

**APORTES DE LA FILOSOFIA “LEAN CONSTRUCTION” A LA OPTIMIZACION  
DE PROCESOS EN LA GESTION DE PROYECTOS DE LA EMPRESA TALERO  
INGENIERIA**

**SEBASTIAN EDUARDO TALERO LOZANO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS  
BOGOTÁ D.C.  
2017**

**APORTES DE LA FILOSOFIA “LEAN CONSTRUCTION” A LA OPTIMIZACION  
DE PROCESOS EN LA GESTION DE PROYECTOS DE LA EMPRESA TALERO  
INGENIERIA**

**SEBASTIAN EDUARDO TALERO LOZANO**

**Monografía para optar por el título de Especialista en  
Gerencia de Empresas Constructoras**

**Orientador  
MARÍA MARGARITA ROMERO ARCHBOLD  
Arquitecta**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS  
BOGOTÁ D.C.  
2017**

## NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Director de la Especialización

---

Firma del Calificador

Bogotá, D.C, Agosto de 2017

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Gerencia de Empresas Constructoras

Dra. María Margarita Romero Archbold

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	12
OBJETIVOS	13
1. MARCO REFERENCIAL	14
1.1 MARCO CONTEXTUAL	14
1.1.1 Empresa	14
1.1.2 Descripción empresa	15
1.2 MARCO TEORICO	15
1.2.1 Proyectos	15
1.2.2 ¿Qué es un proyecto?	15
1.2.3 Filosofía Lean y sus antecedentes.	17
1.2.4 Producción en masa – Henry Ford	17
1.2.4.1 Organización	18
1.2.4.2 Herramientas	18
1.2.4.3 Producto	18
1.2.5 TPS (TOYOTA PRODUCTION SYSTEM) - Lean Manufacturing	19
1.2.6 Lean construction – Construcción sin perdidas	19
1.2.7 ¿Cómo implementarlo?	21
1.2.8 Beneficios	22
1.2.9 Estrategia de gestión	23
1.2.9.1 Productividad	23
1.2.9.2 Pérdidas	24
<input type="checkbox"/> Problemas de diseño	24
<input type="checkbox"/> Deficiente administración	24
<input type="checkbox"/> Método de trabajo inadecuado	24
<input type="checkbox"/> Problemas del recurso humano	24
<input type="checkbox"/> Problemas de seguridad	24
<input type="checkbox"/> Sistemas de control deficiente	25
1.2.10 Desperdicios “muda”	25
2. PLANEACION DE PROYECTOS BAJO LA FILOSOFIA LEAN	27
2.1 MODELOS LEAN CONSTRUCTION PARA PLANEACIÓN DE PROYECTOS	28
2.1.1 “Just in time” (JIT)	28
2.1.2 “Lean Project Delivery Sistem” (LPDS)	29
2.1.3 “LAST PLANNER SYSTEM” (LPS)	30
2.1.3.1 Componentes de Last Planner System	31
2.1.4 “5S”	32
2.1.4.1 Seleccionar (seiri)	32
2.1.4.2 Ordenar (seiton)	33
2.1.4.3 Limpiar (seiso)	33

2.1.4.4 Estandarizar (seiketsu)	33
2.1.4.5 Mantener (shitsuke)	33
3. PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN EN TALLER DE INGENIERÍA.	34
3.1 PROYECTO 1	34
3.1.1 Descripción y ciclo de vida	34
3.1.2 Ventajas	35
3.1.3 Desventajas	35
3.1.4 Estructura organizacional y Ejecución	35
3.2 PROYECTO 2	36
3.2.1 Descripción y ciclo de vida	37
3.2.2 Ventajas	37
3.2.3 Desventajas	37
3.2.4 Estructura organizacional y Ejecución	37
4. OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS	39
4.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	39
4.2. OPTIMIZACIÓN PROYECTO 1	39
4.3 OPTIMIZACIÓN PROYECTO 2	40
4.4 PROBLEMA DETALLADO	41
4.5 INDICADORES DE DESEMPEÑO	43
4.6 METODOLOGÍA	44
5. CONCLUSIONES	46
6. RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 2 Beneficios obtenidos con la implementación Lean en España	22
Figura 3. 7 tipos de desperdicios.	25
Figura 4. Objetivos del 'JIT'	29
Figura 5. Lean Project Delivery System	30
Figura 6. Metodología para el mejoramiento de la productividad de proyectos.	44
Figura 7. Recomendaciones generales.	47

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Componentes del Last Planner System	31
Ilustración 2. Modelo 5S	32
Ilustración 3. Ruta de planeación y ejecución en Talero Ingeniería	34
Ilustración 4. Ruta de planeación y ejecución en Talero Ingeniería.	36
Ilustración 5. Ruta de planeación y ejecución LEAN en Talero Ingeniería.	39
Ilustración 6. Ruta de planeación y ejecución LEAN en Talero Ingeniería.	40
Ilustración 7. Interrelacion entre procesos.	42

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 3. Matriz de procesos según metodología PMI	17
Tabla 4. Dificultades en proyectos de Talero Ingeniería.	41
Tabla 5. Soluciones a problemas en Talero Ingeniería.	42
Tabla 6. Indicadores de desempeño en proyectos de construcción.	43

## RESUMEN

A través de este documento se da una mirada a los conceptos de la empresa constructora Talero Ingeniería como una empresa Mipyme dentro del marco contextual para el estudio de los aportes de la filosofía lean construcción a la optimización de procesos en la gestión de proyectos con el fin de identificar un modelo de optimización y mejora dentro de la gestión de la empresa.

Analizaremos cuales el avance histórico que ha tenido la filosofía lean construction y sus antecedentes, para luego hacer un análisis de los modelos lean más óptimos para el desarrollo de empresa y así hacer un estudio de la gestión actual y una comparación bajo una visión lean construcción en algunos proyectos en desarrollo por la empresa.

Palabras claves: Lean Construction, construcción sin pérdidas, Gestión de proyectos, optimización de procesos.

## INTRODUCCION

La construcción en Colombia se ha caracterizado por ser muy conservadora y tradicionalista por sus modelos y sistemas de gestión de proyectos, pues mientras que en otros países de América Latina se ven avances e implementación de nuevas metodologías y modelos de gestión de proyectos, en Colombia hasta ahora se está empezando a poner de moda el tema de la “gestión de proyectos” para las empresas constructoras.

Como una solución a esta problemática encontramos la filosofía Lean Construction que basada en un modelo de construcción sin pérdidas tiene la respuesta a muchas de las preguntas que nos hacemos a la hora de planificar y ejecutar un proyecto.

La filosofía “Lean construction” ha demostrado ser de gran utilidad para disminuir pérdidas y generar mayores rendimientos en proyectos de construcción en general. Es por eso que encontramos necesario el hecho de identificar, revisar y determinar un plan de gestión basado en esta metodología para suplir las necesidades de actualmente presenta la compañía.

Se ha identificado que bajo esta metodología la empresa Talero Ingeniería podría llegar a generar la rentabilidad esperada y a continuación se estudiarán los modelos con los que esta filosofía puede aportar a la optimización en la gestión de proyectos de la empresa.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Cuáles son los aportes de la filosofía “Lean Construction” que ayudan a la optimización de procesos en la gestión de proyectos de la Empresa Talero Ingeniería.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

-Explicar la planeación y ejecución de proyectos bajo la filosofía Lean para optimizar la gestión de proyectos.

-Explicar la ruta de planeación y ejecución de 2 proyectos similares en la empresa Talero Ingeniería para identificar y caracterizar los procesos en la gestión de sus proyectos.

-Identificar y explicar la ruta de planeación y ejecución de uno de los proyectos de la empresa Talero Ingeniería basado en “Lean Construction” optimizando los procesos en la gestión.

# 1. MARCO REFERENCIAL

## 1.1 MARCO CONTEXTUAL

### 1.1.1 Empresa

Con el fin de establecer el contexto Talero Ingeniería como una empresa constituida en el territorio colombiano, debemos establecer la empresa según la siguiente clasificación:

Por Actividad: Secundario, donde se ubican las empresas industriales y de construcción.

Por el Origen del Capital: Privada, pues su capital es 100% privado con ánimo de lucro.

Por su tamaño o dimensión: Mipyme, se debe entender el contexto donde se ubica la empresa Talero Ingeniería dentro de la normatividad Colombiana, es por eso que debemos ir a la Ley 905 de 2004 donde:

Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones.

Artículo 2º. Definiciones. Para todos los efectos, se entiende por micro incluidas las Famiempresas pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rurales o urbanos, que responda a dos (2) de los siguientes parámetros<sup>1</sup>

Tabla 1. Parámetros para empresa Mipyme

EMPRESA	NÚMERO DE TRABAJADORES	ACTIVOS TOTALES POR VALOR
<b>MICROEMPRESA</b> **	Planta de personal no superior a los diez (10) trabajadores	inferior a quinientos (500) SMMLV
<b>PEQUEÑA</b> **	Planta de personal entre once (11) y cincuenta (50)	/ excluida la vivienda entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil (5.000) SMMLV
<b>MEDIANA</b> **	Planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200)	entre cinco mil uno (5.001) a treinta mil (30.000) SMMLV

Fuente: MINCOMERCIO INDUSTRIA Y TURISMO. Definición tamaño empresarial Micro, Pequeña, Mediana o Grande [sitio web] CO, [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: [http://www.mipymes.gov.co/publicaciones/2761/definicion\\_tamano\\_empresarial\\_micro\\_pequena\\_mediana\\_o\\_grande](http://www.mipymes.gov.co/publicaciones/2761/definicion_tamano_empresarial_micro_pequena_mediana_o_grande)

<sup>1</sup> MINCOMERCIO INDUSTRIA Y TURISMO. Definición tamaño empresarial Micro, Pequeña, Mediana o Grande [sitio web] CO, [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: [http://www.mipymes.gov.co/publicaciones/2761/definicion\\_tamano\\_empresarial\\_micro\\_pequena\\_mediana\\_o\\_grande](http://www.mipymes.gov.co/publicaciones/2761/definicion_tamano_empresarial_micro_pequena_mediana_o_grande)

### **1.1.2 Descripción empresa**

La empresa Talero Ingeniería es una empresa familiar constituida en 1991 inicialmente con el fin de hacer estudios y diseños estructurales en la ciudad de Bogotá. Con el avance en tecnologías en la ingeniería, la empresa decidió no seguir con el diseño y decidió incurrir en la ejecución de obras hidráulicas.

Para el año 2001 la empresa había aumentado su capital y decidió incurrir en el sector vial, entonces adquirió maquinaria pesada para ejecutar sus propias obras y tener mayor diversidad.

En la actualidad la empresa cuenta con una amplia experiencia en movimiento de tierras, construcción de vías, construcción de acueductos y alcantarillados y urbanismos en general.

## **1.2 MARCO TEORICO**

### **1.2.1 Proyectos**

Una de las principales causas por las cuales los proyectos en construcción no se desarrollan como uno espera es la falta de planeación de los mismos, esto conduce a que por más que existan una serie de procesos de gestión de proyectos definidos dentro de las empresas, muchas veces estos siguen siendo ineficaces e ineficientes, generando desperdicios y pérdidas que reducen la utilidad esperada de los proyectos. Las formas y metodologías de gestión de proyectos que existen hoy en día y que aplican las empresas, siempre están generalmente enfocadas a la optimización de recursos y el correcto manejo de los mismos. En construcción, la gestión de proyectos ha venido siendo impulsada por la necesidad de tener cada día proyectos donde los desperdicios y tiempos muertos generados sean cada vez menores.

### **1.2.2 ¿Qué es un proyecto?**

Se entiende por proyecto como la aplicación de herramientas, habilidades y conocimientos para la ejecución de una idea que puede ser desarrollada por una o varias personas con el uso de unos recursos específicos que deben estar claramente definidos. El PMI (Project Management Institute) Instituto de gestión de proyectos define un proyecto explicándolo en cinco etapas de la siguiente forma: Iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre.

Iniciación

En la iniciación se define la idea o necesidad principal del proyecto, y así mismo su alcance.

## Planificación

En la planificación se deben establecer los objetivos a los que queremos llegar con el desarrollo del proyecto, así como las formas o métodos por los cuales cumpliremos estos objetivos. De la misma forma es necesario planificar los riesgos a los que se va a estar expuesto y sobretodo las principales formas de mitigar estos.

## Ejecución

En la ejecución se debe establecer el entorno de trabajo, es decir, las condiciones diarias por las que se va a estar expuesto, y también se deben asignar tareas a los recursos que se tengan disponibles.

## Seguimiento y control

Para hacer seguimiento y control a un proyecto ya iniciado se hace necesario hacer un proceso de recopilación de datos reales sobre el funcionamiento del proyecto buscando siempre que se estén cumpliendo los objetivos y metas establecidos en la planificación.

## Cierre

Finalmente para hacer el cierre de un proyecto se hace necesaria una retroalimentación o feedback para poder hacer las modificaciones evidenciadas y tomar las decisiones que sean acertadas para el correcto desarrollo de futuros proyectos.

Dentro de todas estas etapas de los proyectos se deben tener en cuenta los distintos alcances y enfoques que hacen parte de los mismos, cada uno igual de importante dependiendo del proyecto, su uso y su finalidad. En el siguiente cuadro se explica fácilmente según el tipo de gestión, que debemos tener en cuenta en cada una de las etapas anteriormente mencionadas<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. ¿Que es la direccion de proyectos? [sitio web] Latam, Acerca del PMI. [Consultado 21, Septiembre, 2016]. Disponible en: <https://americalatina.pmi.org/latam/AboutUS/QueEsLaDireccionDeProyectos.aspx>

Tabla 2. Matriz de procesos según metodología PMI

	Arranque				Ejecución			Finalización
	Iniciación	Planificación			Ejecución	Control		Cierre
<b>Gestión de Integración</b>		Desarrollo del Plan de Proyecto			Ejecución del Plan de Proyecto		Control global de Cambios	
<b>Gestión del Alcance</b>	Iniciación	Planificación del Alcance	Definición del Alcance				Verificación del Alcance	Control del Cambio de Alcance
<b>Gestión del Tiempo</b>		Definición de Actividades	Secuenciación de Actividades	Estimación de Duración de Actividades	Desarrollo de la Programación		Control de la Programación	
<b>Gestión de Costes</b>		Planificación de Recursos	Estimación de Costes	Presupuesto de Costes			Control de Costes	
<b>Gestión de la Calidad</b>		Planificación de la Calidad			Garantía de Calidad		Control de la Calidad	
<b>Gestión de los RRHH</b>		Planificación Organizativa	Incorporación de Personal		Desarrollo del Equipo			
<b>Gestión de la Comunicación</b>		Planificación de la Comunicación			Distribución de Información		Reporte de Rendimiento	Cierre Administrativo
<b>Gestión de Riesgos</b>		Identificación de Riesgos	Cuantificación de Riesgos	Desarrollo de Medidas			Control de Medidas	
<b>Gestión de Compras</b>		Planificación de Compras	Planificación de Solicitudes		Solicitudes	Selección Proveedores	Administración de Contratos	Cierre de Contratos

Fuente: “Matriz de procesos según metodología PMI – PMBOK 2004”

Es evidente que la etapa de planeación es donde más actividades se deben realizar, es aquí donde se toman las decisiones sobre cómo se van a ejecutar las tareas durante el proyecto, esto con el fin de poder prevenir inconvenientes o imprevistos durante la ejecución cuando seguramente la solución de problemas va a consumir mayor uso de recursos como tiempo, costos o hasta se puede comprometer la calidad del producto final.

Partiendo de la necesidad de desarrollar proyectos de manera más óptima y aplicando la metodología del PMI en proyectos de construcción encontramos en la metodología Lean una posible alternativa para la ejecución de los mismos, teniendo como objetivos principales, la reducción de pérdidas, el aumento de la productividad, la reducción de plazos de ejecución y una mayor satisfacción del cliente.

### 1.2.3 Filosofía Lean y sus antecedentes.

Para tener un claro entendimiento del entorno en el cual se desarrolla la presente investigación se hace necesario un análisis de los antecedentes a los aportes de la filosofía lean desde sus inicios.

### 1.2.4 Producción en masa – Henry Ford

Tras varios años de producción de automotores, en el año 1908, <sup>3</sup>Henry Ford dio inicio con la producción del automóvil más influyente del mundo en el siglo XX, se

<sup>3</sup> Historia y Biografía. Henry Ford. [sitio web]. Sec. Ciencias. [consultado 08, Febrero de 2017]. Disponible en: <https://historia-biografia.com/henry-ford/>

trataba del Ford Modelo T, un automóvil diseñado y construido para el ciudadano americano promedio, un vehículo amplio en capacidad para toda la familia y de fácil mantenimiento y reparación, pues esta era una de las razones por las cuales las personas en esta época no adquirirían vehículos, eran muy costosos de adquirir y de mantener.

Lo interesante en la producción de estos vehículos es que se implementó en su planta de producción en Detroit, Michigan un modelo innovador que tenía un valor agregado en comparación con los demás, un modelo de producción en masa basado en bandas transportadoras donde los vehículos se iban ensamblando sobre la banda y los trabajadores no tenían que desplazarse. Así el tiempo de ensamblaje de cada vehículo sería de 2,5 horas en vez de 12 horas como se venía haciendo anteriormente, pues la demanda de dichos vehículos así lo requería. También hubo un cambio en la utilización de materiales y autopartes, pues Ford creó la necesidad de estandarizar las autopartes de todos sus vehículos, lo que hizo innecesaria la utilización de mano de obra calificada lo que siguió reduciendo costos en la elaboración de vehículos.

De acuerdo con la producción en masa y su innovador modelo podemos observar que las principales características y lo que la hicieron importante e impactante para los tradicionales modelos de producción fueron:

#### **1.2.4.1 Organización**

Su sistema innovador de producción hizo que los costos de producción de vehículos automotores se redujeran casi un 90% lo que hizo un producto accesible para todos los ciudadanos promedio.

#### **1.2.4.2 Herramientas**

La reducción en el uso de herramientas durante el ensamblaje de vehículos se hizo posible gracias a la estandarización de las partes de los vehículos, pues gracias a esto ahora también las máquinas que se usaban eran estándar y esto redujo costos en la producción de los mismos.

#### **1.2.4.3 Producto**

Estos vehículos se expandieron por todos los Estados Unidos con una sola filosofía, era el vehículo que venía a revolucionar su uso, pues dejaría de ser un lujo para los usuarios a una necesidad, pues su precio era accesible para la clase trabajadora y adicionalmente su mantenimiento y reparación también representaba bajo costo.

### **1.2.5 TPS (TOYOTA PRODUCTION SYSTEM) - Lean Manufacturing**

Dando sus primeros pasos desde el año 1945 cuando el ingeniero Japonés Taiichi Ohno de la empresa TOYOTA vio la necesidad de modificar los procedimientos de gestión que se estaban haciendo en ese entonces para la producción de automóviles a gran escala, ideó un modelo el cual estaría enfocado principalmente en mejorar la producción y optimizar todos los procesos, sin necesidad de consumir más recursos, por el contrario representando un ahorro recursos, tiempo y otras necesidades.

Según Toyota<sup>4</sup> este sistema fue creado en base a los siguientes principios básicos:

- Reducción de tiempos de instalación, donde lo que se buscaba era eliminar aquellas prácticas que no aportan valor pero si requieren mano de obra.
- Producción de lotes pequeños, con el fin de no incurrir en grandes costos por maquinaria de alta velocidad, mayores inventarios y costos mayores por imperfectos en los vehículos.
- Calidad en la fuente, pues para ellos era mucho más fácil solucionar los inconvenientes encontrados a tiempo, justo cuando habían ocurrido y no después cuando fuera más costoso corregir los imperfectos.
- Participación de los empleados, donde se crearon equipos para que los empleados aportaran no solo como mano de obra sino también con ideas y mejoras para la producción de vehículos.

De esta forma el sistema de producción de Toyota se convertía en un modelo base para la industria manufacturera a nivel mundial pues usando sus principios básicos se podía ajustar cualquier sistema y usarse para beneficio de las compañías.

Cabe resaltar que del TPS y el Lean manufacturing surgen muchos otros modelos aplicados a diversas industrias que aportan a la profundización de esta investigación para la cual algunos serán analizados más adelante.

### **1.2.6 Lean construction – Construcción sin pérdidas**

Se entiende como Lean construction o construcción sin pérdidas a la implementación de la filosofía de lean manufacturing a la construcción. Esta metodología de trabajo tiene como objetivo dentro de las empresas y proyectos de construcción reducir las pérdidas por medio de un modelo de trabajo donde se busca eliminar las actividades que no generan ningún valor en todas las fases de los proyectos, desde la iniciación, hasta el cierre. Como definición teórica de

---

<sup>4</sup> Toyota. Principios rectores en Toyota. [sitio web] Sec. Visión y Filosofía. [consultado 15 Octubre de 2016] disponible en: [http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/guiding\\_principles.html](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/guiding_principles.html)

acuerdo con <sup>5</sup>Pons Aschell podríamos decir que la principal finalidad de la metodología Lean en la construcción es poder desarrollar proyectos donde los niveles de pérdidas y desperdicios se reduzcan a un nivel mínimo, generando también un pensamiento proactivo en las empresas constructoras, donde busquen herramientas que generen valor agregado tanto a las compañías como a proyectos.

En construcción se han empleado procedimientos que al igual que en la industria automovilística no estaban generando un plus frente a las demás industrias por el contrario el común denominador es el consumo excesivo de recursos, tiempos muertos en todas las actividades, bajos rendimientos, y sin hablar de los altos desperdicios en materias primas; todo esto sin representar una mejoría en sus procesos, una industria careciente de modelos innovadores que hagan de la construcción un negocio más rentable, sostenible, y productivo. Dicha necesidad fue trabajada y desarrollada en 1992 por <sup>6</sup>Lauri Koskela quien encontró en la metodología de producción Lean una salida y una forma distinta de desarrollar procesos dentro de las todas las fases de proyectos de construcción, esta nueva filosofía sería llamada Lean Construction, centro principal de esta investigación.

Varios Modelos Lean Construction para planeación de proyectos como el sistema “justo a tiempo”, el “Lean Project Delivery Sistem”, el modelo de las “5’S”, y el modelo conocido como el “último planificador” serán profundizados a lo largo de esta investigación.

Esta filosofía basa sus principios en dar correcto uso a los recursos que tenemos en proyectos de construcción tales como: materiales, mano de obra, maquinaria, herramientas y equipos e información. Esto con el fin de obtener procesos cuyos recursos empleados sean cada vez menores, es decir actividades cuya productividad sea cada vez mayor.

En Colombia, y sobre todo en la universidad de EAFIT en Medellín se ha profundizado mucho en el tema, pues se ha buscado que las empresas constructoras en el país estén a la vanguardia con este tema. Liderado por el Arquitecto Luis Fernando Botero Botero, quien ha escrito sobre el tema de análisis de procesos y la filosofía Lean Construction se destacan varias ideas. <sup>7</sup>Según Botero podemos establecer 3 clases de productividad en la construcción, de acuerdo con los recursos considerados, de la siguiente forma.

---

<sup>5</sup> Pons Ashell Juan Felipe, Introducción a Lean Construction. 1ra ed. 2014. Fundación Laboral de la construcción. P.15

<sup>6</sup> Koskela, Lauri (2000) An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction. Publ. No. 408, VTT (Technical Research Centre of Finland), Helsinki.

<sup>7</sup> BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas, Análisis de procesos y Filosofía lean construction. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A.; 2006. P.17.

- Productividad de los materiales: Se hace necesario evitar los desperdicios de materiales pues esto genera costos adicionales.
- Productividad de la mano de obra: Es de gran importancia pues es aquí donde se mide realmente los rendimientos y duraciones en la construcción.
- Productividad de la maquinaria: Para este estudio es la más importante, pues representa el mayor de los costos y por los proyectos que ejecuta la empresa es el recurso que más se debe controlar.

Una vez tengamos una serie de controles sobre estas 3 clases de productividad estaríamos dando inicio con la utilización de la filosofía Lean construction.

### 1.2.7 ¿Cómo implementarlo?

Actualmente encontramos que los avances para la filosofía Lean Construction han venido aumentando cada vez más, pues es evidente que existe una necesidad de solucionar muchos inconvenientes que se presentan durante todas las fases de los proyectos. Para la implementación de esta filosofía dentro de los proyectos de construcción, hemos encontrado a varios autores que han explicado la forma menos dolorosa de hacerlo, aunque siempre cambiando la forma de ver y hacer las cosas, pues son muchos años donde hemos venido cometiendo cierto tipo de errores.

Según el autor Juan Felipe Pons Aschell<sup>8</sup> hay que destacar tres aspectos esenciales para lograr una adecuada implementación de dicha filosofía en la construcción. Inicialmente que es una modelo que orienta la gestión y estrategia global. Segundo que adopta tecnologías y métodos que apoyan la implementación de los principios de esta filosofía. Y por último la creación de una cultura que facilita que las personas sostengan la implementación.

La implementación como tal de esta filosofía dentro de las empresas es la causante de que muchas no quieran hacerlo, pues existe el mito de que consume muchos recursos, tarda mucho tiempo en mostrar resultados y se corre el riesgo de que no sea bien recibida por los trabajadores y por el contrario se esté invirtiendo en tiempo perdido. De ser esto cierto no sería una de las filosofías más adoptadas por las empresas constructoras a nivel mundial, inclusive en Colombia, según la revista <sup>9</sup>Portafolio en 2015 ya eran 18 las empresas que tenían 100% adaptados los modelos de Lean Construction dentro de sus modelos de gestión.

---

<sup>8</sup> Pons Ashell Juan Felipe, Introducción a Lean Construction. 1ra ed. 2014. Fundación Laboral de la construcción. P.18.

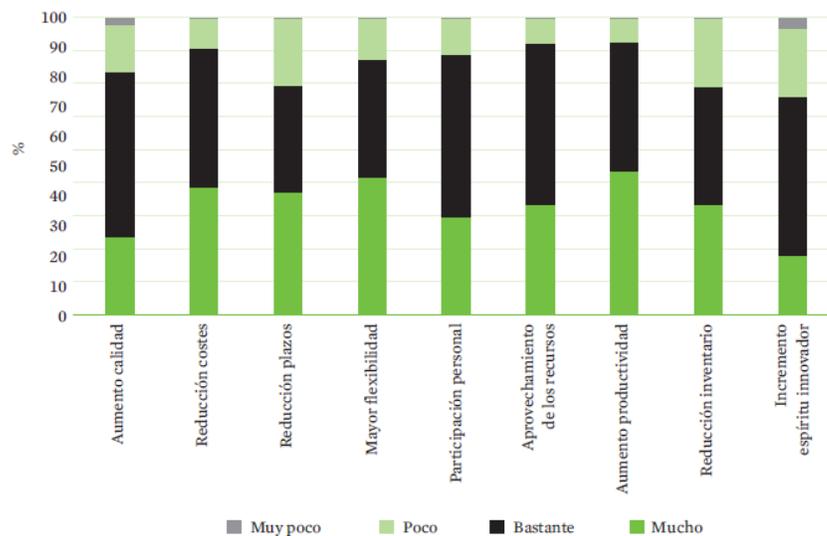
<sup>9</sup> PORTAFOLIO, 'Lean Construction' va en 18 empresas. [sitio web] CO. Sec. Negocios. Empresas. [Consultado 19, Octubre, 2017]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/lean-construction-18-empresas-32866>

### 1.2.8 Beneficios

Los beneficios que trae la implementación de esta filosofía dentro de empresas y proyectos de construcción son muy importantes, pues siempre va implicado hacia la economía y ahorro de recursos. <sup>10</sup>Según Koskela, la filosofía Lean Construction permite a las empresas reducir costos de operación pues le da gran valor a la reducción de actividades que no generan valor, reducción de residuos de materiales ya que su enfoque principal es el de reducir pérdidas económicas como materiales, mejorar la productividad por medio de la eliminación de tiempos perdidos dentro de las actividades, aumentar ganancias y la calidad de vida de las personas que están involucradas pues con su correcta aplicación se deberá producir más con menos esfuerzo.

Existen diversos estudios que demuestran la gran cantidad de beneficios que genera el Lean dentro de las compañías, en España, la Escuela de Organización Industrial (EOI) dentro de sus planes de investigación tiene un área dedicada al estudio de metodologías Lean y su implementación en empresas Españolas, y de ahí se desprende el siguiente gráfico.

Figura 1 Beneficios obtenidos con la implementación Lean en España



Fuente: Lean manufacturing, Situación del lean manufacturing en España, Escuela de organización industrial EOI (2013)

Tras este estudio podemos concluir que los principales beneficios que veremos dentro de las empresas que opten por la implementación de la filosofía Lean serán

<sup>10</sup> Koskela, Lauri (2000) An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction. Publ. No. 408, VTT (Technical Research Centre of Finland), Helsinki.

la reducción de costos, la mayor flexibilidad y para mí el más importante, el aumento de productividad, pues cuando una empresa aumenta sus índices de productividad reduciendo costos quiere decir que está haciendo óptimos sus recursos para la ejecución de proyectos.

Para poder gozar de estos beneficios debe existir un gran apoyo dentro de la gerencia de proyectos encargada de los mismos, pues es necesario generar un sentido de pertenencia para que realmente se desarrolle esta cultura dentro de los proyectos que permita involucrar realmente la filosofía dentro de los modelos de gestión de las empresas.

### **1.2.9 Estrategia de gestión**

Para poder definir los procedimientos para el uso de sistemas de información, tecnología, y otros recursos dentro de las empresas se hace necesario establecer los pasos o estrategias que deben emplearse para desarrollar una correcta gestión que permitirá mejorar la productividad y disminución de pérdidas.

#### **1.2.9.1 Productividad**

Usando la filosofía Lean construction como estrategia principal en la gestión de proyectos debemos iniciar con establecer cuáles son los factores que afectan positiva y negativamente la productividad dentro de nuestros proyectos. A continuación seleccionare algunos de los factores mencionados por <sup>11</sup>Botero y que a para mi punto de vista son los más importantes según los proyectos que trabaja la empresa.

Afectan negativamente la productividad.

- Ejecución de obras con diseños incompletos.
- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministro de equipos y herramientas.
- Clima y condiciones adversas a la obra.

Afectan positivamente la productividad.

- Buena disposición de los materiales en el sitio de trabajo.
- Utilización de técnicas de planificación por los administradores de la obra.
- Buena supervisión de los trabajos.
- Estudios de tiempos y métodos de las actividades.

Cabe resaltar que como estrategia de gestión, una de las tareas que afectan positivamente la productividad en nuestros proyectos es una constante

---

<sup>11</sup> BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas, Análisis de procesos y Filosofía lean construction. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A.; 2006. P.18.

retroalimentación, pues cuando son actividades repetitivas, el perfeccionar la misma hace que su productividad sea cada vez mayor.

### **1.2.9.2 Pérdidas**

Con el fin de establecer una mejor estrategia de gestión de proyectos e identificar falencias en los sistemas de gestión, <sup>12</sup>Botero clasifica las pérdidas debido a sus causales de la siguiente forma:

- **Problemas de diseño**

Generalmente se presentan cuando existen deficiencias en los diseños o cuando son diseños cuya complejidad dificulta su ejecución y genera pérdidas.

- **Deficiente administración**

Esta causal esta relacionada con varios factores como lo son, la alta rotación de personal, problemas de comunicación en obra, planificación de obra deficiente y reacciones reactivas en vez de preventivas.

- **Método de trabajo inadecuado**

Esta también se genera por relación a varios factores como: mala utilización de recursos como personal, maquinaria y materiales, utilización de tecnologías inapropiadas, falta de evaluación de alternativas más eficientes y la falta de registros de experiencias anteriores.

- **Problemas del recurso humano**

Este es uno de los más importantes pues esto se asocia directamente con el rendimiento de la obra, y se da principalmente por falta de capacitación del personal, poca motivación y problemas de inseguridad.

- **Problemas de seguridad**

Esto se da por la falta de interés o desconocimiento del personal administrativo en obra, pues con los sistemas adecuados de seguridad en las obras se reducirían niveles de accidentalidad y aumentaría la productividad.

---

<sup>12</sup> BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas, Análisis de procesos y Filosofía lean construction. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A.; 2006. P.46.

- **Sistemas de control deficiente**

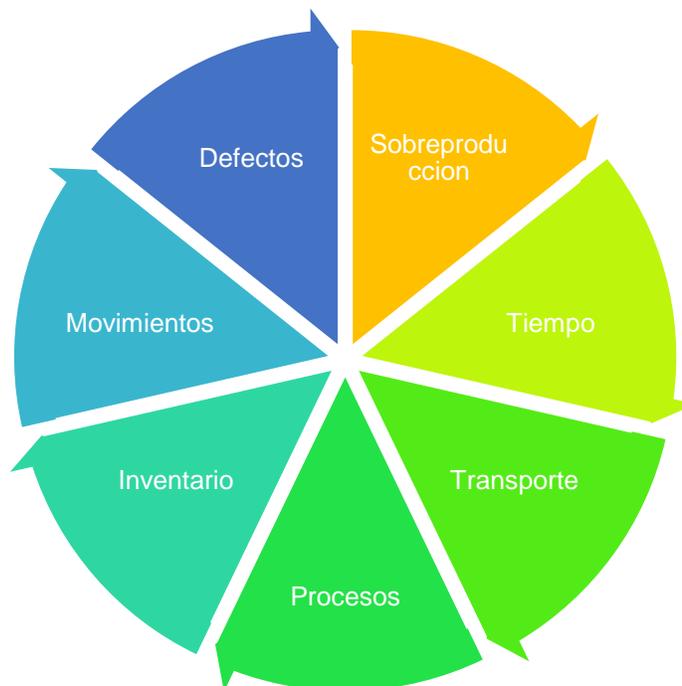
En las obras hacemos control principalmente al presupuesto y sus mayores variables, pero se incurre en errores como la no medición de productividad, la presentación de información inoportuna, no hay responsabilidades claramente definidas.

Teniendo en cuenta estas variables en los sistemas de control se reducirán de gran manera la incertidumbre en la gestión de proyectos y será más fácil hacer control de manera oportuna sobre los mismos.

### 1.2.10 Desperdicios “muda”

Con el fin de controlar y medir los desperdicios generados en su industria, el ingeniero Japonés <sup>13</sup>Taiichi Ohno dentro de su modelo de manufactura esbelta identifico los 7 tipos de desperdicios que se pueden llegar a generar.

Figura 2. 7 tipos de desperdicios.



*Fuente: Diseño autoría propia información tomada de: Lean Enterprise Institute. Seven Wastes.*

---

<sup>13</sup> Lean Enterprise Institute. Seven Wastes. [sitio web]. Lean Lexicon. [consultado 06, Noviembre, 2016]. Disponible en: <https://www.lean.org/lexicon/seven-wastes>

- 1) La sobreproducción, consiste en producir antes de ser necesario o más de lo que se necesita.
- 2) Las esperas de tiempo se dan cuando alguna actividad se interrumpe por esperar otra actividad, material o autorización.
- 3) El transporte es cuando se hace necesario transportar materiales a algún lugar de acopio o almacén.
- 4) Sobre los procesos o sobre procesos deben ser optimizados con el fin de reducir fases innecesarias dentro de las actividades.
- 5) El exceso de inventario se da cuando tenemos mucho stock de materiales que seguramente no se van a usar dentro de mucho tiempo.
- 6) Los movimientos innecesarios son movimientos contados como desperdicios que se pueden evitar realizando una correcta coordinación de movimientos y actividades.
- 7) Los defectos o imperfecciones son causados por faltas de control, baja calidad o mal diseño del producto.

Una vez identificados los tipos de desperdicios que podemos encontrar dentro de los proyectos, se hace necesario hacer hincapié sobre aquellos que afectan mayormente la gestión y desarrollo de proyectos dentro de la empresa Talero Ingeniería.

## 2. PLANEACION DE PROYECTOS BAJO LA FILOSOFIA LEAN

La etapa de planeación dentro de proyectos y empresas de construcción se ha vuelto indispensable, y desde mi punto de vista, la más importante, es por esto que la filosofía Lean invierte tanto tiempo y recurso para poder obtener una correcta planeación que reduzca la incertidumbre a la hora de la ejecución.

Para dar inicio a una correcta planeación bajo la filosofía LEAN según <sup>14</sup>Pablo Lledo, es importante conocer los 5 principios básicos del “Lean Thinking”:

1) Especificar el valor de cada proyecto desde la perspectiva del cliente.

Como prueba crítica de cualquier actividad, deberíamos primero sentarnos a pensar si dicha actividad crea un valor adicional esperado por el cliente, considerando “valor” como cualquier cosa por la que un cliente estaría dispuesto a pagar un costo adicional, en caso de no ser así, quiere decir que dicha actividad está generando desperdicio, el cual está definido en 2 tipos: Tipo 1- Actividad parcialmente sin valor pero necesaria para completar las tareas. Tipo 2 – Actividades que realmente carecen de valor agregado que en términos de Lean se denominan “Muda”.

2) Identificar el flujo del valor.

Según el autor debemos considerar “flujo de valor” como un compuesto entre todas esas tareas necesarias que deben ser completadas en su totalidad para obtener un producto final, aunque algunas de estas tareas no aporten ningún valor. Una vez diferenciadas dichas tareas entre las que aportan y no valor, se procede con la identificación del flujo de valor, el cual debe entenderse como una idea teórica donde se incluyen únicamente las tareas que agregan valor al producto.

3) Permitir el flujo de valor sin interrupciones.

Una vez identificado el flujo de valor, el autor propone que debemos tomar una ruta diferente a la que hemos estado acostumbrados siempre donde priman las demoras y los tiempos de espera, sino por el contrario, hay que llevar el enfoque hacia el cliente, donde lo que realmente debemos hacer es identificar plenamente esas tareas “muda” y eliminarlas o reducirlas al máximo posible, sin que estas se vuelvan una cadena crítica que retrasen nuestro flujo de valor.

4) Permitir al cliente la extracción de valor del equipo de proyectos.

En este punto la sugerencia del autor es que en algunas ocasiones le permitamos al cliente involucrarse en los procesos del proyecto, pues quien más que el mismo,

---

<sup>14</sup> Lledo Pablo, Rivarola Gustavo, Macau Raul, Cucchi Daniel H y Esquembre Juan Francisco, Administración Lean de Proyectos: Eficiencia en la gestión de múltiples proyectos. Mexico: Pearson Prentice Hall; 2006. P.21.

para decirnos cuales tareas no le aportan ningún valor o cuales deben ser reforzadas, generando esto un acompañamiento continuo de quien va a recibir los entregables, haciendo correcciones a tiempo y no cuando el tiempo no nos permita hacer dichas modificaciones.

5) Buscar la perfección permanentemente.

Para mantener y mejorar el desempeño en un proyecto LEAN el autor hace énfasis en la constante disciplina del equipo pues es allí donde se lleva en control de todas las tareas donde se hace necesario que también exista una intolerancia al desperdicio de recursos de todo tipo.

Con estos 5 principios es evidente ver que para tener una correcta planeación es necesario inicialmente ponerse en los zapatos del cliente y tener claro que es lo que realmente espera el cliente de nosotros, pues teniendo esto como punto de partida va a ser más fácil dar avance con todos los requerimientos solicitados, utilizando siempre el “LEAN THINKING” para la realización de cualquier proceso dentro de las tareas que tengamos que entregar al cliente.

## **2.1 MODELOS LEAN CONSTRUCTION PARA PLANEACIÓN DE PROYECTOS**

Dentro de la filosofía Lean Construction para gestión de proyectos se encuentran diversidad de modelos que se han venido creando con las diferentes necesidades de proyectos y empresas, a continuación expondré algunos de los que pueden ser los más importantes y aplicables dentro de esta investigación. De igual manera estudiaremos de qué forma cada modelo aportaría a la gestión de procesos dentro de la empresa Talero Ingeniería y en su ejecución de proyectos.

### **2.1.1 “Just in time” (JIT)**

El modelo *just in time* o justo a tiempo es un modelo creado y aplicado por la empresa TOYOTA por Taiichi Ohno quien encontró que se eliminaban perdidas y desperdicios de materia prima cuando retirábamos de la cadena de producción la etapa de almacenamiento, pues era posible siempre y cuando tuviéramos pleno control del proceso.

Según Taiichi Ohno<sup>15</sup> existen 4 objetivos principales dentro de este modelo:

---

<sup>15</sup> Contribución de Taiichi Ohno. Kaizen institute [sitio web]. Blog. KII 2013. [consultado 29 Enero 2017]. Disponible en: <https://in.kaizen.com/blog/post/2013/10/17/taiichi-ohnos-contribution.html>

Figura 3. Objetivos del 'JIT'



Fuente: Diseño autoría propia. Información tomada de: TOYOTA MOTOR CORPORATION. Just-in-time. [Sitio web]. Company. [http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system/just-in-time.html](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html)

El principal atractivo de la implementación de este modelo dentro de sus sistemas de gestión en la empresa Talero Ingeniería es que evidentemente se reducen y en algunos casos se eliminan costos por almacenamiento de materiales, dichas zonas de almacenamiento que pueden ser utilizadas con otros fines. Lo importante del uso de esta metodología y su aporte con la gestión de proyectos es que con el pasar del tiempo esto se convierte en una filosofía para los trabajadores y el ahorro en todas sus áreas se va a ver a diario.

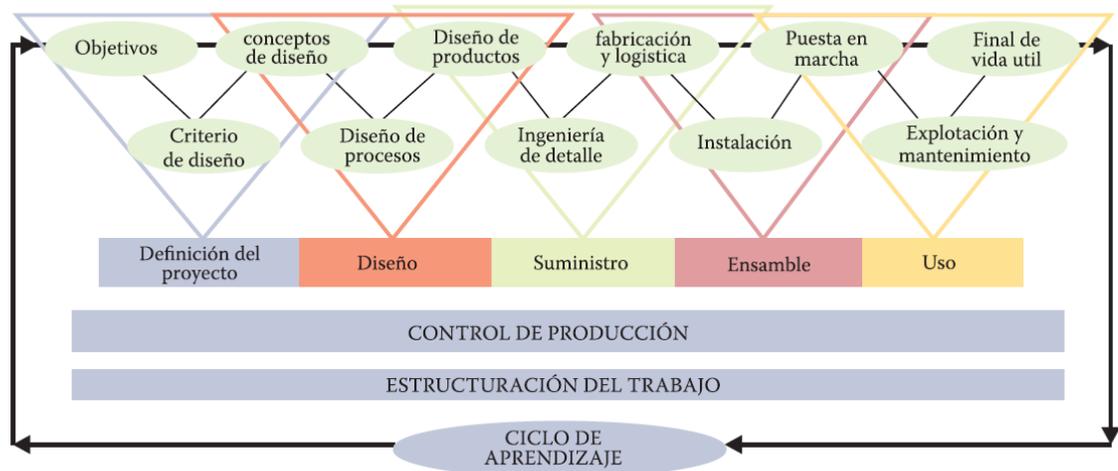
### 2.1.2 “Lean Project Delivery System” (LPDS)

De esta filosofía se desprende un modelo denominado IPD (Integrated Delivery Project) que al ser aplicado en proyectos de construcción se convierte en <sup>16</sup>LPDS (Lean Project Delivery System) el cual propone una metodología para desarrollar proyectos bajo 5 fases y 12 etapas las cuales aportan para la generación de valor de los proyectos.

---

<sup>16</sup> Glenn Ballard and Gregory A. Howell Lean Project management. BUILDING RESEARCH & INFORMATION (2003) 31(2), 119–133. P.121.

Figura 4. Lean Project Delivery Sistem



Fuente: Lean project delivery system, Lean construction Journal 2008.

En este modelo tomado del LCI podemos observar que los proyectos no terminan cuando termina la fase de “uso” sino que siempre existe una etapa de retroalimentación o como lo llama el Lean Construction Institute, Ciclo de aprendizaje.

Lo importante y atractivo del modelo LPDS dentro de la gestión de proyectos en la empresa Talero Ingeniería es que en cada una de sus fases se observa la importancia de mantener una optimización en la gestión de las etapas dentro de la estructura de trabajo de cada proyecto, pues de esta forma es como se van estructurando los planes de gestión de los proyectos para poder estandarizarlos y habiendo encontrado un modelo óptimo para el uso de los proyectos.

### 2.1.3 “LAST PLANNER SYSTEM” (LPS)

Otro de los sistemas más aplicados dentro del Lean Construction encontramos el Last Planner System o sistema del Último Planificador el cual tiene como finalidad, por medio de un alto control y planificación de la producción, poder reducir la incertidumbre en la programación de actividades.

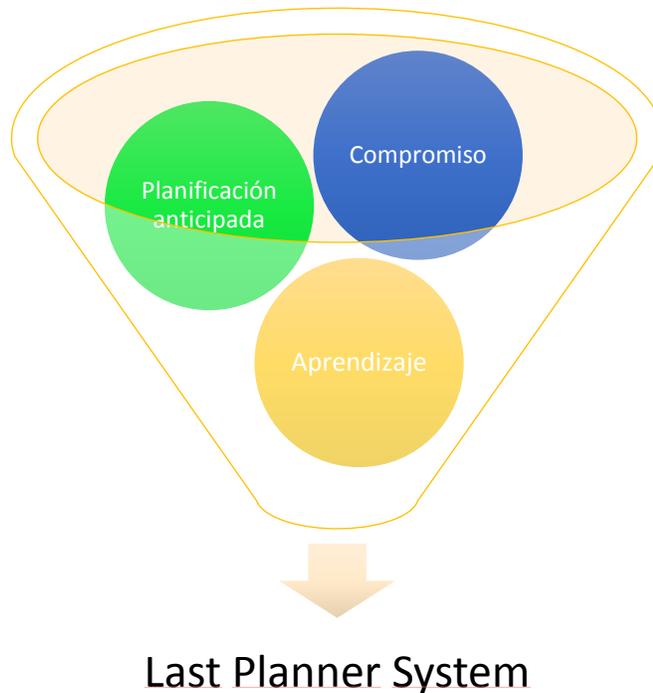
Este control se lleva a cabo dentro de los proyectos cuando existe una persona designada con esta función, donde continuamente se está revisando el programa inicial previsto y convirtiéndolo cada vez más detallado, al nivel de poder asignar tareas y definir entregables a las personas responsables de cada actividad. Con la implementación de este modelo el principal beneficio dentro de los proyectos es que

la incertidumbre dentro de las distintas tareas cada vez se va a hacer menor, dependiendo de la rigurosidad de dicho seguimiento.

### 2.1.3.1 Componentes de Last Planner System

Este modelo cuenta con 3 principales componentes:

Ilustración 1. Componentes del Last Planner System



Fuente: Diseño autoría propia, información tomada de: Lean Construction Org. Last Planner System, Business process standard and guidelines. [sitio web] [https://www.leanconstruction.org/media/docs/chapterpdf/israel/Last\\_Planner\\_System\\_Business\\_Process\\_Standard\\_and\\_Guidelines.pdf](https://www.leanconstruction.org/media/docs/chapterpdf/israel/Last_Planner_System_Business_Process_Standard_and_Guidelines.pdf)

En la planificación anticipada lo que se busca es una rigurosidad en el momento de controlar la planeación, pues cuando se encuentran retrasos, o actividades no incluidas dentro del programa, es necesario revisarlo con el equipo de personas involucradas para tomar la correcta decisión.

El compromiso de todos los entes que intervienen es supremamente importante en este modelo pues un LPS donde todos los trabajadores intervienen y donde se recibe su total compromiso, es un seguro completo para las empresas.

Y finalmente el aprendizaje nos deja las enseñanzas y retroalimentación que podemos hacer al implementar este modelo, pues es necesario que se mantenga y cada día se vean más y mejores resultados.

#### 2.1.4 “5S”

Otro método incluido en esta filosofía y para mi uno de los más completos para la gestión de empresas o proyectos es el método conocido como 5s, denominado así por <sup>17</sup>5 palabras en japonés, (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) las cuales aportan según la filosofía Lean de la siguiente forma:

Ilustración 2. Modelo 5S



Fuente: Sistemas de Gestión de Quality & Improvement.  
Manuel Arangua P. Modelo 5S -, Auditor Líder ISO-9000 (IRCA)

##### 2.1.4.1 Seleccionar (seiri)

Consiste en tener plenamente identificados los elementos que son necesarios para la ejecución de nuestro proyecto y de la misma forma los que son innecesarios, ubicarlos en un nivel de jerarquización y tratar de eliminar aquellos elementos innecesarios o en su defecto reducirlos al máximo.

<sup>17</sup> Lean manufacturing tools. ¿Qué es 5S? [sitio web]. Org. Sec. 5S. [consultado 7 Noviembre de 2016]  
Disponible en: <http://leanmanufacturingtools.org/192/what-is-5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-shitsuke/>

#### **2.1.4.2 Ordenar (seiton)**

Este paso consiste en definir el modo en que deben identificarse y ubicarse los elementos o materiales que realmente encontramos necesarios de tal manera que cuando necesitemos hacer uso de ellos sea de la forma más fácil y rápida, buscando siempre optimizar espacio y tiempo.

#### **2.1.4.3 Limpiar (seiso)**

Una vez tengamos lista nuestra selección de elementos y estén ordenados estos mismos nos va a ser mucho más sencillo hacer una limpieza una vez sea necesario, de tal forma que sea siempre una limpieza completa y cada vez más fácil dicha depuración.

#### **2.1.4.4 Estandarizar (seiketsu)**

En esta etapa es necesario que definamos como depurar aquellas situaciones imprevistas que no permiten un correcto orden y una limpieza profunda de los estos elementos innecesarios, buscando siempre que se haga de la manera más fácil, ya que a diferencia de las anteriores la estandarización se puede volver repetitiva.

#### **2.1.4.5 Mantener (shitsuke)**

Aquí es necesario dar una mirada atrás y recordar que estos pasos ya superados no se pueden olvidar y que es necesario establecer directrices que mantengan los pasos ya ejecutados. A partir de este punto debemos ser conscientes que no podemos perder el rumbo fijado desde la selección de los elementos para hacer actividades más eficientes en todo sentido.

Para planear y ejecutar proyectos de ingeniería, este modelo es de gran ayuda, pues de la simpleza se llega a la complejidad de poder designar cada una de las etapas a distintas tareas, actividades, materiales y cualquier tipo de recurso que requiera una serie de procesos dentro de la compañía. Con la aplicación del modelo "5S" podremos tener pleno control y seguridad de que no van a existir despilfarros ni se van a malgastar los recursos y siempre vamos a contar con en el caso de las materias primas en un orden específico y fácil de controlar y relacionar.

En el caso de Talero Ingeniería, este modelo se utilizaría mucho para almacenes y acopios de materiales, pues es de gran utilidad tener zonas específicas y delimitadas para cada tipo de material, el cual va a ser fácil ubicar en el futuro y no va a generar pérdidas de ningún tipo.

### 3. PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN EN TALERO INGENIERÍA.

Dentro de la empresa Talero Ingeniería existen varias rutas de planeación y ejecución de proyectos, estas dependiendo de la función específica que se vaya a desempeñar dentro del proyecto. Generalmente existen dos tipos de proyectos que se desarrollan en la empresa, cuando se hace la planeación del proyecto para posterior ejecución, y cuando únicamente se ejecutan los proyectos según una planeación presentada por el cliente.

A continuación explicaremos la ruta de planeación y ejecución de 2 proyectos de la empresa, los cuales fueron planeados y ejecutados bajo un modelo de gestión de proyectos bastante irregular.

#### 3.1 PROYECTO 1

Llamaremos Proyecto 1 a un proyecto que actualmente se está ejecutando, un proyecto cuyo objetivo principal era hacer las excavaciones de unos lagos existentes y cuya ruta de planeación y ejecución se explica en el siguiente gráfico:

Ilustración 3. Ruta de planeación y ejecución en Talero Ingeniería



*Fuente: propia - Ruta de Planeación y ejecución en Talero Ingeniería*

##### 3.1.1 Descripción y ciclo de vida

Inicialmente se hizo un estudio del alcance que tendría la empresa y las funciones que realizaría dentro del proyecto, esto con el fin de tener claridad de las metas y poder cumplir al 100% con los objetivos requeridos por el cliente. Luego de haber definido dicho alcance se procede a hacer una planeación general de cómo va a ser

la participación dentro del proyecto de inicio a fin. Luego de revisar la información entregada por el cliente para la ejecución del proyecto, se hace un análisis de las cantidades presentadas por el cliente, con el fin de corroborar realmente cual va a ser el alcance de la empresa Talero Ingeniería dentro del proyecto. Posterior a esto se hace un análisis de precios unitarios de las principales actividades que se van a ejecutar, donde se tienen en cuenta algunos rendimientos de equipos, materiales y mano de obra que posiblemente podrían intervenir. Una vez hecho este análisis se procede con la ejecución de la obra, pues había urgencia por parte del cliente para iniciar los trabajos, para posterior cierre y entrega de trabajos realizados.

### **3.1.2 Ventajas**

Con la primera planeación general que se hizo del proyecto se encontró varias ventajas que podrían beneficiarnos durante la ejecución del mismo, pues por ser un proyecto donde se tiene amplio conocimiento de las actividades a ejecutar, el riesgo era casi mínimo. La ubicación del proyecto es a las afueras de la ciudad, sobre una vía donde la restricción de movimiento de equipos pesados no sería una limitante. El tiempo estimado en la planeación general era muy corto, pues en el momento no existía ningún impedimento para la ejecución del proyecto. Los equipos a utilizar en el proyecto son 70% propios, lo cual incrementaría la utilidad al final del proyecto.

### **3.1.3 Desventajas**

La planeación inicial obtenida no era la más detallada, pues como lo mencionamos anteriormente, había urgencia por parte del cliente para iniciar los trabajos, lo cual no nos dio mucho tiempo de realizar un programa detallado donde se evidenciaran exactamente cuales iban a ser restricciones que tendría el proyecto.

### **3.1.4 Estructura organizacional y Ejecución**

El inicio de la ejecución del proyecto fue un poco complicado, pues la logística y coordinación del ingreso de personal y maquinaria tuvo algunos retrasos pues no se había informado a los residentes del conjunto de dichas obras y fue necesario hacer una socialización del proyecto con ellos, lo cual retraso un par de días el programa general previsto. Una vez obtenidos dichos permisos se procedió con el ingreso de la maquinaria hacia los frentes de obra previstos según la programación para así poder dar inicio a las actividades de excavación. Tras 8 días de trabajo se había avanzado en la ejecución de obra como se tenía programado, de hecho se habían recuperado los días de atraso y los rendimientos de la maquinaria estaban superando los previstos, es decir, si seguíamos con ese rendimiento, podríamos terminar antes de la fecha esperada.

A partir del día 12 se evidenció una disminución en la cantidad de material diario excavado con relación a los días anteriores, y se encontró que tras una falla mecánica, uno de los equipos estaba disminuyendo su rendimiento en un 70%.

Dicha falla no pudo ser corregida, pues sería necesario retirar el equipo del proyecto por 2 semanas, lo cual retrasaría considerablemente avance alcanzado, así que se tomó la decisión de seguir con ese rendimiento inferior. Tras 28 días de ejecución de obra, el programa se encontraba a un 83% del avance esperado y aunque con conocimiento del cliente, la decisión fue seguir con se venía haciendo. Uno de los alcances de la ejecución del proyecto era el presentar al cliente un programa semanal de los avances alcanzados y de los frentes de obra que se intervenirían la siguiente semana, pues ellos tendrían que socializar nuevamente a los residentes antes de ingresar en las zonas previstas. Dicho programa semanal nunca se hizo al igual que tampoco se respetó el programa inicial, pues las zonas que se habían intervenido no eran las que estaban previstas, y nunca se hizo una modificación en el programa.

Hoy en día el proyecto se encuentra en un 56% tras 3 meses de ejecución y con un porcentaje de avance respecto al programado de un 64%. Dicho retraso se debe a varios factores; una parte a la disminución del rendimiento de los equipos, otra a la temporada de invierno no prevista, y otra a que por la falta de planeación no se informó oportunamente a los residentes de las labores a ejecutar y se han tenido varios días en los que no se ha podido trabajar. Finalmente se espera terminar el proyecto 2 meses después de la fecha de finalización prevista.

### 3.2 PROYECTO 2

El siguiente es un proyecto que se ejecutó en el año 2016, donde el principal objetivo era hacer todo el urbanismo para un conjunto de apartamentos en la ciudad de Bogotá y cuya ruta de ejecución se explica en el siguiente gráfico:

Ilustración 4. Ruta de planeación y ejecución en Talero Ingeniería.



Fuente: propia - Ruta de Planeación y ejecución en Talero Ingeniería.

### **3.2.1 Descripción y ciclo de vida**

En la iniciación de este proyecto fue necesario hacer un acompañamiento previo a la iniciación prevista pues unas modificaciones en los diseños arquitectónicos hicieron que la información inicial presentada por el cliente dejara de tener validez, y en esta nueva etapa por solicitud del mismo, se hizo necesario hacer un acompañamiento para revisar toda la parte técnica y la planeación que en ese momento se estaba haciendo. Dicho programa tuvo que ser modificado varias veces, pues no se estaban teniendo en cuenta algunos tiempos de entrega de materiales. Tras estos cambios en los diseños, las cantidades tuvieron una variación significativa, y por consiguiente el presupuesto se tuvo que analizar nuevamente, para poder presentar una nueva oferta. El siguiente paso fue la elaboración de cuadros comparativos de materiales y algunas actividades que se tendrían que subcontratar, pues la empresa no cuenta con mano de obra no calificada para algunas labores. Una vez hecho esto, se procede con la negociación de dichas actividades con el contratista cuyo precio representaría mayor ganancia en la ejecución de dicha actividad. Teniendo todo listo se da inicio a la obra para finalmente hacer el cierre de la misma.

### **3.2.2 Ventajas**

Se conocía plenamente el proyecto, pues como se mencionó anteriormente habíamos hecho un acompañamiento durante la modificación de los diseños y esto permitió que conociéramos más a fondo el proyecto y las necesidades del cliente. Otra ventaja importante era que los precios negociados con los proveedores eran bastante favorables y dejarían una utilidad mayor a la esperada.

### **3.2.3 Desventajas**

No se tenía claridad con el cliente donde iban a hacerse los acopios de material, pues su volumen era importante, y por tema de descuento fue necesario hacer la compra del 100% de los materiales por anticipado. Por la magnitud de este proyecto se presentaron algunas dificultades con el suministro de materiales, pues la coordinación con los proveedores no fue fácil.

### **3.2.4 Estructura organizacional y Ejecución**

El proyecto se dividió en 3 etapas importantes que eran, las excavaciones, la instalación de redes y las zonas comunes que eran zonas verdes, andenes, parques y vías. Se tenía estimado que las instalaciones debían empezar 8 días después del inicio de las excavaciones pero todo el material como tuberías y accesorios llegó 1 semana antes de haber iniciado con la obra, lo que causó un poco de molestia en el cliente pues no se habían coordinado los puntos de acopio ni almacenes de dicho

material. Tras haberse solucionado este impase, se dio inicio con las actividades de instalación de tubería para redes, construcción de estructuras hidráulicas y demás actividades referentes, con el único inconveniente de que al ser una gran cantidad de material el que se tenía en stock y no era el almacenamiento el más adecuado, no fue fácil llevar un control ni una trazabilidad a los materiales suministrados, lo cual hizo que no se pudiera medir realmente cual era el desperdicio generado.

Una vez finalizada la etapa de redes, se dio inicio a la construcción de zonas comunes comprendida de andenes, zonas verdes, vías entre otros. En esta etapa se presentó un problema similar de almacenamiento, pues la cantidad de material que debíamos acopiar o almacenar era importante y no hubo una coordinación con el proveedor adecuada, lo cual causo que mucho material se desperdiciara o se perdiera. Con un material en específico sucedió un inconveniente sobre las cantidades, pues estas excedieron lo que realmente se iba a utilizar, lo cual hizo que tuviéramos que re negociar con el proveedor para que nos recibiera nuevamente el material sobrante a un precio menor que el suministrado. Luego de haber ejecutado las obras en su totalidad se hizo necesario hacer un recorrido completo para revisar que se hubieran cumplido todos los compromisos adquiridos y hacer una entrega final de todo el proyecto al cliente y su interventoría, quien tras un par de observaciones y ajustes por temas de calidad recibió todos los trabajos y se pudo concluir exitosamente el proyecto aunque no como se había esperado.

## 4. OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

En este capítulo identificaremos cuales son las falencias más grandes que se presentan en la gestión de proyectos de la empresa Talero Ingeniería explicándolo a través de una solución diseñada bajo la filosofía Lean Construction y sus modelos de uso para ajustarlo a las rutas de planeación y ejecución de los proyectos 1 y 2 expuestos anteriormente.

### 4.1. IDENTIFICACIÓN EL PROBLEMA

Para poder proponer una solución y analizar como la filosofía lean aportara a la gestión de proyectos de la empresa Talero Ingeniería, debemos analizar inicialmente como se dio la ruta de planeación presentada en cada uno de los proyectos y evaluarla bajo un punto de vista Lean para que nos muestre cuales fueron sus falencias y así poder presentar una nueva y posible ruta de planeación y ejecución para cada uno de los proyectos presentados y poder evaluar si sería la ruta adecuada para dicho proyecto.

### 4.2. OPTIMIZACIÓN PROYECTO 1

Aplicando la filosofía lean y los modelos vistos anterior mente se elaboró una propuesta para una posible ruta de ejecución y planeación para este proyecto.

Ilustración 5. Ruta de planeación y ejecución LEAN en Talero Ingeniería.



Fuente: propia - Ruta de Planeación y ejecución LEAN en Talero Ingeniería.

Tomando como base los principios del modelo LPDS explicado anteriormente, se desarrolla una nueva ruta de planeación y ejecución para este proyecto, donde sus principales cambios fueron la definición de su alcance inicialmente, un estudio previo de diseños y estudios del proyecto, para posterior análisis y evaluación de precios unitarios, con los cuales se puede proceder a la elaboración de la programación general de obra basada siempre en unos rendimientos históricos, luego se hace necesario un análisis de los requerimientos mínimos para dar inicio a la ejecución de la obra. Una vez iniciada la ejecución es de suma importancia hacer un control y evaluación a la programación y si es necesario las actualizaciones necesarias. Durante la ejecución también se hace necesaria la realización de una evaluación de posibles mejoras que se puedan dar a lo largo de la ejecución del proyecto. Finalmente y previo al cierre es necesario hacer una autoevaluación donde se puedan sacar conclusiones sobre cómo fue la ejecución del proyecto.

### 4.3 OPTIMIZACIÓN PROYECTO 2

De la misma forma que se hizo con el proyecto 1, se expone una posible ruta de ejecución y planeación para el proyecto 2 de la siguiente forma:

Ilustración 6. Ruta de planeación y ejecución LEAN en Talero Ingeniería.



Fuente: propia - Ruta de Planeación y ejecución LEAN en Talero Ingeniería.

Para la correcta elaboración de esta ruta de planeación y ejecución es necesario la aplicación de varios modelos de la filosofía expuestos anteriormente. Por ser un proyecto de mayor tamaño y complejidad se hace necesaria la creación de un equipo de gestores Lean formado por representantes de los tres principales agentes o actores implicados – diseñadores / proyectistas / ejecutores para que hagan control a cada una de las tareas y actividades críticas presentadas en el programa inicial. Este equipo también deberá realizar una evaluación para posterior gestión

de las diferentes restricciones encontradas en el proyecto y poder evitar retrasos en el programa. De la misma forma, para prevenir complicaciones con materiales en obra, sitios de almacenamiento y otros, se haría necesaria la elaboración de un plan de compras detallado y coordinado con proveedores y contratistas donde se pueda tener pleno control sobre cuándo será necesario hacer los pedidos para reducir el almacenamiento de materiales en obra, tiempos muertos de actividades por traslados internos innecesarios, entre otros.

Por ser un proyecto que se dividió en varias etapas para poder tener una completa trazabilidad del estado de cada una, es necesario hacer las entregas de cada etapa independientes y a tiempo según la programación, para evitar inconvenientes con el cliente al finalizar el proyecto, cuando lo único que debería quedar por hacer es una autoevaluación y retroalimentación sobre qué actividades y procesos se deben mejorar o implementar para una correcta gestión de proyectos en el futuro.

#### 4.4 PROBLEMA DETALLADO

Con el fin de corregir y buscar una optimización en la gestión de proyectos de la empresa Talero Ingeniería, a continuación se presenta un listado detallado de las dificultades en cada uno de los proyectos:

Tabla 3. Dificultades en proyectos de Talero Ingeniería.

PROYECTO 1	
1	No se definieron metas ni alcance.
2	No se tenían rendimientos base para indicadores
3	Hubo evidencia de alto nivel de desperdicio
4	No se hizo control ni seguimiento a la programación
5	No se actualizó nunca el programa inicial
6	Varias restricciones afectaron el avance

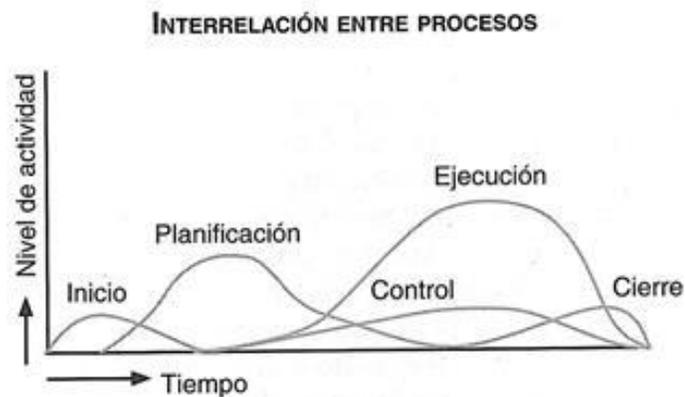
PROYECTO 2	
1	No existía un programa de compras
2	No había un control de calidad de los materiales
3	No se planificó el almacenamiento de materiales
4	No se midieron desperdicios

Fuente: Diseño autoría propia.

Es evidente que para ambos proyectos hubo una serie de dificultades relacionadas todas con la falta de planeación anticipada, pues todos los inconvenientes presentados en ambos proyectos, sin excepción de alguno, pudieron haber sido

previstos si se hubiera hecho una planeación adecuada. Aunque no siempre se pueden evitar inconvenientes en los proyectos con una buena planeación, sino también ejecutando bien cada una de las etapas anteriores y posteriores. Según Lledo, Pablo y Mercau, Raúl estaríamos errados si al hablar de una planeación de proyectos si no tenemos en cuenta las otras etapas del proyecto, pues siempre va a existir una correlación directa entre unas y otras, es aquí donde nos proponen una superposición de dichas etapas, con el fin de ahorrar recursos y tiempo.

Ilustración 7. Interrelacion entre procesos.



Fuente: Lledo P. Rivarola G. Mearu R. Cucchi D, 2006.

Teniendo plenamente identificados los problemas presentados durante la planeación y ejecución de estos proyectos, se propone una solución eficiente basada en los métodos de la filosofía Lean Construction para cada uno de ellos de la siguiente forma:

Tabla 4. Soluciones a problemas en Talero Ingeniería.

<b>PROYECTO 1</b>	
1	Definir metas y alcance del proyecto
2	Tener rendimientos base y definir indicadores a medir
3	Medir desperdicios y sus tipos
4	Implementación de Last Planner System
5	Actualizar dicho programa bajo revisión del equipo gestor
6	Supervisar el plan de gestión de restricciones

<b>PROYECTO 2</b>	
1	Crear y evaluar el plan de compras
2	Desarrollar un plan de calidad de actividades
3	Planificación del Layout de obra
4	Calcular desperdicios y sus clases

Fuente: Diseño autoría propia.

## 4.5 INDICADORES DE DESEMPEÑO

Uno de las necesidades que se generan cuando iniciamos con la optimización de procesos dentro de la empresa o algún proyecto es la búsqueda de indicadores relacionados con cada actividad que se ejecuta dentro del proyecto, y según <sup>18</sup>Botero se pueden diferenciar en, indicadores de resultados, indicadores de procesos y otros, y los establece de la siguiente forma:

Tabla 5. Indicadores de desempeño en proyectos de construcción.

### Indicadores de resultados

Resultado	Nombre	Indicador
Costos	Variación del costo	Costo actual / costo presupuesto
Plazos	Variación del Plazo	Duración actual / duración programada
Consumos mano obra	Eficiencia mano obra	Horas hombre actuales /horas hombre planeadas
		Costo mano obra / costo mano obra presupuesto
Calidad	Costo de reclamos	costo de reparaciones / costo del proyecto

### Indicadores de procesos

Proceso	Nombre	Indicador
Construcción	Productividad	\$/ m2 ventas
		\$/ unidad de construcción
	Reprocesas	horas hombre reproceso / horas hombre total
Compras y adquisiciones	Tiempo ciclo compras	Tiempo entre la orden de compra y la entrega
	Pedidos urgentes	Número de pedidos urgentes / total pedidos
Planificación	Efectividad de la planificación	PAC (porcentaje de actividades completadas)

<sup>18</sup> BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin perdidas, Análisis de procesos y Filosofía lean construction. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A.; 2006. P.160.

## Otros indicadores

Variable	Nombre	Indicador
Seguridad	Frecuencia de accidentes	No de accidentes * 100 / No trabajadores
	Tasa de riesgo	No días perdidos * 100 / No trabajadores anual
Mano de obra	Entrenamiento	Indicador entrenamiento = $THT * 100 / ANT$
		tht: total de horas hombre en entrenamiento
		ANT: Prom de trabajadores al mes $(N1+N2) / 2$
		N1: trabajadores el primer día del mes N2: trabajadores el último día del mes
Subcontratación	Tasa de subcontratación	\$ labor subcontratada / \$ total proyecto

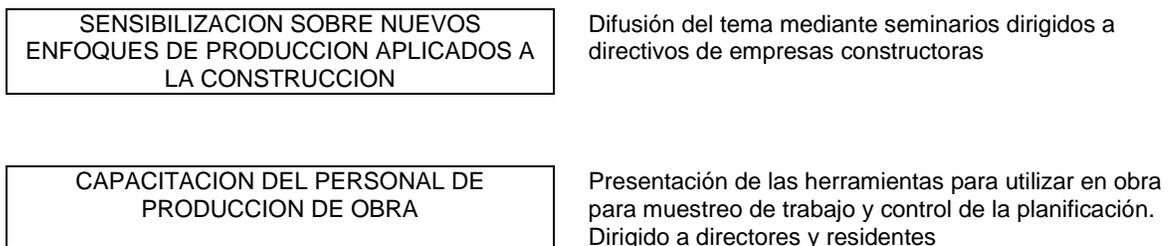
Fuente: Luis Fernando Botero. Construcción sin perdidas, Análisis de procesos y Filosofía lean construction LEGIS S.A.

Adaptando esto a la empresa Talero Ingeniería podemos decir que los indicadores que más se relacionan y pueden ser más aplicables para obtener una correcta gestión de proyectos son, la variación del costo y del plazo, teniendo en cuenta cada una de las fases en cada proyecto. Para indicadores de procesos la efectividad de la planificación o PAC es la más útil en este caso, pues basados en este indicador se pueden desarrollar correctamente el resto de actividades.

## 4.6 METODOLOGÍA

Con el fin de facilitar la implementación de la metodología Lean dentro de empresas constructoras, <sup>19</sup>Botero también expone una metodología para el mejoramiento de la productividad en proyectos de construcción a través de Lean Construction de la siguiente forma:

Figura 5. Metodología para el mejoramiento de la productividad de proyectos.



<sup>19</sup> BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin perdidas, Análisis de procesos y Filosofía lean construction. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A.; 2006. P.67.

IDENTIFICACION Y REDUCCION DE PERDIDAS IMPLEMENTACION DE LAST PLANNER	Mediciones de distribución de tiempos y confiabilidad del sistema de planificación
PUESTA EN MARCHA DEL PLAN DE ACCION SOBRE RECOMENCACIONES	Con las observaciones realizadas se siguiere mejorarlos métodos de trabajo, la planificación.
EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DEL PLAN DE ACCION CON RECOMENDACIONES DE MEJORAMIENTO	Presentación de informes semanales de seguimiento a los acciones correctivas implementadas
ELABORACION DE INDICADORES GLOBALES DE PRODUCTIVIDAD	Conformación de un sistema de referenciación a nivel local, extensible a nivel nacional comparable e internacionalmente

Este diagrama de flujo funciona para empresas constructoras cuyo modelo de gestión de proyectos tenga como base la metodología lean construcción, y su objetivo sea el mejorar la productividad por medio de un plan de trabajo donde la planeación y el control son la base para obtener los indicadores esperados.

## 5. CONCLUSIONES

La filosofía Lean Construction como metodología de trabajo para la planificación de proyectos de construcción expone teorías y modelos para la optimización de procesos, aportando principalmente en la reducción de actividades que no agreguen valor en todas las actividades y procesos de los proyectos.

Para la empresa Talero Ingeniería la implementación de dicho modelo aporta grandes beneficios, pues se hace evidente que la falta de control de sus proyectos y la carencia de procesos de gestión enfocados hacia una optimización general haría que sus proyectos fueran más productivos. Pero esto solo se podrá lograr si se hace un cambio cultural en toda la empresa, iniciando en la gerencia, pues es quien deberá transmitir esta filosofía a sus trabajadores.

Con el estudio de algunos de sus modelos pudimos encontrar que dichos aportes generan un valor adicional no solo al interior de los proyectos a ejecutar sino también al interior de la empresa, pues esta filosofía debe convertirse en parte de la misión y visión de la empresa para poder ser en una compañía más competitiva en el mercado frente a las demás.

Con la implementación de dichos modelos se hace fundamental establecer programas y modelos que vayan dirigidos específicamente a la determinación de todo tipo de pérdidas en los proyectos, esto con la ayuda de modelos basados en muestreo directo para medir no solamente pérdidas sino variabilidades en los indicadores establecidos y demás variables de desempeño.

En nuestros 2 proyectos de estudio encontramos fácilmente varios tipos de desperdicios que se dieron durante el desarrollo de los mismos, la sobreproducción y exceso de inventario que tuvimos a lo largo de los proyectos, que dificultaron su desarrollo y complicaron su tipo de almacenamiento, generando adicionalmente pérdidas económicas pues hubo gran cantidad de material que se dañó por su tipo de almacenamiento. Otro desperdicio encontrado durante la ejecución de estos proyectos fue el generado por defectos e imperfecciones, pues tuvieron que corregirse algunas imperfecciones lo cual debería llevar a un mayor y más estricto control de calidad.

La filosofía Lean aporta no solo en optimizar procesos dentro de las empresas sino también genera un cambio de pensamiento y forma de vivir en las personas que seguramente va a ser aplicable a su diario vivir.

## 6. RECOMENDACIONES

Para obtener una correcta implementación de esta filosofía en empresas constructoras, <sup>20</sup>Pons Ashell propone las siguientes recomendaciones:

Figura 6. Recomendaciones generales.

Recomendaciones generales	Recomendaciones para el constructor
<p><b>Proporcionar educación sobre la necesidad de una mayor eficiencia.</b> Las asociaciones del sector tienen que ofrecer más información sobre <i>Lean Construction</i>, patrocinar la investigación y promocionar la filosofía de la mejora continua.</p>	<p>Adoptar un enfoque de colaboración hacia <i>Lean</i> para maximizar las ganancias. Las empresas deben aprender a trabajar de manera colaborativa para sacarle el mayor beneficio posible a la aplicación de la filosofía y las técnicas <i>Lean</i>.</p>
<p><b>Crear un <i>software</i> que apoya la necesidad de la colaboración interna y externa.</b> Las empresas de <i>software</i> tienen la oportunidad de crear mejores herramientas para apoyar la tendencia de <i>Lean</i> hacia una forma de trabajar más colaborativa.</p>	<p>Promover y planificar el cambio cultural necesario para una adopción plena de <i>Lean</i>. Las empresas que quieran implantar <i>Lean Construction</i> necesitan tener en cuenta cómo atraer el interés de sus empleados, como parte de su estrategia.</p>
	<p>Seguir y compartir datos hasta el nivel más bajo posible de la organización. Las empresas que quieran mejorar la eficiencia se beneficiarán más si comprenden y analizan los procesos a nivel de operario, siguiendo cada paso del proceso para ver dónde pueden hacerse las mejoras.</p>

*Fuente:* Pons Ashell Juan Felipe, Introducción a Lean Construction. 1ra ed. 2014. Fundación Laboral de la construcción. P.36

La necesidad de implementar y estudiar nuevos modelos para optimizar los procesos en la gestión de proyectos en empresas constructoras en Colombia se hace cada día más visible. La optimización de procesos se podrá llevar a cabo siempre y cuando se establezcan los modelos necesarios y lo más importante es que se controlen y se mantengan en el tiempo para desarrollar un sistema de gestión estable y de fácil administración.

<sup>20</sup> Pons Ashell Juan Felipe, Introducción a Lean Construction. 1ra ed. 2014. Fundación Laboral de la construcción. P.36

## BIBLIOGRAFIA

Historia y Biografía. Henry Ford. [sitio web]. Sec. Ciencias. [consultado 08, Febrero de 2017]. Disponible en: <https://historia-biografia.com/henry-ford/>  
<http://ocw.uc3m.es/economia-financiera-y-contabilidad/economia-de-la-empresa/material-de-clase-1/SistemasProduccion.pdf>

Project Management Institute – PMI. ¿Que es la direccion de proyectos? [sitio web] Latam, Acerca del PMI. [Consultado 21, Septiembre, 2016]. Disponible en: <https://americalatina.pmi.org/latam/AboutUS/QueEsLaDireccionDeProyectos.aspx>

Toyota Principios rectores en Toyota. [sitio web] Sec. Visión y Filosofía. [consultado 15 Octubre de 2016] disponible en: [http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/guiding\\_principles.html](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/guiding_principles.html)

Lean manufacturing, Situación del lean manufacturing en España, Escuela de organización industrial EOI (2013)

MINCOMERCIO INDUSTRIA Y TURISMO. Definición tamaño empresarial Micro, Pequeña, Mediana o Grande [sitio web] CO, [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: [http://www.mipymes.gov.co/publicaciones/2761/definicion\\_tamano\\_empresa\\_micropyme](http://www.mipymes.gov.co/publicaciones/2761/definicion_tamano_empresa_micropyme)

PORTAFOLIO, 'Lean Construction' va en 18 empresas. [sitio web] CO. Sec. Negocios. Empresas. [Consultado 19, Octubre, 2017]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/lean-construction-18-empresas-32866>

Lledo Pablo, Rivarola Gustavo, Macau Raul, Cucchi Daniel H y Esquembre Juan Francisco, Administración Lean de Proyectos: Eficiencia en la gestión de múltiples proyectos. Mexico: Pearson Prentice Hall; 2006.

Lean manufacturing tools. ¿Qué es 5S? [sitio web]. Org. Sec. 5S. [consultado 7 Noviembre de 2016] Disponible en: <http://leanmanufacturingtools.org/192/what-is-5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-shitsuke/>

Lean Enterprise Institute. Seven Wastes. [sitio web]. Lean Lexicon. [consultado 06, Noviembre, 2016]. Disponible en: <https://www.lean.org/lexicon/seven-wastes>

Contribucion de Taiichi Ohno. Kaizen institute [sitio web]. Blog. KII 2013. [consultado 29 Enero 2017]. Disponible en: <https://in.kaizen.com/blog/post/2013/10/17/taiichi-ohnos-contribution.html>

Glenn Ballard and Gregory A. Howell Lean Project management. BUILDING RESEARCH & INFORMATION (2003) 31(2), 119–133.