que generan un valor combinado (por ejemplo, de la instalación de construcción desde la perspectiva del cliente). Es necesario distinguir las actividades asociadas al aumento de valor (procesos básicos, que resultan en un aumento directo de valor),

[14]Kaiser, J. 2011, también Porsche Consulting
[15]Gabler Wirtschaftslexikon

actividades ocultas de despilfarros (procesos auxiliares que son necesarios para llevar a cabo los procesos básicos sin generar un aumento directo de valor para resultados) y actividades abiertas de desperdicio (por ejemplo, el tiempo de espera debido a perturbaciones);

- **Centralización de la generación de valor:** orientación de la empresa sobre el proceso de creación de valor. Además, concéntrese en el lugar de generación de valor. En el contexto de la discusión anterior, se debe poner especial énfasis en el tema del sitio de construcción, expuesto en el capítulo 4;
- **Cooperación basada en la asociación:** en el sistema sociotécnico del proyecto de construcción, para implementarlo eficientemente, es necesario establecer un vínculo entre las calificaciones esenciales de los empleados en el marco de la empresa. Esto se vincula con las relaciones del ordenante y las oficinas correspondientes, así como con todos los subcontratistas, proveedores, diseñadores y otras entidades externas;
- **Organización de procesos según métodos eficientes:** en relación con el sitio de construcción, es necesario asegurar una sólida representación de los equipos de trabajo, dado que los lugares de trabajo son "móviles" dentro de la estructura de la instalación en construcción. También es necesario definir las secciones de trabajo de acuerdo con las dimensiones del objetivo definidas. Particularmente significativa es la planificación del proceso de acuerdo con el principio de distribución uniforme, por una parte es necesario nivelar el uso de los recursos, por otra, garantizar la flexibilidad de la ejecución de las obras en caso de perturbaciones. Esto se puede lograr gracias al principio "pull". En particular, la gerencia del proyecto y el siguiente equipo de trabajo deben ser informadas de la finalización de los procesos individuales. Por lo tanto, al menos parcialmente, logramos la distribución de materias primas y medios operativos según sea necesario. El último componente de la regla apunta a la perfección, es decir, al desarrollo y mejora constantes de los procesos de trabajo de construcción.

Aplicación sistémica de los procesos y métodos. Los objetivos y principios se implementan en la aplicación de los procesos y métodos. Ésta es una estructura dinámica, dentro de la cual hay interacción entre la gestión operativa de la ejecución de las obras, que está orientada a los procesos, y la gestión de la finalización de la orden. Esta interacción está regulada por una mejora sistemática del flujo y la organización de los trabajos de construcción de acuerdo con el

principio del Proceso de mejora continua (Continuous Improvement Process) CIP (KVPKontinuierlicherVerbesserungsprozess). Los componentes de esta aplicación del sistema son:

- **Gestión orientada a procesos de finalización de pedidos.** Está sujeto a dos principios: la orientación del proceso y la llamada "carga frontal", que se basa en un análisis temprano y cuidadoso de las tareas, junto con una planificación específica de la producción para identificar rápidamente las debilidades, así como las deficiencias existentes. Se puede obtener una descripción del proceso de construcción, por ejemplo, sobre la base de un cronograma de implementación de etapas posteriores de las obras de construcción. Un ejemplo adecuado se ha presentado en la figura 5.4. Además de los componentes estándar, como las etapas de implementación del proyecto y los hitos, las llamadas "puertas de calidad" son importantes. Establecen hitos, utilizados para verificar si todas las tareas mencionadas han alcanzado el estado requerido en términos de progreso y calidad de las obras. Solo después de que se cumplan todas condiciones, la siguiente etapa puede ser lanzada. Los informes estandarizados son un componente significativo de estos ejes.

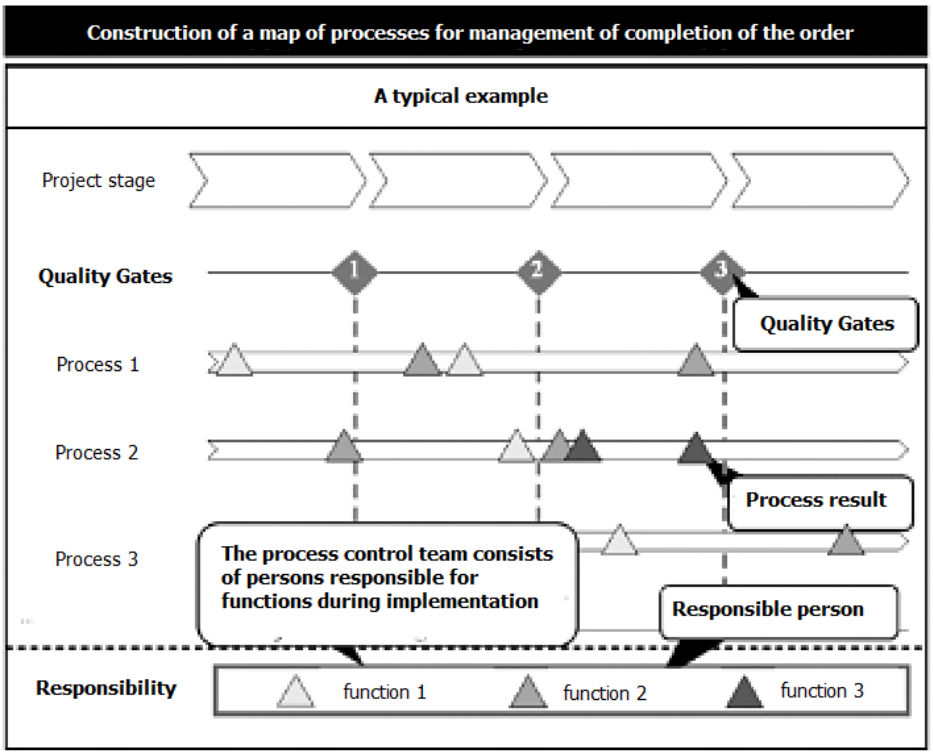


Figure1.4.Ejemplo de un mapa de procesos[16]

[Traducción texto imagen:]

-Construction of a map of processes for management of completion of the order = Construcción de un mapa de procesos para la gestión del cumplimiento de la orden

-A typical example = Un ejemplo típico

-Project stage = Fase de proyecto

-Quality gates = Puertas de calidad

-Process result = Resultado del proceso

-Process 1 = Proceso 1

-Process 2 = Proceso 2

-Process 3 = Proceso 3

-The process control team consists of persons responsible for functions during implementation = El equipo de control de procesos está formado por personas responsables de las funciones durante la implementación

-Responsible person = Persona responsable

-Responsibility =Responsabilidad

-Function 1 = Función 1

-Function 2 = Función 2

-Function 3 = Función 3

- **Gestión operativa de la implementación.** La gestión operativa de la implementación se refiere directamente a la etapa de preparación de las obras y a todo el proceso de construcción. En el núcleo están los procesos de producción. Las empresas individuales están subordinadas al objetivo común: la implementación eficiente y efectiva de la instalación de construcción. Un aspecto significativo es la producción continua, entendida como distribución del trabajo. Los métodos apropiados de gestión operativa

[16]Kaiser/Khodawandi 2008

de las empresas de construcción y su implementación se describen en la literatura apropiada sobre el tema.

Como resultado, se deben establecer cronogramas semanales precisos para la implementación de los trabajos para todos los equipos de trabajo, proporcionando una referencia específica al proceso de producción. Para adaptar y verificar el progreso de los procesos de implementación y producción, es necesario celebrar reuniones, como se explica en la última metodología del sistema de planificación, presentada anteriormente. Los métodos de calificación apropiados permitirán el establecimiento de cuadrillas de trabajo autónomas y auto controladas, capaces de determinar su progreso de trabajo de forma independiente sobre la base de los medios de visualización apropiados. Un medio de visualización es un componente muy significativo del trabajo en un sitio de construcción. El avance de secciones específicas de los trabajos debe discutirse directamente en el sitio, para que los participantes del proyecto puedan hablar sobre los parámetros importantes tales como los plazos, la limpieza y el orden en el sitio, la calidad, la información general y los indicadores apropiados.

La Figura 1.5 presenta colectivamente principios y factores decisivos para el éxito de la metodología de construcción eficiente.

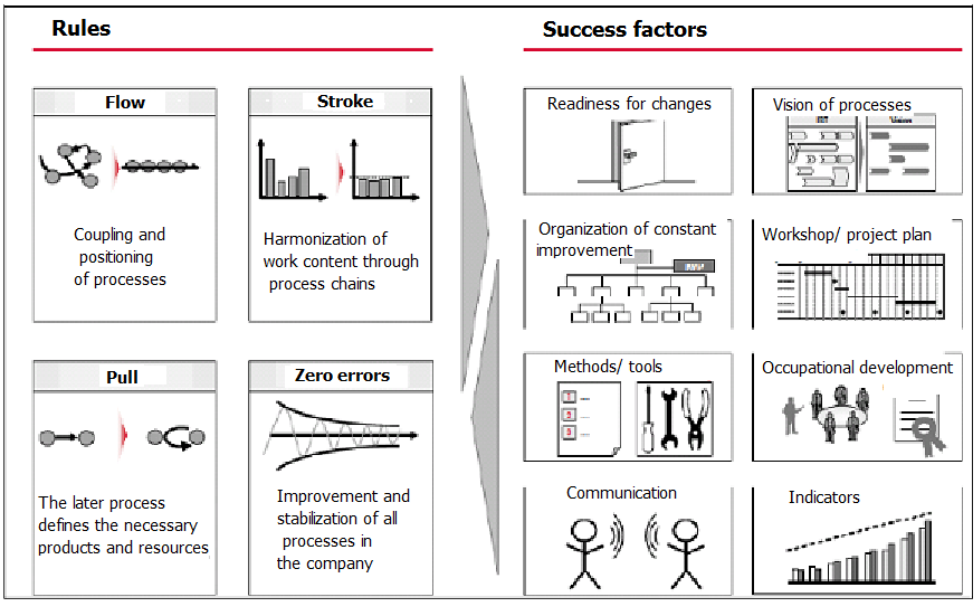


Figura1.5. Aplicación de reglas y factores que son decisivos para la implementación exitosa de la construcción eficiente [17]

[Traducción texto imagen:]

-Rules = Reglas

-Flow = Flujo

-Coupling and positioning of processes = Acoplamiento y ubicación de los procesos.

-Stroke = Temporalización

-Harmonization of work content through process chains= Armonización del contenido del trabajo mediante cadenas de producción

-Pull=Tirar.

-The later process defines the necessary products and resources=El proceso anterior define los productos y recursos necesarios

-Zero errors= Cero errores

-Improvement and stabilization of all processes in the company= Mejora y estabilización de todos los procesos de la empresa.

-Success factors = Factores de éxito.

-Readiness for changes = Disposición al cambio.

-Vision of processes = Visión de los procesos.

-Organization of constant improvement = Organización de mejora continua.

-Workshop/ Project plan = Taller/ Plan de proyecto.

-Methods/tools = Métodos/herramientas.

-Occupational development = Desarrollo ocupacional.

-Communication = Comunicación.

-Indicators = Indicadores.

[17]Kaiser (2008)

La introducción de un sistema de producción basado en la construcción lean, y por lo tanto la iniciación de componentes de una organización de aprendizaje en una empresa de construcción, es un desafío sustancial. En primer lugar, es necesario estimular, o al menos estimular a toda la organización, para que esté predispuesta a cambios. Los procesos normativos, estratégicos y de gestión operativa deben controlarse en términos de su mutua cohesión. En cuanto a los procesos básicos, se llevarán a cabo varios cambios gracias al uso de métodos y herramientas nuevas y diferentes de gestión y métodos y procesos de comunicación modernos. Además, es necesario comenzar la implementación de todo el proceso de construcción de acuerdo con el principio del Proceso de Mejora Continua (CIP). Además, toda la empresa de construcción como organización debe disponer del personal de gestión calificado y el personal capacitado para implementar las obras de construcción planificadas. Por supuesto, todas estas actividades requieren también los gastos financieros apropiados.

7 Conclusión

Como Lean Design & Construction difiere de otras formas de gestión de proyectos[18]:

- El control se redefine a partir de los "resultados del control de seguimiento", a fin de que "las cosas sucedan", con un proceso de planificación medida y mejorada que garantice un flujo fiable del trabajo y unos resultados previsibles del proyecto.
- El objetivo es maximizar el valor y minimizar el desperdicio a nivel de proyecto, contra la práctica tradicional de intentar optimizar cada actividad individual.
- El valor para el cliente se define, crea y aplica a lo largo de la vida del proyecto, mientras que la práctica tradicional prescribe definir los requisitos desde el principio hasta la entrega de la obra, a pesar de los cambios en los mercados, la tecnología y las prácticas comerciales.

[18]www.leanconstruction.org

- Coordinar la acción a través de tirar (*pull)* y flujo continuo, al contrario del impulso tradicional basado en un cronograma, que genera una dependencia excesiva de la autoridad central y de los programas del proyecto para la gestión de recursos y la coordinación del trabajo.
- La toma de decisiones descentralizada a través de la transparencia y el empoderamiento proporciona información a los participantes en el proyecto, sobre el estado de los sistemas de producción y les permite tomar medidas.

Algunos de los diversos principios que sustentan la construcción lean incluyen[19]:

- Mejorar la comunicación.
- Eliminar desperdicios y errores.
- Intervención directa para impulsar el cambio inmediato y aparente.
- Mejorar la planificación del trabajo y la programación anticipada.
- Especificar el valor desde la perspectiva del cliente.
- Identificar los procesos que entregan valor al cliente (el flujo de valor).
- Eliminar actividades que no agregan valor.
- Asegurar que el ambiente de trabajo sea limpio, seguro y eficiente.
- Mejora continua.

Algunas de las técnicas que se pueden adoptar incluyen:

- Usar técnicas de modelado y visualización para mejorar la planificación y la comunicación.
- Planificación temprana, para mejorar el flujo de trabajo, centrándose en la definición de tareas alcanzables y evitando errores, esfuerzos duplicados, trabajo fuera de secuencia y actividades que no agregan valor al cliente. El objetivo es la maximización del flujo de

[19]www.designingbuildings.co.uk

trabajo y la minimización de la variación del rendimiento, en lugar de una velocidad predeterminada.

- Programación anticipada.
- Pre-fabricación y modular para reducir la actividad en el sitio y distribuir mejor la carga de trabajo.
- Entregas en el momento oportuno.
- Técnicas de gestión de valor.
- Integrar la cadena de suministro a través de prácticas de compañerismo y colaboración.
- Técnicas de evaluación comparativa y el uso de indicadores de rendimiento clave.
- Sistema del último planificador.
- Análisis y gestión de rutas críticas.
- Técnicas de gestión de riesgos.
- Mejora continua de un proyecto a otro.

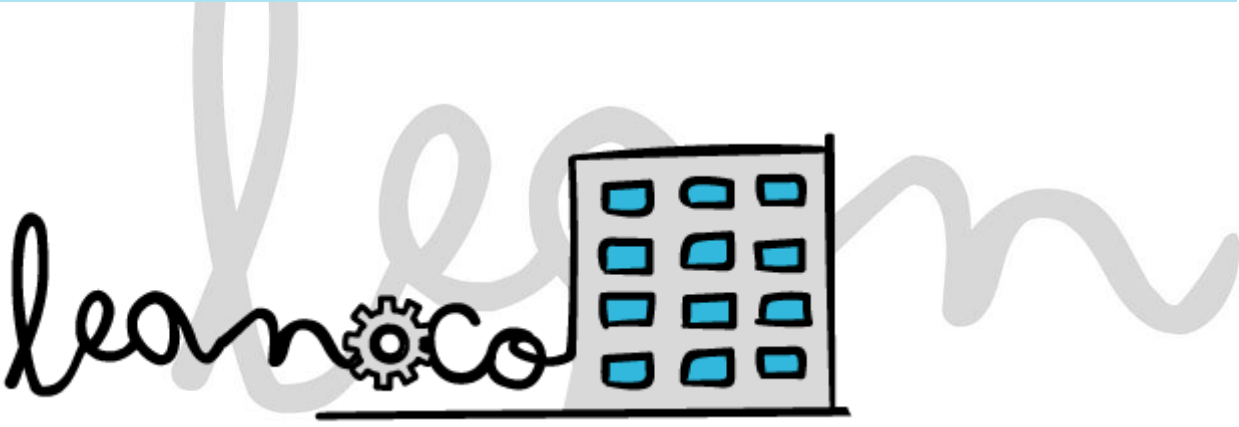
Coordinator of the project:

Fundación Laboral de la Construcción (Spain)

Partners of the project:

Asociación de Constructores Promotores de Navarra (Spain)

Technological & Innovative Platform for Environmental Efficiency -Tipee- (France)

Centro Habitat Associacao Plataforma para a Construcao Sustentavel (Portugal)

Politechnika Warszawska (Poland)