



UNIVERSIDAD
MAYOR

para espíritus emprendedores

Facultad de Ciencias

**CONSTRUCCIÓN
CIVIL**

**MODELO DE GESTIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS A TRAVÉS DEL USO DE
PREFABRICADOS EN EDIFICACIÓN, BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN
CONSTRUCTION.**

Proyecto de título para optar al Título Profesional de Constructor Civil

Estudiante

FRANCISCO MORAGA SEPÚLVEDA

Constructor Civil, Profesor Guía

MARISOL MEZA GUZMÁN.

Diciembre 2018

Santiago, Chile

Cuando los padres trabajan y los hijos disfrutan de la vida, los nietos van a mendigar.

- Proverbio japonés -

SOLO USO ACADÉMICO

Agradezco a mis padres por haberme dado no una, si no dos oportunidades de poder ser mejor. A profesores por haberme dado oportunidades únicas de desarrollo y a mí, porque siempre se puede más.

SOLO USO ACADÉMICO

Resumen:

En la construcción siempre existe sobre la mesa de la administración de una obra, la interrogante sobre como ser mas eficientes al momento de construir, existen preguntas similares a ¿Cómo puedo ser mas eficiente?, ¿Dónde puedo ganar avance?, ¿Cómo puedo ganar tiempo?, ¿Cómo sacar más provecho del recurso económico?, y una de las formas con las que se puede responder varias de estas interrogantes, es con el uso de elementos prefabricados en proyectos de edificación.

El objetivo del trabajo es identificar diferentes tipos de perdidas que se pueden encontrar en un proyecto de edificación y que se podrían reducir implementando diferentes tipos de elementos prefabricados al momento de construir.

La construcción prefabricada además de ser un sistema económico, ecológico, seguro y limpio es un buen ingrediente al momento de mezclarlo con la filosofía Lean Construction, ya que ayuda a mantener un bajo costo y un control de calidad estricto que nos permite eliminar tanto los tiempos de construcción totales, como evitar demoras por mano de obra, materiales o equipos que actualmente suceden por una mala planificación, como por contratiempos directos o indirectos en obra.

Hoy en día en algunas partes del mundo se pueden ver diferentes tipos de sistemas constructivos en los que cada vez se crean mas elementos prefabricados para poder aprovechar el sistema de la mejor forma, como también para poder mejorar el producto final con terminaciones más específicas y de mejor calidad.

Es por esto que una construcción del tipo prefabricado y/o modular es posible de aplicar en Chile, como también implementar un modelo de gestión y reducción de perdidas a través del uso de prefabricados en edificación, siempre y cuando se modifiquen los controles de calidad en obra, así también el pensamiento de que no todo se tiene que construir en hormigón, que existen otros tipos de sistemas constructivos, y que se puede construir de una manera más amigable con el medio ambiente.

Summary

In Construction, there is always one question in the line of work, How to be more efficient at the time of construction?, there are similar questions such as How can I be more efficient?, Where can I improve?, How can I speed it up?, How can I get more out of the economic resource?, and one of the ways where you can answer several of these questions, is with the use of prefabricated elements in Construction projects.

The objective of this work is to identify different types of losses that can be found in a Construction project and that could be reduced by implementing different types of prefabricated elements when building.

Prefabricated Construction as well as being an economic, ecological, safe and clean system, is a good ingredient when mixing it with Lean Construction philosophy, since it helps to maintain a low cost and a strict quality control that allows us to eliminate the total building time, as well as avoiding delays related to workers, materials or equipment that currently happens due to bad planning, as well as direct or indirect work setbacks.

Nowadays in some parts of the world, you can see different types of Construction systems where more and more prefabricated elements are created to take advantage of the system in the best way possible, as well as to be able to improve the final product with more specific workmanships and better quality.

Therefore, a prefabricated and/or modular construction type is possible to be applied in Chile, as well as implementing a management and loss reduction model using prefabricated buildings, as long as work quality controls are modified, as well as the thought that not everything has to be built out of concrete, that there are other types of construction systems, and that it can be built in a more environmentally friendly way.

Índice

Resumen:	4
Summary	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	7
Capítulo 1: Antecedentes generales.	8
Objetivos:	8
Objetivos específicos:	8
Justificación:	9
Marco Investigativo:	10
Capítulo 2: Que es el <i>Lean Construction</i> , y su aplicación en la industria de la construcción.	11
2.1.0. ¿LEAN qué?	11
2.1.1. Siguiendo nivel, Lean Construction.	13
2.1.2 Tipos de pérdida	14
2.1.3 La idea	16
2.2.0 – ¿Y cómo se aplica, quienes participan en esto?	17
2.2.1 Iniciando la filosofía Lean Construction	17
2.2.2 – Prueba de los 5 minutos.	18
Capítulo 3 Los prefabricados y sus usos.	20
3.1 Concepto de “Prefabricación”	20
3.1.1 La prefabricación en la historia.	20
3.1.2 Tipos de prefabricados en la construcción.	22
3.1.3 Materiales prefabricados	22
Capítulo 4: Desarrollo de la investigación "Definición del modelo de gestión y reducción de pérdidas y el cómo implementarlo"	33
4.1 El comienzo	33
4.2 El modelo	39
4.3 Descripción del modelo de gestión.	40
4.3.1 Pasos del Ciclo de Deming	41
4.3.1.2 MODELO DE GESTION Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS	45
4.4 ¿Porque usar este modelo de gestión y reducción de pérdidas?	48
Capítulo 5: Conclusiones.	49

Introducción

De acuerdo con el aumento de la población y a los cambios que surgen por diferentes motivos sociales, económicos o políticos, es sabido que el desarrollo de los países es en gran medida por el tipo de su infraestructura, “las condiciones habitacionales determinan en gran parte el nivel de la calidad de vida de población”. De esta premisa nace la necesidad de buscar formas constructivas que sean posibles de aplicar a dicha necesidad.

Es por esto que la construcción actual y mundial, se ha tratado de optimizar el tiempo y la economía de cada proyecto, por lo que no es extraño que en la industria de la construcción prefabricada se esté convirtiendo en una opción muy atractiva al momento de edificar. Esto produce la necesidad de proporcionar una visión de este sistema constructivo para que cualquier usuario de la construcción tenga los conocimientos básicos sobre dichos elementos prefabricados y así puedan ser aplicados de forma óptima en sus diseños.

Un ejemplo de esto se puede ver en estados unidos, expertos en la construcción de casas prefabricadas a tal nivel que este tipo de productos está regulado desde 1976 por el Departamento Federal de Vivienda y Desarrollo Urbano. Ya que antes los estándares dependían del propietario. Como también un similar opuesto, China, donde la constructora BSB (Broad Sustainable Building Co. LTD), impuso un sistema prefabricado y modular donde construyo un edificio 204 metros de altura de 57 pisos, en 19 días y con posibilidad de aguantar un terremoto de grado 9 en la escala de Richter.

La construcción prefabricada además de ser un sistema económico, ecológico, seguro y limpio es un buen ingrediente al momento de mezclarlo con la filosofía Lean construcción, ya que ayuda a mantener un costo bajo y un control de calidad estricto que nos permite eliminar tanto los tiempos de construcción totales como evitar demoras por mano de obra, materiales o equipos que actualmente suceden por una mala planificación como por contratiempos.

En la mayoría de los casos, la trayectoria y el mayor conocimiento de otros sistemas constructivos, a los que se les puede llamar como tradicionales, además de su reproducción vía el medio académico, conforman un marco que discrimina contra la innovación tecnológica y la implementación de nuevos sistemas constructivos.

Por consiguiente, en este informe se pretende realizar un estudio sobre los diferentes sistemas constructivos prefabricados, con la intención no solo de proporcionar si no de ampliar el conocimiento de las diversas opciones existentes en el medio de la construcción, como también el de “diseñar” un *modelo de gestión y reducción de perdidas a través del uso de prefabricados en edificación* por medio de un análisis comparativo entre los diferentes tipos de gestión que se pueden adecuar a los elementos prefabricados y la reducción de perdidas (actividades que no agregan valor) identificando algunos tipos de gestión que se puedan adecuar al modelo que se propone. Ya que puede ser un incentivo para demostrar que el uso de este tipo de construcción es una alternativa al momento de planificar o proponer una solución a una propuesta de trabajo menos contaminante, de mejor calidad y en un menor tiempo de ejecución.

Capítulo 1: Antecedentes generales.

Objetivos:

- Proponer modelo de gestión y reducción de pérdidas a través del uso de elementos prefabricados
- Difundir el uso de materiales prefabricados en la construcción por medio de materias primas y/o objetos

Objetivos específicos:

- Identificar que es una pérdida en la construcción, el concepto de PÉRDIDA
- Identificar tipos de gestión y reducción de pérdidas
- Comparar los diferentes tipos de gestión y reducción de pérdidas para determinar el más apto para la investigación y los elementos prefabricados.
- Mostrar las virtudes y desventajas de los materiales prefabricados en la construcción tanto en su uso como en la elaboración de estos.
- Proponer un modelo de gestión y reducción de pérdidas que sea a la industria de la construcción

SOLO USO ACADÉMICO

Justificación:

La presente investigación tiene su fundamento en que actualmente la construcción en Chile es un 80% en hormigón, esto porque al ser mezclado con otros materiales ha resultado un sistema constructivo admirable al momento de analizarlo sísmicamente. Chile es un país respetado a nivel mundial al momento de hablar de construcciones antisísmicas. Esto significa que los costos por realizar este tipo de construcción siempre han sido elevados por el uso de este material, pero siempre ha sido cuestionado por el nivel de contaminación y de desechos que produce al momento de utilizarlo, por lo que desde hace ya un tiempo se han tratado de buscar alternativas para reducir los costos, como también la contaminación que puede producir la construcción de una edificación.

Una de las alternativas que se propone al mundo frente esta situación es la industrialización de la construcción, donde se reducirían los costos de construcción, además de los desechos y las malas prácticas al momento de construir, ya que cada planta tiene sus protocolos de calidad y de aseguramiento de la calidad de sus productos, esto porque la utilización de prefabricados en la construcción de a poco se ha ido incorporando como un método de construcción más activa y ágil, ya que se minimizan los tiempos muertos por espera de materiales, o por falta de mano de obra, de equipamiento o de instrucciones.

Chile con su aspiración a ser un país desarrollado siempre ha intentado buscar e innovar en diferentes ámbitos: salud, educación, edificación, energético, social, entre otros, pero una de las formas para poder crecer como país, es innovando nuestros sistemas constructivos en nuestro territorio. Por esto la industrialización de la construcción puede ser un camino para el desarrollo nacional, el poder tener edificios pre-armados y disponibles para edificar. Podrían ser una alternativa mejor al momento de una catástrofe por una causa natural, como también para poder mejorar las viviendas sociales o incluso eliminar campamentos. El tener la posibilidad de en poco tiempo poder levantar viviendas no necesariamente de emergencia o provisionales, si no que viviendas o edificios pre-armados y definitivos, nos ayudaría a satisfacer de mejor manera la calidad de vida de un sector de la población. Así mismo bajar niveles de contaminación en Santiago por polución y polvos en suspensión en invierno, como también el poder desarrollar nuevas tecnologías en edificaciones pre-armadas y antisísmicas que nos ayudaría como país a ser pioneros en la región en sistemas pre-armados.

La aplicación de estos elementos prefabricados a la construcción y además agregando la filosofía Lean, específicamente con el Lean Construction, de manera que idear un modelo de gestión y reducción de pérdidas es para incrementar las ganancias no tanto monetarias, si no en el tiempo y en la calidad de los trabajos. Evitando tener sobre costos por rehacer partidas que, por una mala gestión, planificación, mal control y/o malas prácticas se tenga que volver a hacer, y que al tener un elemento prefabricado y certificado uno despreocupa, e invierte ese tiempo, y tal vez dinero, en otra partida de forma mucho más eficiente.

Marco Investigativo:

El Lean Construction, o construcción sin pérdidas es una filosofía para la gestión de proyectos de construcción, que fue impulsada por el investigador finlandés Lauri Koskela. Puben agosto de 1992 basándose en el modelo en el empleado por la industria automotriz de los años 80, que para ese tiempo se llama “Lean Production” o producción sin pérdidas. Koskela propone que la construcción es un sistema de producción en donde los proyectos trabajan con una gran incertidumbre en la planificación y una mala concepción de la producción ya que es vista como un modelo de transformación (materiales a objetos). “*Las bases teóricas del Lean Construction propuestas por Koskela pretenden ver la producción en la construcción como un proceso de transformación, de flujo y generador de valor*” (AVANCES Investigación en Ingeniería Vol. 11 - No. 1 (2014) ISSN: 1794-4953) esto que quiere decir que el objetivo del Lean Construction es crear buenos sistemas de producción que permitan optimizar, reducir o eliminar las partidas, tareas, flujos o entradas para mejorar los tiempos de entrega.

Como consecuencia de esta filosofía los investigadores Glenn Ballard y Greg Howell crearon una herramienta llamada Last Planner o Sistema del Último Planificador con el objetivo de mejorar los procesos de planificación dentro de una obra proponiendo la renovación del concepto de planificación en una obra tradicional.

SOLO USO ACADÉMICO

Capítulo 2: Que es el *Lean Construction*, y su aplicación en la industria de la construcción.

2.1.0. ¿LEAN qué?

¿Qué es el Lean Construction?, es una construcción sin perdidas, sin desperdicios, sin esperas, sin demoras, tratando de minimizar al máximo lo que es el desperdicio. Por eso se le dice “Construcción sin perdidas”, porque las pérdidas o las demoras en la construcción son factores directos en el éxito o el fracaso de un proyecto, ya que la cuantificación de estas durante el periodo de ejecución siempre es alta.

La construcción tradicionalmente se sitúa como una de las industrias con peores desempeños en términos del uso de recursos, confiabilidad en los plazos de entrega, control de calidad, seguridad laboral y de contaminación. Son varios los factores que pueden explicar estas falencias, como por ejemplo el trabajo en obra, el lugar de emplazamiento limitado, la poca especialización de la mano de obra y la gran cantidad de participantes y disciplinas involucradas en un proyecto, que constituyen equipos de trabajo de naturaleza temporal. Estos factores hacen la gestión de una construcción un verdadero arte, cuyas principales responsabilidades son la planificación, el seguimiento y el control de los proyectos.

El desarrollo de nuevas herramientas de apoyo a la gestión y eficiencia de los procesos constituye, por tanto, una actividad fundamental para el desarrollo de la industria de la construcción. Dichas herramientas de gestión abordan principalmente las pérdidas productivas de la construcción, llámese tiempos productivos, materiales, dinero, y se enfocan en problemas como la calidad del trabajo, confiabilidad en los plazos de entrega, y el aprovechamiento de los recursos. El problema es que al entender cada una por separada nos da una perspectiva anticuada de la producción y no se aprecia como un flujo o secuencia de procesos, ya que esta secuencia recibe materias primas y a través de una serie de procesos de transformación, produce productos que deben satisfacer las necesidades y requerimientos de sus clientes, lo que se conoce como cadena de valor.

Este análisis del sistema de producción con el ojo puesto en el flujo de producción en vez de la optimización parcial de sólo algunos aspectos, tiene origen en la industria automotriz japonesa, donde el ingeniero de Toyota Motors, Taiichi Ohno considerado el padre del sistema de producción de Toyota, ideó lo que hoy en el mundo entero se conoce como el Sistema de Producción sin Pérdidas (Lean Production, o Lean Manufacturing) a fines de los años 80'. Cuya filosofía tiene 2 conceptos básicos, el “Jidoka” y el “Just-in-time”.

Jidoka: hace referencia a la capacidad de detención del equipo al detectarse un problema. Así se evitan productos defectuosos.

Por otra parte, el “Just-in-time” se refiere a la mejora de la productividad, haciendo solo lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad necesaria.

Esta filosofía de producción buscaba **eliminar las pérdidas productivas**, es decir, **todo aquello que no agrega valor al producto, pero que consume recursos y tiempo**. Algunos ejemplos son las esperas, los defectos en productos, el almacenamiento en inventarios, o el movimiento innecesario de materiales y trabajadores por la fábrica (o el sitio de la construcción). Todo se enfoca al sistema de producción (el flujo de procesos) dejando a un lado el foco de producir por especialidad, sino que se enfoca en la productividad del trabajador o de la producción masiva (realizada por máquinas, como los elementos prefabricados)

El Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) usa los criterios del diseño del Lean Production y persigue ese estándar de perfección. Es por esto que para el manejo de un proyecto de construcción bajo la filosofía LEAN significa:

- I. Tener un set de objetivos claros para el desarrollo del proyecto. Esto se logra trabajando y entendiendo los requerimientos del cliente/mandante.
- II. Enfocarse en maximizar el desempeño para el cliente a nivel proyecto. Poder obtener los rendimientos esperados y estimados según programación de la obra y carta gantt.
- III. Diseñar en forma simultánea tanto el producto como el proceso. Punto clave al momento de evitar tiempos muertos, y así dar continuidad a la tarea.
- IV. Aplicar controles de producción a lo largo del ciclo de vida del proyecto. **Siempre hay que buscar la mejora continua.**

En términos más prácticos la forma de transformar la construcción en un proceso “Lean” significa en primer lugar, incorporar en la construcción el aprendizaje adquirido por décadas en la industria manufacturera moderna y minimizar las peculiaridades propias de la construcción (malas prácticas en procesos de edificación) y así sacar mas provecho de las técnicas LEAN, que mezcladas con otras herramientas como son el “*Value Stream Mapping*” (Técnica gráfica que permite visualizar todo un proceso y detalla y explica completamente un flujo tanto de información como de materiales necesarios para un producto llegue al cliente, o a la partida en cuestión), pueden ayudar a reducir los tiempos muertos o movimientos innecesarios por la obra, ya que al ser diseñados y plasmados en un flujo se puede revisar la cadena que tiene que seguir el material/tarea para poder ser entregado/completado. Esto produce que cualquier involucrado en el proceso productivo está consciente de lo que sucedió, de lo que sucede y de lo que va a suceder, esto porque ya fue preparado y estudiado el método de trabajo para esa cadena de suministros

2.1.1. Siguiete nivel, Lean Construcction.

La filosofía Lean Construction, es una filosofía orientada a la administración de la producción en la construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas), que se reduce en una construcción sin esperas y sin perdidas innecesarias.

El Lean Construction, según el Lean Construction Institute (ILC), es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que, si lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Llámese residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. (Hernán Porrás Díaz, Rivera, & Guerrero, 2014)

El Lean Construction “el cual produjo una revolución en el diseño y producción industrial en el siglo XX, ha cambiado la forma de construir los proyectos. El enfoque maximiza el valor y minimiza las pérdidas de los proyectos, mediante la aplicación de técnicas conducentes al incremento de la productividad de los procesos de construcción.”. (LCE, s.f.)

Con esta metodología, el proceso de construcción y de operación del proyecto se diseña de manera conjunta. Además, tanto la planeación como el sistema de control son procesos que se miden para poder mejorar.

Esto nos dice que hasta ahora el Lean Construction tiene algunos puntos a tener en consideración cuando se implementa:

- Los procesos de construcción y operación del proyecto que se quiere edificar deben ser diseñados conjuntamente para satisfacer las necesidades del cliente.
- El trabajo del proyecto se estructura sobre los procesos, con el objetivo de maximizar el valor y reducir las pérdidas en el desarrollo de actividades de construcción.
- El desempeño de la planeación y el sistema de control deben ser medidos y estudiados en busca de la mejora continua.

La idea básica del Lean Construcción es reducir al máximo el tiempo invertido en actividades productivas que no le agregan valor al producto final, es decir, reducir las pérdidas en las actividades de construcción. Pero **¿a que se le llama pérdida?**, es simplemente al tiempo dedicado por un individuo a actividades que el cliente del proyecto no está dispuesto a pagar. Ejemplos comunes de perdidas en actividades constructivas son:

- *Esperas por falta de equipos, herramientas, o materiales*
- *Esperas debido a actividades previas que no se han terminado, o están mal hechas y hay que rehacerlas.*
- *Esperas por falta de una instrucción para realizar el trabajo.*
- *Tiempos ociosos debido a la actitud del trabajador, o sobre población en el sitio de trabajo.*
- *Desplazamientos innecesarios debido a falta de recursos e inadecuada planeación del sitio de trabajo.*
- *Rehacer trabajos que no cumplen con las especificaciones y/o cambios en los diseños.*

2.1.2 Tipos de pérdida

Según el manual “Lean Construction: Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción”. Se pueden identificar varios tipos de pérdida.

Tipos de pérdida	Definición
 > ESPERA	Interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad.
 > DEFECTOS	Actividad que requiere retrabajo por errores u omisiones.
 > MOVIMIENTO	Desplazamiento innecesario del personal o maquinaria durante su trabajo
 > TRANSPORTE	Movimientos innecesarios en obra de personas, equipos o materiales desde un proceso a otro. Esto puede incluir trabajo administrativo, así como actividades físicas

 <p>> SOBRE PROCESAMIENTO</p>	<p>Movimientos innecesarios en obra de personas, equipos o materiales desde un proceso a otro. Esto puede incluir trabajo administrativo, así como actividades físicas</p>
 <p>> INVENTARIO</p>	<p>Cantidad de materiales que va por sobre la necesidad inmediata. Además de materiales puede incluir trabajo en proceso y productos terminados</p>
 <p>> TALENTO</p>	<p>Desaprovechar el potencial de las personas en la organización</p>
 <p>> SOBRE PRODUCCIÓN</p>	<p>Ejecutar una actividad antes de que sea realmente necesaria.</p>
 <p>> HACER POR HACER</p>	<p>Improvisación por parte del personal. Es decir, la ejecución de una tarea continúa, aunque los elementos necesarios no estén disponibles.</p>

Tabla 1 - Tipos de pérdidas

2.1.3 La idea

Hoy en día la construcción en nuestro país todavía sigue siendo muy básica, conociendo los diferentes tipos de materiales y sistemas constructivos, se siguen utilizando los mismos métodos de construcción, los estándares han subido, pero se siguen utilizando los mismos procesos para poder edificar en Chile. Por esto, en algunas partes del país, empresas con un mayor poder económico han sido las impulsoras de modelos constructivos más pioneros, modernizados, y de una gran calidad, al momento de controlarla. El problema de estos modelos es que no siempre terminan siendo económicos, o rentables, ya que la misma falta de mano de obra calificada, o la poca capacitación dentro de las empresas, incluso siendo a veces el mismo proyecto un limitante para poder aplicar estos sistemas nuevos, provocando tomas de decisiones correctivas para construir con el método tradicional.

Dentro de los métodos que hoy el mercado posee, existe una alternativa más accesible que otra y que pretende ganar tiempo en diferentes partidas dentro de una obra, según se solicite y el tipo de proyecto esto siempre tendrá un costo superior que el sistema tradicional, pero que a un largo plazo, al momento de ver el gasto total de la obra se identificará que la partida se terminó mucho antes de lo planificado, que existió una menor cantidad de pérdida, o merma de material, y que influyó en el avance de la partida que la proseguía.

Este sistema que se propone es la utilización de elementos prefabricados, llámense vigas laminadas, vigas pre y post tensadas, losas, o muros prefabricados, como también, baños modulados, habitaciones prefabricadas, casas pre armadas, y si un sinfín de elementos que se pueden “llevar e instalar” en una obra de edificación.

Actualmente este tipo de sistema constructivo (la prefabricación de elementos), al utilizarlo con la filosofía Lean Construction, el Just in time (JIT), el mejoramiento continuo, la producción sin pérdidas (Lean Production) entre algunas herramientas, provocan que en la industria de la construcción se vean reducciones del 50% en el esfuerzo humano, del 50% en la reducción de espacio de plantas, el 50% en inversiones de herramientas, del 50% en horas de producción, y en 50% de reducción en el plazo del desarrollo, ya que son elementos que pueden ser solicitados, para luego en obra terminar siendo instalados en un par de horas.

Por esto la implementación de esta filosofía y en lo posible de otras herramientas de gestión, nos darán un modelo de reducción de pérdidas en base a la prefabricación de elementos y así eliminar los tiempos no productivos, y aumentar las actividades que agregan valor en una construcción.

2.2.0 – ¿Y cómo se aplica, quienes participan en esto?

2.2.1 Iniciando la filosofía Lean Construction

El lean Construction incorpora nuevos principios que cambian el marco conceptual de la administración, del mejoramiento de la productividad y enfoca todos los esfuerzos a la estabilidad del flujo de trabajo. Mediante este enfoque se han desarrollado variadas herramientas que producirán reducir las pérdidas a través del proceso productivo. Una de estas herramientas de planificación y control fue diseñada por Ballard y Howel y es el sistema denominado “Last Planner System”. Sistema que presenta y propone cambios fundamentales en la manera de como los proyectos son planificados y controlados, ya que incluye la definición de unidades de producción y el control de flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones tiempo, lo cual incrementa la productividad.

Recordemos que el significado de “perdida” que se propone al momento de hablar de Lean Construction se refiere como *el tiempo dedicado por un individuo a actividades que el cliente del proyecto no está dispuesto a pagar*, es por esto que la aplicación de la filosofía actualmente se ha extendido a todas las etapas de un proyecto de construcción, desde el estudio de las propuestas o la planeación hasta la puesta en obra o la recepción municipal.

Es por esto que el proceso de implementación del sistema se realiza haciendo un diagnóstico detallado de la situación del proyecto y para ello se realiza un “plan de medición de pérdidas”

Actualmente el *Lean Construction Institute* nos dice que para la implementación del Lean Construction en nuestro proyecto, debemos desarrollar el proceso de la siguiente imagen.

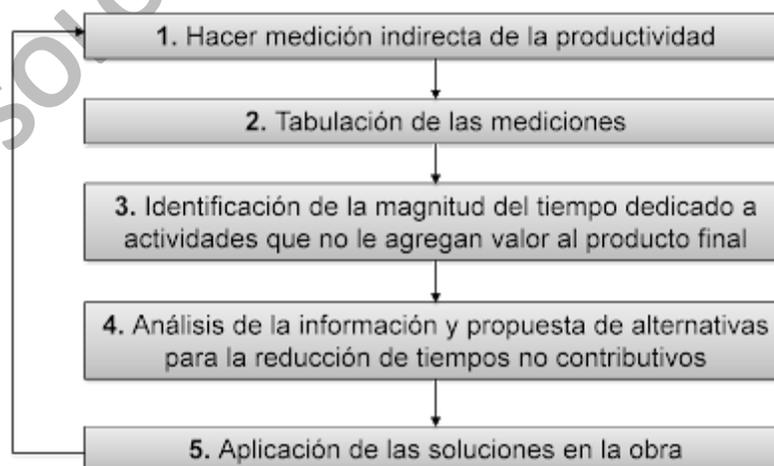


Figura 1 - Plan para medición de pérdidas

Este plan cuenta con 5 pasos que se definen de la siguiente manera:

Paso 1: Se realiza un diagnóstico de la productividad de las actividades que existen en la construcción de la obra, (Las partidas que existan según el itemizado). En este paso se cuantifica el tiempo que agrega valor la actividad en la construcción y el tiempo dedicado a pérdidas en la partida a evaluar, para realizar la medición se puede realizar la “*prueba de los 5 min*”.

Paso 2: La información obtenida en el paso 1 se debe registrar y tabular. A partir de la tabulación se obtienen estadísticas sobre las pérdidas en cada uno de los procesos constructivos.

Paso 3: Identificar la magnitud de las pérdidas.

Paso 4: Analizar la información y estadísticas obtenidas. En este paso es bueno realizar una reunión con el equipo de planeación de la obra y determinar las estrategias para reducir las pérdidas en las actividades en cuestión.

Paso 5: Las estrategias que se determinaron en el paso anterior se aplican directamente en la obra, y una vez aplicadas las mejoras o acciones correctivas, se debe realizar una nueva medición para establecer la efectividad de las estrategias, cuantificar la mejora y nuevamente iniciar el paso 1 hasta obtener una eliminación total de las pérdidas.

2.2.2 – Prueba de los 5 minutos.

¿Cómo se puede medir el tiempo que se utiliza en una actividad que agrega valor?

- Con la prueba de los 5 minutos.

La prueba de los 5 minutos permite una cuantificación de las pérdidas de las actividades en la construcción. Además, se puede identificar los tres tiempos característicos de toda actividad en la construcción. Tiempos productivos (aquellos que le agregan valor a la actividad), tiempos contributivos (contribuyen a que se agregue valor) y no contributivos (pérdidas).

La prueba se realiza de la siguiente forma:

- El objetivo de la prueba es durante 5 minutos, tomar el tiempo dedicado por un trabajador a realizar alguna actividad productiva, contributiva, o no contributiva.
- Esta medición se realiza con un cronometro y una planilla con un formato para registrar la medición.
- La toma de la medición debe realizarse de forma aleatoria.

Fecha: Marzo 15 de 2018		Hora: 9:00 am
Actividad: Pegado de ladrillos		Oficio: Albañil
Tiempo Productivo	120 segundos	Obs: Pegando ladrillos
Tiempo Contributivo	130 segundos	Obs. Preparando mortero
Tiempo no contributivo	50 segundos	Obs: Conversando
Comentario: En el momento de la medición estaba cayendo una ligera lluvia.		

Figura 2 - Formato de medición de tiempos en la "prueba de los 5 minutos"

Para este ejemplo de la figura 2, se ha registrado para la actividad “Pegado de ladrillos” los tiempos productivos, contributivos y no contributivos. Esta muestra que, en un tiempo de 5 minutos, se observó al trabajador, de oficio albañil, que dedicó 120 segundos (40% del total del tiempo) a pegar ladrillos, 130 segundos (43%) a preparar el mortero y 50 segundos (17%) a conversar con un compañero. Además, quedó registro que el día de medición estaba cayendo una ligera lluvia sobre el lugar de trabajo. Y son estos comentarios los que se deben tener en cuenta para poder mejorar las condiciones bajo las que se deben hacer las mejoras de los procesos de construcción.

Observación: con un solo registro de esta prueba no es suficiente para analizar y tomar decisiones de cómo reducir las pérdidas de una actividad en la construcción. Se den realizar a lo menos unas 50 mediciones para calcular los promedios y desviaciones estándar de los tiempos medidos y a partir de estos datos poder tomar decisiones de mejora, ya que, a mayor cantidad de mediciones, las estadísticas reflejarán con mayor razón la situación real de la actividad.

NOTA: No es suficiente con cuantificar los tiempos productivos o de pérdida, es necesario analizar cuáles son las frecuencias de las causas de estos tiempos.

De todas maneras, existen varios inconvenientes en el desarrollo de las mediciones en la construcción.

- El carácter único de cada proyecto, mientras más complejo es un proyecto más difícil es comparar los resultados con los obtenidos en otros proyectos (índices de productividad, rendimientos, etc.)
- La dificultad de tomar datos en terreno
- La variación en las definiciones y los procedimientos de la toma de datos.
- La poca capacitación del personal de supervisión en terreno y de los obreros.

Capítulo 3 Los prefabricados y sus usos.

3.1 Concepto de “Prefabricación”

“La prefabricación es un sistema de construcción basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que se llevan a su disposición definitiva para montar la edificación tras una fase de montaje simple, precisa y no laboriosa.”

En efecto, cuando un edificio es prefabricado, las actividades previas que se realizan son la preparación del terreno, los cimientos y el montaje, pero no la elaboración. Se entiende que una buena forma de reconocer el grado de prefabricación de un edificio es la de valorar o cuantificar la cantidad de residuos generados en la obra; cuando mayor es la cantidad de escombros y suciedad, menor es el índice de prefabricación que presenta la obra u construcción.

Actualmente el término *prefabricación* sigue teniendo una connotación despectiva, lo cual ya adelantaba el diseñador y arquitecto autodidacta **Jean Prouvé**, cuando decía que “*lo que se califica como prefabricado acaba asimilándose a un edificio provisional*”. Sin embargo, hoy en día la prefabricación se asocia a un aumento de calidad, reducción de desechos, perfeccionamiento y seguridad.



Ilustración 1 - Jean Prouvé - París, 8 de abril de 1901 – Nancy, 23 de marzo de 1984

3.1.1 La prefabricación en la historia.

No llama la atención que, al indagar por la historia, ya en tiempos del feudalismo, se habían diseñado elementos prefabricados. En el siglo XVI durante la guerra entre franceses e ingleses, el ejército de Francisco I y Enrique II planificaron batallas contra Inglaterra construyendo pabellones de madera prefabricados que albergarían a sus soldados durante la ofensiva. Transportados fácilmente por barco, se montaban y desmontaban rápidamente por los propios soldados, de tal forma que sus campamentos fueran, además de resistentes y confortables, ágiles en sus desplazamientos. Otro ejemplo siguiendo una técnica muy similar, en 1578 en la isla de Baffin (Canadá) se levantó una casa prefabricada de madera que había sido construida en Inglaterra. Asimismo, en 1624, la “Great House”, una casa de madera panelizada y modular, construida por Edward Winslow en Inglaterra, fue trasladada y montada en Massachusetts.

Si bien estos ejemplos no se pueden considerar como construcciones prefabricadas en estado puro por que la construcción de los elementos no fue en serie, si no que fueron diseñados para edificaciones singulares y específicas, si se aprecia un valioso cambio en la mentalidad y el tipo de construcción para esa época, sin mencionar además que el tiempo y la movilidad ya eran un factor importante en esa época.

Sin embargo, no sería hasta dos siglos después, en el XVIII, con la llegada de la revolución industrial, donde se comenzó a idealizar la posibilidad de industrializar la construcción, en Europa, mediante la construcción de puentes y cubiertas con hierro fundido, después al paso de pilares y vigas para edificios; y al mismo tiempo, en otra parte del mundo, Estados Unidos, mediante la construcción de edificios de tipología Balloon Frame¹, contruidos por listones de madera provenientes de fábrica y ensamblados por medio de clavos fabricados industrialmente.



Ilustración 2 - Tipología Balloon Frame

Habría que esperar fines del siglo XIX para que se redescubriera el uso del hormigón, que aplicando entramados de alambres conformaría un material ideal para realizar prefabricados, tanto así que en 1891 se prefabricarían las primeras vigas de hormigón armado para la construcción del Casino Biarritz, Francia.



Ilustración 3 - Sala de Banquetes en el Hôtel du Palais, en el Casino Biarritz - Francia

3.1.2 Tipos de prefabricados en la construcción.

Actualmente cuando se habla de construcción prefabricada, se puede mencionar algunas variantes. La primera es la posibilidad de construir con diferentes elementos que ya vengan contruidos desde una fábrica, y que el conjunto de estos, más otros que se realizarán in situ nos da como resultado la ejecución de una edificación u otro proyecto solicitado. Por ejemplo, vigas prefabricadas para losas en edificaciones en altura, tabiques prefabricados para separar habitaciones, así también vigas o cerchas de madera laminada entre otros.

Como también existe la posibilidad de solicitar a una fábrica módulos que ya conforman una habitación, una cocina, o un baño y que se instalan dentro de una edificación que puede o no estar construyéndose de forma tradicional. Esto produce que la persona que este construyendo pueda solicitar un producto prediseñado, como también personalizado, para incorporarlo a la edificación existente o a una nueva, siendo esta última, una forma de ahorrar tiempo al momento de tener una partida repetida y atrasada en su ejecución, un ejemplo de esto puede ser un baño dentro de un edificio de departamentos.

.Cualquiera sea el caso, de las dos maneras se está economizando al momento de industrializar la partida en cuestión, por esto hay dejar en evidencia cuales son las formas y los métodos en los que se puede abordar la prefabricación dentro de una edificación.

3.1.3 Materiales prefabricados

En la actualidad se han realizado varias construcciones con elementos prefabricados, tanto en madera, hormigón y acero.

I. Madera:

- **Vigas Laminadas:** Unión de tablas a través de sus cantos, caras y extremos, con su fibra en la misma dirección, conformando un elemento no limitado en escuadría ni en largo y que funciona como una sola unidad estructural.

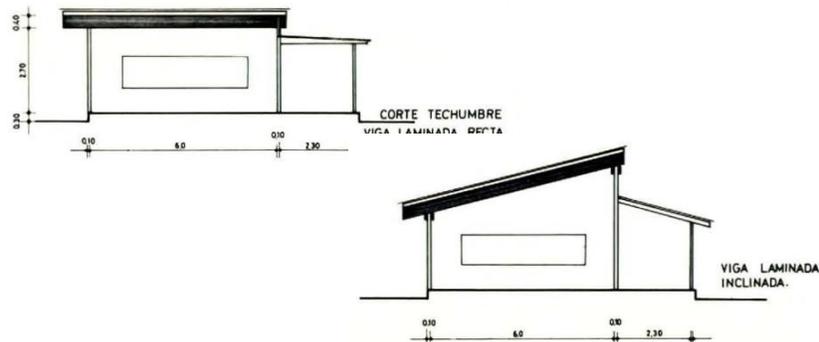


Ilustración 4 - Cortes techumbres y vigas laminadas

- **Vigas mixtas:** Son piezas estructurales de sección compuesta con unas cabezas o alas de madera o materiales derivados de la madera y un alma de tablero derivado de la madera o el acero.

Las vigas mixtas de prefabricadas en madera son elementos **ligeros** que permiten un montaje muy rápido, sencillo y con medios de elevación ligeros y manuales. Su alma abierta y perforada permite el paso de conducciones de distribución de agua y electricidad. La **longitud** de estas puede llegar a los 18 o 20 m, todo dependerá del cálculo estructural y de las cargas que tengan que soportar.

Se pueden fabricar con diferentes tipos de madera, desde la madera aserrada estructural, madera laminada encolada o micro laminada en el caso de las alas de la viga, y para el alma, se pueden utilizar tableros de virutas de madera, tableros contrachapados, tableros de fibras estructurales, elementos de acero galvanizado, chapas plegadas de acero galvanizado, entre varios.

Su uso puede ir desde lo arquitectónico hasta lo estructural, en diferentes tipos de viviendas, sobre todo en las viviendas prefabricadas de madera.

// un proveedor del sistema www.lpchile.cl-ficha2 técnica



Ilustración 5 - Vigas mixtas



Ilustración 6 – Entramado de vigas mixtas



Ilustración 7 – entramado de vigas mixtas pt2

- **Sistema de panel SIP (Structural Insulated Panels)**

Se trata de un **panel prefabricado**, conformado por dos planchas de OSB (Orriested Standar Board) con alma de espuma rígida de poliestireno de alta densidad (EPS). Se utilizan, fundamentalmente, para generar elementos modulares, tales como muros o revestimientos, su uso abarca mas del 70% del mercado de la construcción en madera en Chile.

Una de sus principales **ventajas** es que demanda un menor tiempo de construcción en comparación con otros materiales, pues los paneles vienen listos para el montaje. Por esta misma razón, tanto la mano de obra como la complejidad de la labor también se ven reducidas, lo que puede significar una baja en los costos generales de ejecución. Otra ventaja es que permite llevar a cabo una obra limpia, **sin pérdidas** ni desechos.

Una de sus limitaciones, o uno de los puntos a tener en consideración, es el hecho que los paneles de OSB tienen que ser tratados con algún tipo de revestimiento ignífugo para que el sistema responda de forma optima frente a una condición de fuego.

- **Sistema Cross Laminated Timber (CLT)**

A diferencia del panel SIP, el CLT pertenece al grupo de los paneles de madera sólida, o mass timber. El CLT es un sistema constructivo que se ha ido desarrollando hasta el día de hoy, surgió por primera vez en Austria y Alemania en los años 90' y en el 2000 comenzó a extenderse por Europa. Hoy en día existen empresas manufactureras en Estados Unidos y Canadá que ya están fabricándolo, aunque aún en una versión experimental.

Entre sus virtudes destacan su alto nivel de prefabricación, la rapidez con la que permite trabajar especialmente en edificaciones entre 5 y 7 pisos, buena aislación térmica y acústica y no menor, un excelente comportamiento contra el fuego además de tener una gran estabilidad dimensional.

Los paneles de madera contra laminada (CLT) se componen de 3 a 7 capas de madera adherida o pegada, cada una de las cuales se orienta en Angulo recto respecto a la beta de la lamina anterior. Las dimensiones varían según el fabricante y se pueden personalizar en tamaños y formas. Aunque la longitud está limitada generalmente por el transporte de esta.

Actualmente se conocen algunos edificios con este sistema alrededor del mundo, por ejemplo, el Stadthaus en Londres. En Chile la norma que regula su uso está recién en fase de estudio, para impulsar su desarrollo, se

propusieron proyectos con la Cámara Chilena de la Construcción, como mandante, y apoyo del ministerio de vivienda

Para motivar su desarrollo la profesora Paula González, y especialista en ingeniería estructural e ingeniería sísmica, señala “Para edificios el mejor sistema es el contra laminado (CLT) y para no cambiar mucho el esquema, por que estamos acostumbrados a diseñar muros de hormigón armado, que se asemeja estructuralmente”



Ilustración 8 - Construcción del edificio Stadthaus en Londres.



Ilustración 9 - Edificio Stadthaus en su etapa de terminaciones

II. **Hormigón:** El elemento prefabricado de hormigón es una pieza fabricada en una planta de producción, dicho elemento es el resultado de un proceso industrial realizado bajo un sistema de control de producción definido.

- **Cerramientos.** Es el límite, la transición entre lo público y privado. Es una pantalla de información para el exterior. Pueden ser verticales como transversales, modulares y prefabricados.



Ilustración 10 - tipos de cerramientos

- **Cimentaciones.** Las que son prefabricadas, son aquellas que primero son preparadas en un modelo estándar y que después se terminan de completar en la edificación. Existen desde pilotes, vigas de fundación o amarre y zapatas aisladas.



Ilustración 11 – Cimientos prefabricados

- **Elementos lineales (vigas, columnas, porticos)**
- **Mobiliario urbano:** Es uno de los máximos exponentes de los elementos prefabricados de hormigón, ya que consigue dar un diseño innovador y una belleza estética al entorno donde se instale, sin mencionar que son duraderos y con bajos costos de mantención.



Ilustración 12 - Mobiliario urbano prefabricado

- **Elementos para obra civil (puentes, dovelas, marcos, muros de contención, etc.).** Son todos los productos prefabricados de hormigón destinados a obra civil, llámese obra civil a aquellas construcciones realizadas para el transporte y paso de vehículos, mercancías y/o personas, tales como carreteras, puentes o pasarelas, túneles, ferrocarriles, u otras infraestructuras como construcciones para la contención de tierra.



Ilustración 13 - Vigas para obras civiles

- **Tuberías y canalizaciones.** Para conducciones sin presión, cuyo uso principal es la evacuación de aguas pluviales en calles y carreteras u otras vías, como para la evacuación de aguas fecales en redes de saneamiento. Pueden ser tanto cilíndricas como ovoides, pero siempre con juntas elásticas. Cuando hablamos de canalizaciones, podemos encontrar desde marcos polivalentes, galerías, canales, pórticos, canales, pozos y sistemas de saneamiento más complejos.



Ilustración 14 - tuberías y canalizaciones prefabricadas - Fuente: borondo.es

- **Pavimentación.** Los pavimentos de nuestro país son de hormigón o de asfalto, y se construyen en el mismo lugar de instalación. Incluso, es visto que, en los meses de verano, cuando la mayoría de las personas está de vacaciones, las municipalidades aprovechen de repavimentar o reparar sus vías. Sin embargo, los tiempos han cambiado y las tecnologías también.

Hoy en día existe un tipo de pavimento prefabricado de hormigón, pavimento que es construido antes de ser colocados en su lugar de instalación y que han tenido tiempo suficiente para que el material alcance las resistencias esperadas antes de soportar el tráfico, es decir es una solución que llega lista al lugar donde se requieren y con altos estándares de resistencia y calidad.

No solo existen pavimentos prefabricados tipo losas, sino también existen adoquines de hormigón tipo UNI, o rectos, como también celosías para césped (pavicesped).



Ilustración 15 - instalación de losa para pavimento de alto tránsito y adoquines prefabricados

- **Edificación modular.** También llamada construcción en 3D o edificación integral industrializada, permite aprovechar al máximo las ventajas de prefabricar el hormigón en planta. La prefabricación permite la construcción de módulos compuestos por varias unidades constructivas que llegan a obra ya terminadas y cuya gestión en obra se limita básicamente al ensamblaje de estos.



Ilustración 16 – instalación muro perimetral de una bodega

- **Otras soluciones específicas** (postes eléctricos, depósitos, escaleras etc.). Todo tipo de elemento prefabricado en hormigón que pueda ser dispuesta su colocación según las necesidades del cliente.



Ilustración 17 - Escalera prefabricada en hormigón

III. **Acero.** El acero es un metal ligero y flexible que es inherentemente fuerte. Estas características físicas representan la durabilidad a largo plazo de los edificios prefabricados en acero.

- Steel Framing. más conocido por la empresa CINTAC como METALCON®, es un sistema constructivo de acero prefabricado, que trabaja a partir de perfiles de acero estructural galvanizado ligero, esto permite ejecutar obras como viviendas, ampliaciones, techumbres, cerramientos exteriores entre otros de una forma más eficiente.

Permite una gran flexibilidad a la hora de diseñar un proyecto, ya que ofrece variadas posibilidades que un sistema tradicional no, y por supuesto con todo tipo de decoración o revestimiento de superficie que requiera el cliente



Ilustración 18 - Vivienda completamente edificada con METALCON®

- **Enfierradura prefabricada.** Esta modalidad se utiliza cuando los espacios dentro de una obra son reducidos y limitados, lo que con lleva que la fabricación y el armado de pilares, fundaciones, vigas y otros elementos tengan que ser confeccionados fuera de la obra, para solamente ser instalados. Esto significa que no se compra fierro en punta si no que solo llega para ser instalado.



Ilustración 19 - enfierradura de un pilar

Proporciona rapidez por no tener que estar cortando, doblando y armando in situ, mientras se trabaja en obras partidas, pero si un mayor costo en su movilización e instalación en obra, como también si existiera alguna modificación en el plano de estructuras.



Ilustración 20 - Viga pre armada

Capítulo 4: Desarrollo de la investigación "Definición del modelo de gestión y reducción de pérdidas y el cómo implementarlo"

4.1 El comienzo

El control es la función encargada de nivelar la toma de decisiones en una empresa constructora, a lo largo de periodo de ejecución de una obra a través de la identificación de los **desvíos** ocurridos en relación con la planificación original. El control puede ser realizado en tres dimensiones: físico, económico y financiero (Macacho, 2003, Araujo y Meira 1998). (Rosa, 2007).

En la industria de la construcción, existen diferencias entre los parámetros de gestión, con respecto a los modelos de planificación. La planificación Táctica incide en las políticas organizacionales y productivas de plazo (nivel táctico). La planificación Operacional a través de las Órdenes de compra, Órdenes de producción y Órdenes para servicios a terceros, está dirigido para acciones a corto plazo (Nivel operacional)

Cualquiera que sea el tipo de planificación, ésta va a recaer en los recursos. Cuando el recurso que tenemos es limitado en cantidad, pero es reutilizado en periodos diferentes, los recursos se llaman Renovables (Ej.: Mano de obra). Por otro lado, cuando el recurso es limitado, no habiendo reutilización en un periodo posterior se dicen no-renovables (Ej.: Materiales). De este modo se identifican cuatro tipos elementales de recursos (Ichihara, 1998).

- (1) **Materiales:** Teniendo en cuenta que los edificios están físicamente bien definidos, las necesidades de materiales no cambian en función de alteraciones de plazos o de reprogramaciones de los periodos de actividades. Los recursos invertidos en ellos no cambian en función al tiempo de ejecución, poseyendo cantidades y costos directos de aplicación fija y definida. La variación en el uso de esos recursos ocurre debido a problemas de **desperdicios o ausencia de calidad** en los procesos en que están comprometidos, como por ejemplo la adquisición, el transporte, la preparación y la aplicación.
- (2) **Recursos humanos:** Son los componentes más complejos de cualquier actividad. Diversos factores deben ser considerados: la legislación, la ética, la ergonomía, la psicología y la instrucción, entre otros. Su gestión tiene como objetivo dimensionar las necesidades profesionales para la perfecta ejecución de la obra, reduciendo sobrecargas de trabajo y distribuyendo, lo más uniformemente posible, los perfiles de búsqueda de trabajo (Caldas,1990.) Es esencial que durante la planificación se contemplen las siguientes:

- Densidad de trabajadores: No es aconsejable tener grandes concentraciones de profesionales (maestros) en periodos aislados;
 - Rotación: La rotación de los recursos humanos interfiere en la calidad, en la productividad y en la capacidad de realización y de formación este, elevando los costos;
 - Repetición: El agrupamiento de funciones similares y la repetición de actividades (no puramente mecánicas) aumenta la calidad y la productividad;
 - Productividad: La productividad y el dominio sobre las operaciones de las actividades aumentan a lo largo del tiempo. Se “profesionaliza la mano de obra”.
 - Recursos humanos: Deben ser clasificados como renovables. Su cantidad es limitada, pero siempre está nuevamente disponible al periodo siguiente de trabajo.
- (3) **Equipamientos y herramientas:** Su necesidad es definida por el tipo de trabajo a ser realizado, por la tecnología disponible, por el volumen de trabajo, por el plazo contractual y por las condiciones físicas del terreno el lugar a usar. Sus costos son variables en función del tiempo, siendo que en su distribución deben considerarse los recursos monetarios y su durabilidad.
- (4) **Instalaciones:** En general son los locales, o lugares de trabajo donde se realizan las actividades (de apoyo, de preparación de material, la de verificación y adquisición). El costo de las instalaciones no varía según el tipo de actividad, ya que cambia en función del tiempo o periodo de uso.

Si lo llevamos al día a día quien tiene que ejercer el control, es el administrador del contrato, quien aplica el control, planifica, administra los recursos y gestiona, en gran parte, conflictos. *Los conflictos muchas veces tienen que ser jerarquizados y resueltos con autoridad y responsabilidad. El administrador tiene que reunir características de competencia, de moderación y de capacidad de planear.* (Roldão, 2005).

Es por esto que, en obras pequeñas, la planificación preobra y las variaciones de la planificación tienen que ser rápidas y precisas. La planificación debe ser ejecutada abreviando el mayor numero de pasos comunes, sin descuidar conclusiones u resoluciones esenciales al desarrollo de la planificación. En obras con presupuestos controlados es esencial no desprender de recursos en actividades que no traigan beneficios inmediatos.

De este modo, es imprescindible que el emprendedor valore la fase de proyecto para que obtenga calidad. Un proyecto es una actividad finita y singular que posee objetivos definidos en función de un problema. Incluye algún grado de incerteza con relación a los resultados esperados, una relación cliente-proveedor y la necesidad de gestión específica. Sobre este punto de vista, las consideraciones del *Construction Industry Institute* (PMBOK,2000) sobre las fases iniciales de la obra y el estudio de viabilidad, indican que

“las decisiones tomadas en esas fases en un proyecto son las que tienen mayor capacidad de influenciar en el costo final”.

La importancia de las fases iniciales es destacada por Hammarlund y Josephson (1992), que desarrollaron un estudio que se presenta en la figura 3. Ellos explican que en las fases iniciales de una construcción en los directorios se presentan una gran hipótesis, la de *reducir los costos de fallos, con una pequeña inversión de recursos*. Por eso esta figura nos proporciona información que merece destacarse:

1. En el cambio de la fase de estudio de viabilidad, hacia la concepción de proyecto, se produjo una reducción drástica en la posibilidad de reducir los costos de fallos en la construcción, sean fallos, problemas de normativas en el estudio de viabilidad, por ejemplo.

2. En el cambio hacia la fase de construcción los costos de producción crecen abruptamente mientras que la hipótesis de reducir los costos de fallas en la edificación disminuye considerablemente.

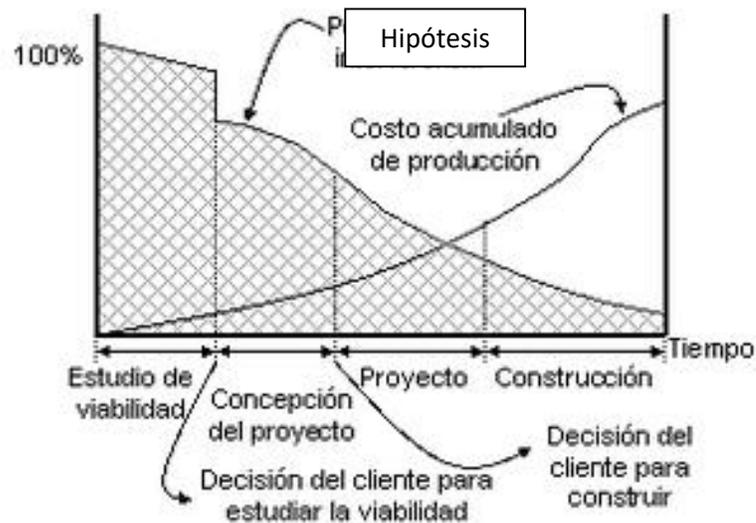


Tabla 2 - Interferencia de las fases de una obra en relación a la hipótesis de reducir el costo de fallas en la edificación. Rosa, 2007

La relevancia de la etapa de proyecto es demostrada por Souza et al. (1994): “*En la etapa de proyecto se concibe y se da el desarrollo del producto, lo que debe ser basado en la identificación de las necesidades de los clientes en términos de desempeño, costos y las condiciones a que será sometido el edificio.*” Visto el aspecto preponderante que el proyecto presenta en el proceso productivo, nótese que la calidad (en el proyecto) tiene que ser asegurada. Por tanto, la definición de las etapas del proceso de proyecto es fundamental. Es importante realzar que, dado que el costo aumenta en la medida que se avanza en el tiempo relativamente al proyecto, el modelo de planificación debe contemplar mecanismos para minimizar la probabilidad de existir desvíos y provocar costos añadidos.

La calidad de una construcción es entendida como la capacidad de satisfacer las exigencias de los respectivos utilizadores o clientes, en condiciones de uso para lo que ha sido previsto, y resulta de tres cualidades: de la planificación, del proyecto y de la ejecución de la obra. La no-calidad es muchas veces más importante en fases anteriores del proceso de construcción puesto que las consecuencias no sean inmediatamente visibles, siendo las formas más corrientes los accidentes que ocurren durante la fase de uso de la obra.

La planificación se debe focalizar esencialmente en el proyecto, o mejor dicho tiene que actuar en la construcción y en la planificación de los equipamientos. La actividad de Planificación y Control de los flujos productivos ha sufrido modificaciones a lo largo del tiempo, siendo necesario acompañar la evolución de los mercados cada vez más exigentes y complejos. *Es necesario tener una mayor flexibilidad en la planificación y control de los procesos, de forma a volver posible su adecuación a los requisitos de los clientes* (Alarcón y Mardones,1998)

Una alternativa a los procesos de planificación más comunes está basada en la filosofía Lean Construction (Bertelsen, 2004, Diekmann et al., 2004, Beary, 2005). **Esta filosofía tiene como objetivo maximizar el valor y disminuir el desperdicio.** Para eso se sugieren diferentes formas de proyectar, proveer y producir.

Esta forma de gestión deriva directamente de los modelos de Lean Production y se basa en seis pilares elementales de las filosofías Lean (Salem et al. 2005, Kenley, 2005): 1) Control; 2) Desempeño; 3) Desarrollo; 4) Valor; 5) Pull; 6) Descentralización. La tabla 3 y 4 muestra un resumen de los modelos basados en Lean Construction con su respectiva comparación de ventajas y desventajas

Modelos	Bases	Ventajas	Desventajas
Clásico	Objetivos Parciales fijos: Transformación de materiales en productos acabados; Identifica desvíos a la planificación y los corrige	Por ser un modelo elemental, puede ser aplicado fácilmente; sin embargo, es probable que se verifiquen bastantes ciclos de planificación aumentando consecuentemente los costos	No relaciona las variaciones con los recursos utilizados; las variaciones positivas no son registradas y las negativas solo son corregidas para no influenciar las etapas siguientes; perdidas de recursos, con necesidades de nuevas planificaciones; no tiene en consideración la complejidad e incerteza del medio ambiente
Proceso Productivo	Análisis de desvíos; Acciones correctivas en los procesos críticos; Alteraciones de procedimientos, cuando es necesario	Contempla proveedores y recursos; Es posible evaluar todo el proceso productivo	Es preciso tener informaciones sobre el desempeño en el pasado, para comprender la capacidad productiva.

Tabla 3 - Comparación de varios modelos de planificación. Pt 1

Modelos	Bases	Ventajas	Desventajas
Diagnóstico de la empresa	Políticas de gestión para la calidad total; Estimación de costos; identificación de los factores críticos de sucesos	Análisis de futuros proyectos, con mayor calidad, menores costos y tiempo; Enriquecimiento de los colaboradores en todos los niveles jerárquicos de la organización	Sin equipos atentos no es posible identificar correctamente los factores críticos de suceso y todo el desarrollo del modelo asienta en bases erradas
Secuencial	Evaluación de los intereses departamentales; Envolvimiento de los interventores en la evaluación de los sectores	Posible disminución de la mano de obra, menores costos y menor tiempo de ejecución	El éxito depende de la motivación desarrollo de los equipos
Ritmo de ejecución (Preplaning)	Cadencia o ritmo ejecutivo; Tasa de producción; todas las tareas son críticas	Acompañamiento diario control de mano de obra; Control del ritmo ejecutivo; Control diario del porcentaje de conclusión de actividades	Todas las actividades tienen que ser correctamente definidas; Al dimensionar en función de la conclusión de la tarea, es necesario considerar eventual redimensionamiento y evitar la mano de obra ociosa
Aparcerías	Resulta de la evaluación de lo que debe ser hecho y de lo que puede ser hecho	Planificaciones precisas y correctas Inter ligación entre la empresa de proyecto y de ejecución; Reunión con todos los profesionales implicados; Optimización del proyecto	Proveedores diferentes tienen objetivos diferentes que pueden afectar el funcionamiento de la obra; Dificultad de promover reuniones
Reducción de pérdidas	Optimizar el flujo productivo a través de la eliminación de actividades que no añaden valor al proceso	Verificación de equipamientos; Evaluación de la satisfacción del cliente; Acompañamiento y medida de las mejoras propuestas	Cuando no son fundamentadas, las mudanzas positivas dejan de ser practicadas para retomar la práctica anterior. Es necesaria una implicación elevada en los equipos para el buen funcionamiento de las actividades.

Tabla 4 - Comparación de varios modelos de planificación. Pt 2

4.2 El modelo

Un modelo de gestión es un referente para el manejo de la gestión integral de los procesos de una empresa constructora, es una alternativa extraordinaria que permite hacer realidad la estrategia impuesta desde el comienzo.

Tener un modelo de gestión estudiado como referencia, ayuda a no perderse en las partes, pues nos obliga a ordenar los diferentes conceptos y tener una visión global de todos los aspectos a conservar en la gestión empresarial y proporciona un progreso equilibrado en cada uno de ellos



Figura 3 - Pirámide estructural de una empresa

Nuestra filosofía: Lean Construction

Modelo de gestión: Modelo de reducción de pérdidas a través el uso de prefabricados.

Sistemas: SUP (LPM)

Herramientas: preplanificación, estudio, practica, corrección.

La figura 3 nos muestra como una empresa debiera organizar su alineamiento estratégico, sus valores, directrices, herramientas y metodologías. Es deber de cada empresa que desee implementar algún tipo de gestión, en este caso de gestión de recursos en la construcción, el informar la visión y la misión de la empresa para poder desde sus inicios demostrar las intenciones que se pretenden realizar, recordar que una filosofía no es un cambio inmediato si no que es un proceso de adaptación, para luego corregir las carencias y falencias para nuevamente aplicar el plan hasta que las asperezas queden limadas completamente (escenario ideal), a esto se le llama mejoramiento continuo por medio de la medición de actividades y la evaluación de indicadores

4.3 Descripción del modelo de gestión.

Para poder generar un modelo de gestión se utilizará el ciclo de Deming como herramienta guía.

El ciclo de Deming también es conocido como el ciclo de mejora continua, con las siglas PHVA, su significado es: PLANIFICA, HACER, VERIFICAR Y ACTUAR.

La forma de planificar un proceso de mejora interna que se basa en 4 etapas que previenen un proceso que se estudia, se realiza, se verifica y se corrige. Y otra vez comienza el ciclo buscando nuevas falencias, mejoras, formas e ideas para acortar el periodo de realización del proceso.

Según Schewart Deming, *una evolución constante y la disposición de los empresarios, son clave para la evolución de un proyecto con éxito.*

Esto quiere decir que para obtener éxito en la aplicación de este modelo de gestión y reducción es necesario estar siempre en una búsqueda del mejoramiento continuo, pero por, sobre todo, tener las ganas de innovar, de mejorar constantemente y el arriesgarse con la implementación de nuevas herramientas por parte de los empresarios para crecer. Por más de algún error o decepción que pueda suceder en el camino, la mayoría de las veces son necesarias para poder terminar con éxito un proyecto, sea el que sea.

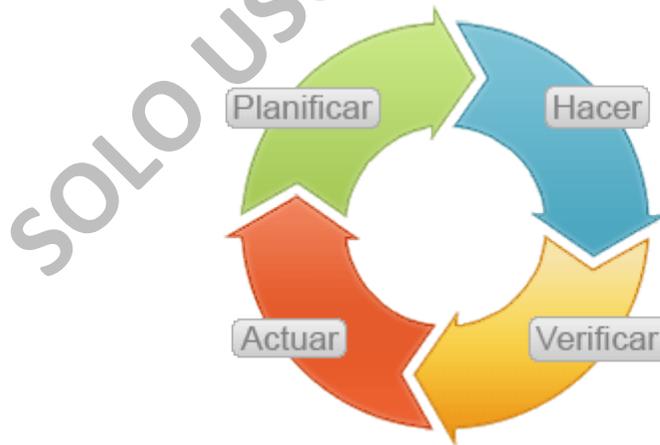


Figura 4 - Ciclo de Deming

La utilización de esta herramienta es para poder establecer un esqueleto de pasos a seguir para poder diseñar el modelo de gestión, ya que, al ser un proceso continuo, existe la necesidad de seguir estudiando las causas que puedan interferir o modificar el proceso haciéndolo menos eficiente y obteniendo así resultados no provechosos.

4.3.1 Pasos del Ciclo de Deming

- **Planificar:**
 - (1) Identificar el problema y la meta a seguir.
 - (2) Analizar el fenómeno donde se conoce el problema a detalle
 - (3) Analizar el proceso donde se identifican las causas que generan el problema
 - (4) Plan de acción, establecer un plan sobre las causas
- **Hacer:** Realizar la ejecución, esto consiste en hacer el plan sobre lo establecido.
- **Verificar:** Revisar si se logro la meta, revisar la prueba, y analizar los resultados identificando el objetivo.
- **Actuar:** Tomar acciones basadas en lo que se aprendió en el paso de “Verificar”, si el cambio fue exitoso hay que incorporar lo aprendido, si no, seguir los pasos nuevamente con un plan diferente.

Por esto el ciclo que se propone es el siguiente:

- **Planificar:**
 - 1) Muchos desperdicios de materiales en obra, tiempos de construcción excedidos, reparaciones innecesarias. Se quiere implementar el uso de materiales prefabricados.
 - 2) En diferentes obras a lo largo de Chile, se usan cemento, fierro, madera, clavos, tubos, áridos. Todos estos y más, usan un lugar dentro de la obra, y el uso de estos materiales va dejando siempre un desperdicio, una merma. Y esto al cuantificarlo en el periodo total de la obra resulta un gran gasto de dinero mal aprovechado. Por eso es imperativo buscar una medida de paliación.
 - 3) El proceso que se analiza es la construcción de una edificación, y por lo general en este tipo de caso se ve una pérdida de materiales en el traslado, en el uso, en la dosificación y la modulación del material, en la cubicación y hasta en la compra de estos.
 - 4) Analizar las partidas desde la planificación de la obra para buscar y comparar precios entre la construcción tradicional y la prefabricada con el fin de encontrar una reducción de costos, tiempo y mayor aún reducir las pérdidas innecesarias de dinero mal aprovechado.

- **Hacer:**

- **Consulta:** Durante este periodo, el modelo prevé que se hagan contactos con los proveedores de materiales o elementos prefabricados. Esto provoca al equipo responsable por el presupuesto a esclarecer eventuales dudas que surjan sobre las capacidades y especificaciones solicitadas, simplemente para responder de forma adecuada a las necesidades y características solicitadas por el cliente. Existiendo una gama seleccionada de proveedores principales, el modelo indica que estos mas allá de las ventajas reconocidas (económicas, stock, etc.) deben presentar disponibilidad para presentarse a reuniones periódicas, como visitas técnicas, cuando sean solicitados. El objetivo consiste en obtener la mayor ventaja posible de la logística en vuelta en el proceso de aprovisionamiento de los materiales, lo que representará un mayor retorno en el balance final de la obra.
- **Proyecto:** El proyecto debe ser confeccionado, no solamente respetando la voluntad del cliente, las normas y especificaciones, sino también que debe contemplar los eventuales motivos básicos de atraso verificados en la implementación y producción. Los proyectistas, junto a los ingenieros responsables y si es posible con los encargados de obra, deben reunirse y elaborar un proyecto de forma que se disminuyan las pérdidas, los tiempos muertos, las actividades que no agregan valor a la tarea, desde el recurso humano, el equipamiento y herramientas, instalaciones, materiales y la propia distribución de los recursos.

El jefe obra se debe reunir con el director de proyecto o con el equipo de profesionales del proyecto. De preferencia en el inicio, durante y posterior a la elaboración del proyecto en ejecución. Esto para fomentar, no solamente la complicidad entre las partes involucradas, sino que también para que se alineen informaciones e ideas (en el inicio) y verificar en el alcance de las metas y objetivos alcanzados (en el final)

- **Planificación:** En esta etapa es donde se identifican gran parte de los posibles generadores de “trabas” que se traducen en atrasos, costos, dificultades y variadas complicaciones, algunas de las cuales son irreversibles, que invariablemente aumentan el costo final. Esta fase de la planificación consiste básicamente en un conjunto de evaluaciones ordenadas y efectuadas por todas las partes interesadas en la conclusión de la obra. El motivo es buscar puntos de intersección y poder resolverlo en conjunto, un alineamiento.

La planificación es iniciada con una *Reunión de Planificación Maestra* (RPM), a la cual todos los participantes interventores comparecerán. De la misma forma, el objetivo es integrar y nivelar los conocimientos de la obra como la idea de implementar elementos prefabricados, para capacitar e instruir en como se empleará este método de reducción y aumento de eficiencia en la obra. En esta reunión, más allá de la pormenorización de los proyectos, padrones, especificaciones técnicas, procesos ejecutivos y determinación de costos, es necesario obtener de los proveedores garantías de cumplimiento de plazos. Ya que, si se está optando por este camino, el uso de elementos prefabricados, se están dejando de lado la preocupación de los tiempos de ejecución ya que se da por entendido que no debiese haber problemas en la entrega de los proveedores y se podrían cumplir los plazos propuestos, hasta incluso disminuirlos. Con esta implicación de los proveedores, se pretende disminuir los riesgos de suministros errados, fuera de tiempo o inconstantes entre otros.

En esta reunión en donde se conocen el cliente, los proveedores, el constructor y la empresa que lidera el proyecto, la organización de esta RPM debe demostrar que todas las actividades son críticas, al iniciar la reunión. De este modo, los grupos pueden ser organizados de forma transdisciplinaria para que debatan las necesidades generales, de forma a efectuar un análisis preliminar de la obra.

Después de este análisis, comienza una segunda parte de la RPM que consiste en un desglose del proyecto. Los equipos pueden crear lazos para aclarar dudas de las diversas especialidades. Durante la reunión deben ser generadas “listas” de actividades por todos los grupos. Después de estudiar las listas, el director de proyecto o el equipo de profesionales del proyecto debe presentar un esbozo, dibujo, diseño a través de la cual se irán organizando los equipos de trabajo a lo largo de la obra.

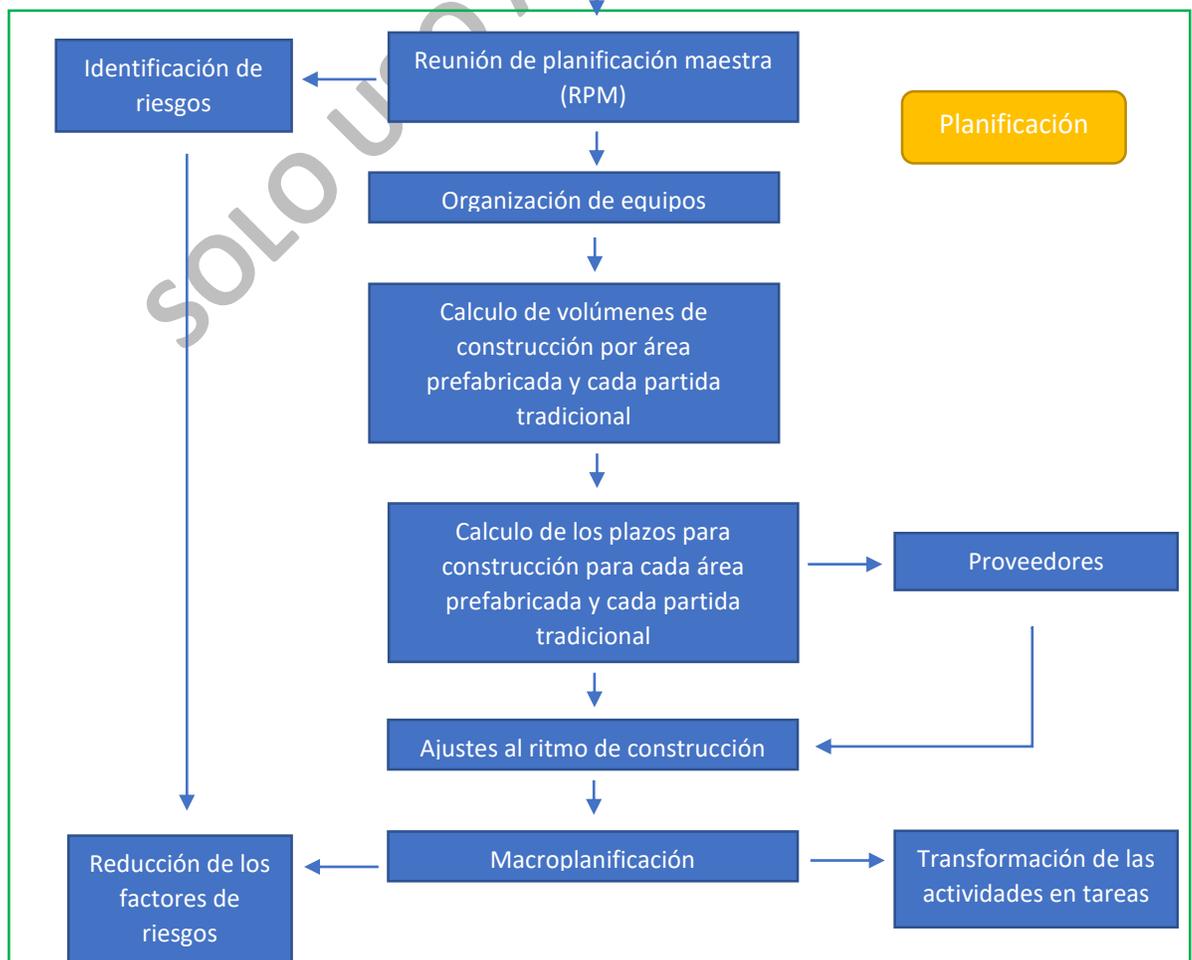
Como ya se conoce, o se debiera saber la fecha de entrega de la obra al cliente, es posible definir una secuencia de premisas que irán a determinar la continuidad de la planificación. Estas son:

- Elaboración de una lista de actividades
- Elaboración de una lista de equipos/herramientas
- Evaluación del ritmo de construcción ideal
- Desarrollo de la planificación, admitiendo todas las actividades críticas
- Definición de las velocidades de ejecución de cada equipo y proveedores
- Cálculo de los volúmenes de construcción para cada área prefabricada y cada partida tradicional.

- Calculo de los plazos para construcción para cada área prefabricada y cada partida tradicional.
- Optimización de los equipos y el recurso humano.
- Ajuste entre equipos de especialidades y ritmos de construcción
- Control y acompañamiento diario en obra.

SOLO USO ACADÉMICO

4.3.1.2 MODELO DE GESTION Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS



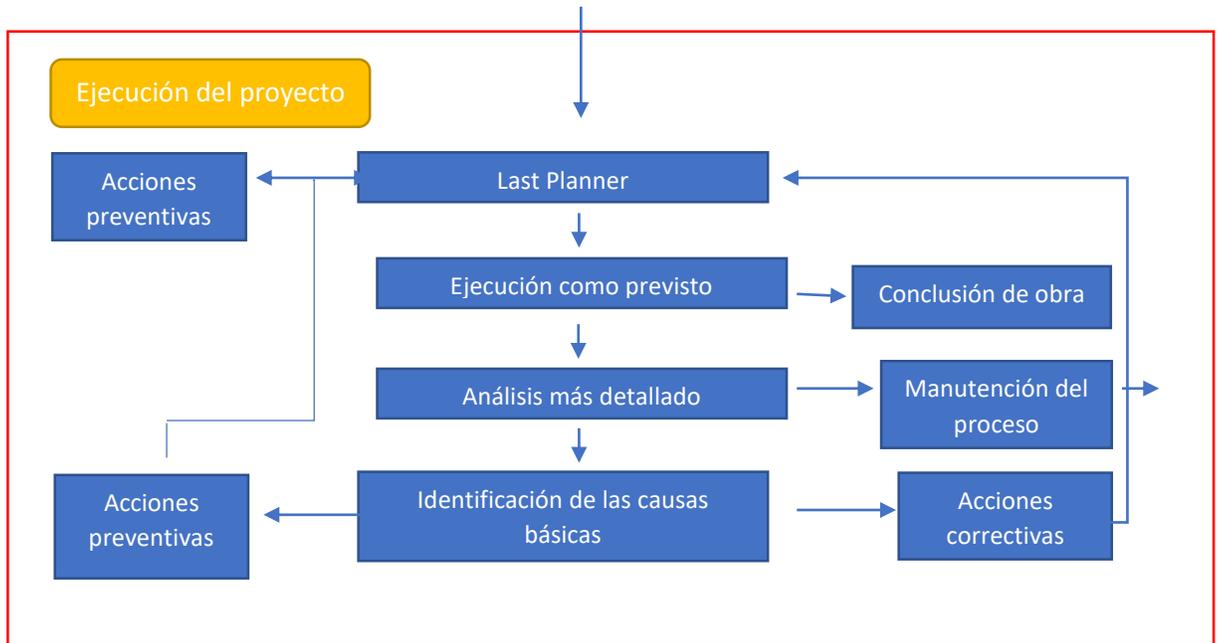


Figura 5 - Mapa conceptual del modelo de gestión y reducción de pérdidas

Al determinar los plazos para cada área, en conjunto con las capacidades de los proveedores, discutidas en la RPM, es posible planear los encargos, con el objetivo de evitar imprevistos.

Por otro lado, la empresa se queda más liberada para elaborar un mapa de encargos aplazadamente. El proveedor puede, por su vez aprovisionar de la forma que considere más conveniente, y así tener una complicidad que permite, todavía, definir formas de pago que satisfagan los intereses de ambas partes. Los posibles riesgos identificados en la RPM son tenidos en cuenta cuando se va a definir una primera planificación general, una ya bastante más real. De esta **Macro-planificación** salen las respectivas partidas que se irán a transformar en actividades elaboradas en la RPM, en tareas específicas, más precisas y concretas, una vez que se enfocan los objetivos y se verifican las restricciones del proyecto.

Después de la elaboración de la macro-planificación, es necesario crear una planificación a medio plazo que debiese presentar lo que va a acontecer en el futuro, sin estar excesivamente detallado. Esta planificación debe ser hecha por el director de la obra en conjunto con el encargado, que posteriormente deberá elaborar una ultima planificación diaria, donde se registran las tareas a efectuar de forma discriminada sobre las actividades que deben ser hechas en el día siguiente.

- **Ejecución del proyecto:** Durante la ejecución del proyecto/obra, es necesario crear indicadores que consigan expresar el estado de avance de la obra, y si está o no, desviándose de lo que había sido inicialmente planeado. Entre esos indicadores pueden ser:
 - PPC: Porcentaje de planificación completo
 - RTPR: Relación entre el avance planeado y lo real

Los indicadores se medirán por documentos escritos para luego digitalizarlos y que determinarán el desarrollo de la obra. Si la ejecución de la obra estuviera transcurriendo como se previó, se sigue la continuidad hasta el correspondiente termino. En caso contrario, se efectúa un análisis más detallado que pretende definir las causas comunes o causas especiales de variación. Si las causas son comunes, hay que mantener el proceso porque, en principio, no se repetirán. Si las causas son especiales, en términos de variación, se deben promover dos tipos de acciones: Preventivas, para evitar futuras ocurrencias en otros proyectos, y Correctivas, para actuar directamente sobre el Last Planner que se relaciona con los indicadores.

Los responsables de la obra, basados en la macro-planificación, heredada de la fase anterior, elaboran una planificación más cuidada, para un mes. Esta planificación del tipo *Lookahead Planning* es ejecutada de la forma descrita por el modelo presentado anteriormente, basado en el ritmo de ejecución. Esto es importante para la ejecución de la obra y se basa en compromisos y premisas desarrolladas en las diferentes fases del modelo.

- **Verificar:** Para revisar si se logró la meta habrá que revisar los documentos que determinan el desarrollo de la obra por medio de los indicadores. Son estos datos los que proveen la información para analizar medidas preventivas y/o correctivas
- **Actuar:** Las acciones que se aplicarán serán el resultado de los indicadores analizados en el punto anterior, si el cambio de estos datos fue exitoso durante el periodo estudiado hay que incorporar lo aprendido para seguir mejorando. De lo contrario si los datos arrojados por los indicadores son negativos habrá que seguir los pasos del ciclo nuevamente, pero con un plan diferente. Ya que se requiere mejorar y constantemente para evitar desperdicios y/o perdidas durante el periodo de ejecución de la obra.

Esta herramienta, el Ciclo de Deming, ha podido esclarecer un plan a realizar para aplicar el modelo de gestión y este aprovechado por el sistema constructivo explicado, la utilización de elementos prefabricados, de manera que, al tener una buena planificación desde los inicios, con todos los participantes involucrados puede resultar en que se reduzcan elementos que provoquen un gasto de dinero mal aprovechado. Este tipo de modelo promueve el uso de herramientas LEAN, con el fin de incorporar a los ejecutores de los proyectos, desde el cliente hasta el jefe de obra y las especialidades, todo con el fin de tener un alineamiento desde el minuto 0 y así poder aprovechar las reuniones y planificar los posibles contratiempos para ser tomados desprevenidos y sin ningún plan.

Es por esto que el uso de elementos prefabricados como un método para poder reducir las pérdidas, tanto materiales, como en mano de obra y los tiempos contributivos, provoca que se puedan realizar las mismas tareas de una forma más ordenada, calendarizada, planificada, en conjunto y lista para imprevistos, ya que las partes involucradas sabrán como actuar, ya que todas están trabajando hombro con hombro desde el inicio del proyecto.

4.4 ¿Porque usar este modelo de gestión y reducción de perdidas?

Porque existe un clásico problema en el sector de la construcción. El día a día impide una idea adecuada, o una reflexión correcta tanto del pasado (errores y lecciones aprendidas durante el proceso de la obra), como del futuro (planificaciones e innovación).

Este modelo de gestión y reducción de pérdidas, además de inculcar la filosofía LEAN, promueve el trabajo en equipo, el trabajo colaborativo entre los participantes del proyecto promueve el compromiso con lo que se ejecuta, desde el cliente dueño de la obra, hasta el jornal de aseo, ya que por medio de diferentes intercomunicadores se promueve la idea y la meta que se necesita cumplir.

Ya teniendo informada a la gente que participa en este modelo (alineamiento del plan) se puede seguir con el desarrollo de este, y para esto solo se tiene que seguir paso a paso lo que se gestionó junto con la aplicación de los elementos prefabricados anteriormente estudiados con el proveedor según se necesita.

El uso de este modelo mediante el uso de prefabricados en la construcción nos puede ayudar a fomentar este tipo de sistema y así poder darnos cuenta de que no todo lo que se construye tiene que ser en hormigón, existen más materiales, métodos y formas de construir, y si queremos como humanidad seguir viviendo en este planeta es necesario buscar un sistema constructivo amigable con el medio ambiente y no tan contaminante como lo es el hormigón en Chile.

Capítulo 5: Conclusiones.

Como se menciona en un inicio, el aumento de la población y los cambios que surgen por diferentes motivos sociales, económicos y políticos, es sabido que el desarrollo de los países es en gran medida por el tipo de infraestructura que poseen y que promueven. Es por esto que actualmente en Chile es importante para encontrar el desarrollo que siempre se ha deseado por medio de la inversión en nuevos sistemas constructivos. Pero más que invertir en sistemas constructivos experimentales es invertir en sistemas que en Chile no se han desarrollado bastante, pero que si están siendo utilizados en el país.

Este sistema constructivo que se propone mejora la gestión a través del uso de elementos prefabricados. Estos elementos pueden ser materias primas u objetos terminados para llegar e instalar en una obra. Dichos elementos serán mas importantes o cruciales según el tipo de obra que se este desarrollando, ya que si bien son muchos los tipos, formas y modelos que se pueden utilizar, es en la etapa de planificación donde hay que promover el uso de estos junto al cliente ya que es él, el que tiene la capacidad de dar el visto bueno para utilizarlo. Por muy bueno que sea el sistema si el cliente no esta convencido será difícil la implementación de este en un proyecto de edificación y habrá que buscar otro tipo de paliación frente a las perdidas que puede llegara tener una obra de edificación.

Hoy en día la forma de sobre salir en el mercado, o la diferenciación entre los pares es por medio del uso de filosofías LEAN, en la construcción, por medio del Lean Construction, a través del uso herramientas como el sistema del ultimo planificador (Last planner) como también con herramientas tecnológicas como el “pro planner” y/o un software llamado IPSUM. Que busca las restricciones de tareas próximas para eliminarlas y así obtener flujos y velocidades muy cercanas a las estimadas en comparación a las reales.

Y para poder involucrar este tipo de filosofías y herramientas hay que hacer un gran esfuerzo previo para inculcar esta forma de trabajo, donde se tienen que coordinar desde los clientes hasta el peldaño mas bajo en la pirámide organizacional de un proyecto de edificación. Es por esto que este modelo no se puede implementar de un día para otro, al igual que cualquier modelo de gestión, tiene que tener un periodo de evaluación, de estudio, y de mejoramiento, ya que a medida que se usa se va mejorando, y adaptando para que en futuras aplicaciones se realicen menos o mejores pasos para lograr el objetivo que se busca, la reducción de actividades que no agregan valor al proyecto, como también la incorporación de elementos prefabricados para si agregar valor al mismo.

Por esto la necesidad de entender la filosofía LEAN, de apropiarse del concepto, de intentar comprender el uso de estas herramientas, no es un conocimiento adquirido instantáneamente, sino que es un proceso, un periodo de adaptación de esta filosofía que permite obtener resultados a largo plazo, siempre y cuando la empresa, o persona que lo aplique sea constante y rigurosa en seguir el plan paso a paso, de buscar la mejora continua, de buscar las falencias y eliminarlas, ya que estas metodologías no hacen magia por si sola y fallan debido a la falta de compromiso y constancia en los equipos de trabajo.

El Lean Construction da nuevas herramientas de apoyo a la gestión y eficiencia de procesos y por tanto constituye una actividad fundamental para el desarrollo de la industria de la construcción. Ya que tiene herramientas de gestión que abordan principalmente las pérdidas productivas de la construcción (tiempos productivos, materiales, de costos y se enfocan en los problemas como la calidad del trabajo y la confiabilidad en los plazos de entrega. Recordar que esta filosofía nos quiere hacer entender que cada variable por si sola nos da una perspectiva anticuada de la producción y que es necesario apreciar el todo como un flujo o secuencia de procesos, y que esta secuencia por medio de las materias primas y de una serie de procesos de transformación produce productos que deben satisfacer las necesidades y requerimientos del cliente y que se conoce como cadena de valor.

Con esta metodología, el proceso de construcción y de operación del proyecto se diseña de manera conjunta. Además, tanto la planeación como el sistema de control son procesos que se miden para poder mejorar. Con el fin de reducir al máximo el tiempo invertido en actividades productivas que no le agregan valor al producto final, es decir, reducir las pérdidas en las actividades de construcción. Es esta definición que me llevó a definir a que se le llama pérdida. Y como se menciona es simplemente **“al tiempo dedicado por un individuo a actividades que el cliente del proyecto no está dispuesto a pagar”** y ejemplos comunes de este tipo de pérdidas en la construcción son:

- *Esperas por falta de equipos, herramientas, o materiales*
- *Esperas debido a actividades previas que no se han terminado, o están mal hechas y hay que rehacerlas.*
- *Esperas por falta de una instrucción para realizar el trabajo.*
- *Tiempos ociosos debido a la actitud del trabajador, o sobre población en el sitio de trabajo.*
- *Desplazamientos innecesarios debido a falta de recursos e inadecuada planeación del sitio de trabajo.*
- *Rehacer trabajos que no cumplen con las especificaciones y/o cambios en los diseños.*

Estos ejemplos que se proponen son vitales para entender que este modelo de gestión y reducción de pérdidas es posible de implementar, ya que una buena planificación desde los inicios del proyecto puede prever estas fallas y la conjunta colaboración tanto de los proveedores como del constructor a cargo, el cliente y el arquitecto nos puede dar como resultado la implementación de elementos prefabricados y así eliminar esperas por faltas de equipo, herramientas o materiales. Ya que al solicitar por ejemplo un muro de hormigón armado prefabricado de X medidas, me va a ayudar en que no tenga que arrendar moldaje, arrendar una bomba telescópica, que si no están las condiciones no va a poder funcionar, por espacio, alturas, distancias entre otros, como también eliminar riesgos que el moldaje del muro se reviente, o se levante por falta de experiencia en la mano de obra. Incluso se puede evitar que al momento del llenado, el muro no se vibre bien, o tenga un exceso de

vibrado, proceso que va a perjudicar al momento que se tenga que estar trabajando en terminaciones (habrá que reparar, estucar, aplomar y empastar de más) siendo que con un producto terminado, un producto certificado y con una calidad garantizada, solo se tendrá que preocupar de tener una correcta fundación, un correcto empalme entre fundación y muro como también preocuparse de la plomada. En otras palabras, solo preocuparse de que se coloque en el lugar que se necesita.

Como también es un tipo de pérdida que la mano de obra no tenga proactividad y solo se dedique a esperar instrucciones, con el uso de elementos prefabricados, no es que se elimine esta carencia, sino que al tener una planificación más acotada las tareas previas al uso de los elementos prefabricados serán tan mecanizadas que la mano de obra se puede preparar, capacitar en habilidades específicas, por ejemplo la “cuadrilla de cangueros” solo se tiene que preocupar de realizar tratamientos de juntas (entre muros, pilares y losas, o muros y radieres, etc., por lo que el trabajador no tendrá tiempos ociosos, ya que constantemente se tendrá que mover dentro de la obra para preparar las uniones entre los elementos que envíe el proveedor. Esto significa que los movimientos o desplazamientos innecesarios dentro de la obra también se verán reducidos ya que, al tener una planificación acotada de forma semanal, el trabajador podrá tener metas durante un periodo de tiempo y que perfectamente se pueden entender como si fueran un “trato” por lo que mientras antes termine el trato acordado, mucho antes podrá tener un pago asegurado y mucho antes se podrá dar paso a una siguiente actividad.

Un punto no menor es el rehacer trabajos que por diferentes motivos se necesitan reparar, rehacer, o literalmente eliminar. Este punto sucede en cualquier obra del mundo, siempre y cuando exista una planificación estudiada y probada, donde este riesgo se elimina casi hasta el 100%. El sistema prefabricado elimina este factor, pero siempre existe un porcentaje de margen de error, ya que siempre está el factor humano y es este el que siempre termina afectando, corrigiendo y modificando las cosas. En este caso en cuestión se infiere que, con una buena planificación, una buena RPM, y una buena interacción entre las partes dará como resultado que los involucrados en la obra puedan estar seguros de que hacen, como lo hacen y que lo que sucede en la obra, está correcto. Ya que todos al estar alineados en un objetivo, ya sea semanal, mensual, o por proyecto hará que los trabajos se hagan a la primera vez de forma correcta sin necesidad de tener que corregir lo realizado.

Por esto el modelo de gestión y reducción de pérdidas que se plantea no es tan complicado de entender, se basa en una afirmación que refiere a que **siempre** en una obra de edificación hay materiales, mano de obra, movimientos, tareas, partidas, actividades que se están desaprovechando, y lo que se busca es que por medio de la utilización de elementos prefabricados se puedan reducir, eliminar y mejorar las condiciones, tiempos, calidades en la construcción, buscando de preferencia la forma mas eficiente de aplicar, que sea amigable con el entorno en donde se trabaja y que cumpla con los requerimientos que el cliente espera y necesita.

Para poder aplicar este *modelo de gestión y reducción de pérdidas a través del uso de prefabricados en edificación*. Hay que entender que todo parte desde la idea de construir un elemento. Ya que la planificación de una construcción es vital para el desarrollo de esta. Desde los inicios hay que tener incorporados a todos los agentes participantes del proyecto, aunque la participación de una especialidad sea al final del periodo de edificación (terminaciones, por ejemplo) siempre tiene que estar al tanto de lo que se está ejecutando, para poder tener tiempos de respuestas acorde a la necesidad de la especialidad, o de la característica del contratiempo que puede presentarse. Recordar que al utilizar elementos prefabricados se tienen que enviar detalles, planos, dibujos en donde los ingenieros, calculistas, arquitectos y revisores no pueden retractarse después, y en el caso de existir modificaciones, se puedan enviar con anticipación a la fabricación de la pieza que se quiera corregir (forma, tamaño, espesores, materialidades, etc.). Ya que a diferencia de otros modelos de gestión o de reducción de pérdidas, depende directamente de la velocidad de fabricación y entrega de los materiales, porque la instalación de estos no requiere nada fuera de lo extraordinario, personal acorde a la tarea, espacio para la correcta instalación, trazos de la ubicación, empalmes para las especialidades (por ejemplo, en la instalación de un modulo de baño en departamentos), como también las condiciones climáticas para la instalación. Por esto la planificación de todos los elementos que participen dentro de una tarea o meta a cumplir es crucial ya que si se coordinan desde un punto en que todos puedan estar al tanto de lo que suceden se irán viendo detalles o congruencias que se pueden solucionar antes que ocurran.

En obras pequeñas, como en constructoras grandes, la planificación preobra y las respuestas a las variaciones de la planificación tienen que ser rápidas y precisas. La planificación debe ser ejecutada abreviando el mayor número de pasos comunes, sin descuidar conclusiones y resoluciones esenciales al desarrollo de la planificación. En obras con presupuestos controlados es esencial no desprender recursos en actividades que no traigan beneficios inmediatos o que, porque tienen estructuras pesadas o complicadas de trabajar, no sean capaces de responder a las solicitudes de la obra.

Son los administradores los encargados de controlar la planificación de forma que esta pueda ser realizada al pie de la letra, como que también pueda ser flexible, ya que son ellos los que tienen el poder y el cargo para poder tomar decisiones correctivas frente a contratiempos que puedan suceder, y estos contratiempos si en algún momento se pensaron en las primeras RPM (Reunión de planificación maestra) serán más simples de abordar ya que todo el equipo en cuestión habrá pensando en este contratiempo y no solamente el administrador con algún encargado de área.

El modelo de gestión de reducción de pérdidas que se propuso es una forma de mejorar la calidad de la construcción en este país, que, si bien es muy reconocida a nivel mundial por sus métodos constructivos, por sus tipos de materialidades y sus resistencias, pero todavía estamos lejos de poder contribuir con un sistema constructivo amigable con nuestro medio ambiente. Se han diseñados variadas opciones de mejoramientos constructivos, o

soluciones parches para aminorar la contaminación por polución o por desechos en la construcción, pero todavía no son aplicables en gran medida por todas o la mayoría de las empresas constructoras (grandes y pequeñas) ya que un factor importante para poder sociabilizar con el medio ambiente es tener un capital que te permita reciclar y/o reutilizar los desechos en materiales, cosa que actualmente no es así. Todo material desperdiciado, sea cual sea, hoy en día es retirado por un camión y transportado tal vez a un botadero certificado, pero que al final es mover de un lado para otro los desperdicios de la obra.

Sobre esto último, hoy en nuestro país, existe un programa llamado “Construye2025” este programa busca transformar al sector de la construcción desde la perspectiva de la sustentabilidad y productividad, para lograr un desarrollo nacional con equidad social, económica y medioambiental.

Una industria de la construcción sustentable y competitiva a nivel global, líder en la región comprometida con el desarrollo del país a través de la incorporación de innovación, nuevas tecnologías y fortalecimiento del capital humano, teniendo como foco el bienestar de los usuarios (CORFO, 2018). Y que propone:

- Mejorar: La salud y bienestar de los usuarios de la edificación
- Minimizar: El impacto que genera el proceso constructivo de una edificación
- Reducir: El consumo de energías de las edificaciones
- Desarrollar, la industria de los proveedores y servicios
- Transformar, a la industria en un referente internacional
- Aumenta, la productividad del sector.
- Mejorar, la competitividad del sector de la construcción.

Este Programa Estratégico Nacional en Productividad y Construcción Sustentable, Construye2025, complementa la actual Estrategia Nacional de Construcción Sustentable, que tiene por objeto ser una herramienta orientadora que establezca los principales lineamientos para impulsar la integración del concepto de desarrollo sustentable en el área de la construcción en Chile.

Por esto el programa Construye2025 es una estrategia nacional que tiene el objetivo de transformar la forma de construir en Chile, para mejorar la productividad de la industria de la construcción en toda su cadena de valor y generar un cambio cultural en torno al valor de la sustentabilidad, considerando el impacto del ciclo de vida del inmueble y el bienestar de las personas. Por lo que la posibilidad de motivar el uso de diferentes y/o nuevos sistemas constructivos por parte del estado, tales como los prefabricados, no se ven tan lejanos como se piensa, de hecho, esta meta ambiciosa nos dice que existe una visión del futuro que se quiere mejorar y eso como persona me deja tranquilo, ya que no somos pocos los que quieren ver un mejor futuro que el presente en la construcción sustentable.

Bibliografía

- CORFO. (11 de Diciembre de 2018). Obtenido de <http://construye2025.cl>: <http://construye2025.cl/que-es-construye-2025/>
- Hernán Porras Díaz, P. M., Rivera, O. G., & Guerrero, J. A. (3 de Junio de 2014). Filosofía Lean Construcción para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. Colombia. Sitio web: <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art4.pdf>
- BS Grupo, B. S. G. R. U. P. O. (s.f.). Que es Lean Construction. Recuperado 11 octubre, 2018, de <https://bsgrupo.com/bs-campus/blog/Que-es-Lean-Construction-o-Construccion-sin-Perdidas-83>
- LCE. (s.f.). www.leanconstruccionenterprise.com/documentacion/lean-construction.
- Rosa, V. C.-M. (2007). Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración. Caparica, Portugal.
- Patricia Arcilla. (2015). Primeros micro-apartamentos prefabricados en Nueva York se completarán este año., de Plataforma Arquitectura Sitio web: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/763442/primeros-micro-apartamentos-prefabricados-en-nueva-york-se-completaran-este-ano>
- Juan Felipe Pons Achell, J. F. P. A. (2016, 16 mayo). Introducción a Lean Construction. Recuperado 11 octubre, 2018, de <https://enriquealario.com/introduccion-a-lean-construction/>
- Centro de Excelencia en Gestión de la Producción. (2018, 3 octubre). LEAN Construction: Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción – GEPUC. Recuperado 8 noviembre, 2018, de <http://gepuc.cl/2018/10/03/lean-construccion-manual-practico-de-herramientas-de-mejoramiento-de-construccion/>
- Progressa. (2015b, 29 septiembre). Lean Construction – Metodología Lean en la construcción. Recuperado 11 octubre, 2018, de <http://www.progressalean.com/lean-construction-mejora-continua-sector-construccion/>
- Abner Guzmán Tejada, A. G. T. (2014, 20 marzo). APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS. Recuperado 25 septiembre, 2018, de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5778/GUZMAN_ABNER_LEAN_CONSTRUCTION_PROYECTOS.pdf?sequence=1
- Luis Fernando Alarcón, L. F. A., & Sven Diethelm, S. D. (2005, 13 abril). CDT :: Lean Construction: Mejoramiento de la gestión de proyectos y empresas en la construcción. Recuperado 24 septiembre, 2018, de <http://www.cdt.cl/2005/04/lean-construction-mejoramiento-de-la-gestion-de-proyectos-y-empresas-en-la-construccion/>

- Wooderra. (s.f.-b). Vigas y postes de madera: Fundamentos básicos. Recuperado 12 septiembre, 2018, de <https://www.wooderra.com/es/articulos-informativos-de-madera/vigas-y-postes-de-madera:-fundamentos-b%C3%A1sicos>
- Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, C. D. T. (s.f.). Vigas 2T LP IJOISTS. Recuperado 22 septiembre, 2018, de <http://www.especificar.cl/fichas/vigas-2t-lp-ijoists>
- LP - BUILDING PRODUCTS. (s.f.). LP I-JOIST – LP Chile. Recuperado 22 septiembre, 2018, de <https://lpchile.cl/producto/lp-i-joist/>
- Madera 21. (2018, 14 marzo). » Ciclo de formación en CLT finaliza con el montaje de una estructura a escala real. Recuperado 23 septiembre, 2018, de <http://www.madera21.cl/ciclo-de-formacion-en-clt-finaliza-con-el-montaje-de-una-estructura-a-escala-real/>
- Lignum. (2018, 23 abril). Por qué hay posibilidades de industrializar el CLT en Chile. Recuperado 25 septiembre, 2018, de <http://www.lignum.cl/2018/04/23/posibilidades-industrializar-clt-chile/>
- Noticiasdel6, N. D. (2015, 29 junio). 29-06-15 CN - Construcción prefabricada China [Archivo de vídeo]. Recuperado 30 septiembre, 2018, de <https://www.youtube.com/watch?v=5hNXCUUsYs>
- Zigor Aldama, Z. A. (2015, 20 junio). Revolución en la arquitectura china: levantar rascacielos en 19 días. Recuperado 30 septiembre, 2018, de https://elpais.com/tecnologia/2015/06/16/actualidad/1434468531_266503.html
- Prilhofer. (s.f.). Ventajas y Desventajas de la Construcción Prefabricada | Construpedia, enciclopedia construcción. Recuperado 1 octubre, 2018, de https://www.construmatica.com/construpedia/Ventajas_y_Desventajas_de_la_Construcci%C3%B3n_Prefabricada
- NARCHITECTS. (s.f.). Carmel Place | nARCHITECTS. Recuperado 1 octubre, 2018, de <http://narchitects.com/work/carmel-place/>
- Diane Pham, D. P. (2015, 9 julio). Construction Update: NYC's First Micro Apartment Complex is Now Fully Stacked | 6sqft. Recuperado 1 octubre, 2018, de <https://www.6sqft.com/construction-update-nycs-first-micro-apartment-complex-is-now-fully-stacked/>
- Jean Malebran, J. M. (2018, 15 mayo). Pavimentos prefabricados de hormigón - Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. Recuperado 4 octubre, 2018, de <https://ich.cl/pavimentando/noticias-pavimentando/pavimentos-prefabricados-de-hormigon/>
- Andece. (2011, 12 septiembre). Pavimentos de hormigón prefabricado. Recuperado 4 octubre, 2018, de <https://www.andece.org/soluciones-constructivas/2011-09-12-07-40-51.html>
- Prefabricados alberdi. (2011, 12 septiembre). ¿Qué diferencias hay entre utilizar tuberías de hormigón y tuberías de plástico para sistemas de saneamiento y canalizaciones? Recuperado 4 octubre, 2018, de <https://www.andece.org/soluciones-constructivas/2011-09-12-07-40-51.html>

- ACHE. (s.f.). CIMENTACIONES PREFABRICADAS PARA MÓDULOS DE VIVIENDA 3D. Recuperado 4 octubre, 2018, de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/15494/pon125_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Constructecniapucp, P. U. C. P. (2011, 13 octubre). QUE ES LEAN CONSTRUCTION? [Archivo de vídeo]. Recuperado 28 agosto, 2018, de <https://www.youtube.com/watch?v=v4reSWfwblQ>
- Borondo. (2011, 20 abril). Catálogo General de Productos. Recuperado 18 octubre, 2018, de <http://www.borondo.es/pdf/71.pdf>
- Acerplac. (s.f.). Acerplac Aplicaciones Constructivas > Servicios > Sistemas Prefabricados. Recuperado 18 octubre, 2018, de <http://acerplac.com/sistemasprefabricados.html>
- Virgílio Cruz-Machado, V. C. M., & Pedro Rosa, P. R. (s.f.). Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración. Recuperado 15 octubre, 2018, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext

SOLO USO ACADÉMICO