

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“Productividad y La Filosofía Lean
Construction en la ejecución de una obra de
edificación en la ciudad de Trujillo.”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL



Autor:

Juver Javier Villacorta Varas

Asesor:

Mg. Gonzalo Hugo Diaz García

Trujillo - Perú

2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor *Mg. Gonzalo Hugo Díaz García*, Docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Civil, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del estudiante:

- *Villacorta Varas Juver Javier*

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: "*Productividad y La Filosofía Lean Construction en la ejecución de una obra de edificación en la ciudad de Trujillo*", para aspirar al grado de: Bachiller en Ingeniería Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual **AUTORIZA** al interesado para su presentación.


Mg. Gonzalo Hugo Díaz García

Asesor

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Mg. Gonzalo Hugo Díaz García, ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del estudiante: *Juver Javier Villacorta Varas* para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: *Productividad y la Filosofía Lean Construction en la ejecución de una obra de edificación en la ciudad de Trujillo*. Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido expresa:

Aprobado


Calificativo: Excelente [18 -20]

Sobresaliente [15 - 17]

Buena [13 - 14]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad


Mg. Gonzalo Hugo Díaz García
Asesor

DEDICATORIA

A Dios y a mi Familia.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por el gran apoyo motivacional y a la
Universidad Privada del
Norte por su excelente
esfuerzo de formar buenos
profesionales.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1 Realidad Problemática	11
1.2 Formulación del problema	14
1.3 Objetivos	14
1.4 Hipótesis	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	15
2.1 Tipo de Investigación	14
2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	15
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	15
2.4 Procedimiento	16
2.5 Resultados Esperados	16
2.6 Implementación del sistema Last Planner	17
CAPÍTULO III: RESULTADOS	23
3.1 Porcentaje de Actividades Completadas (P.A.C.).	23
3.2 Avance Físico.	29

3.3 Mediciones de Productividad.	31
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	35
4.1 Discusión	35
4.2 Conclusiones	38
REFERENCIAS	41
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Ejemplo de Medición de Porcentaje de Actividades Completadas	21
Tabla 3.2 : Porcentaje de Actividades Completadas Medido a Mitad de Semana.	22
Tabla 3.3: Principales C.N.C. observadas	26
Tabla 3.4: Avances Físicos Teóricos	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema de la Metodología de Estudio	16
Figura 3.1: Gráfico de la Tendencia del P.A.C. a Mitad de Semana	26
Figura 3.2: Gráfico de las Principales Causas de No cumplimientos observadas	27
Figura 3.3: Distribución de las Causas de No cumplimientos	28
Figura 3.4: Curvas teórica y real de Producción para Armaduras	30
Figura 3.5: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Carpinteros	32
Figura 3.6: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Enfierradores.	33
Figura 3.7: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Concreteros.	33

RESUMEN

Este estudio que se va realizar para aportar aspectos teórico-prácticos relacionados a la gestión de los proyectos de las empresas constructoras, que ayudará a mejorar la productividad de las mismas en sus procesos constructivos.

El rubro de la construcción viene creciendo significativamente en el Perú debido al déficit de infraestructuras existentes. Sin embargo, la mayoría de las empresas se rige por un sistema de construcción tradicional con procedimientos constructivos ineficientes lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad. Al bajo nivel de productividad, se suma el problema de la seguridad laboral del sector. Estos indicadores nos permiten visualizar la poca evolución que ha estado teniendo el sector construcción en el Perú a pesar de su apogeo económico en esta última década.

El objetivo principal del trabajo de investigación es mostrar cómo se maneja la producción en la construcción de una obra aplicando conceptos de Lean Construction. Así mismo, las herramientas que propone el IGLC (International Group of Lean Construction), se tomara mediciones de rendimiento reales de todas las Actividades en un formato llamado ISP (Informe Semanal de Producción). Con lo cual se presentarán resultados y conclusiones en relación al porcentaje de tiempo que la mano de obra dedica a realizar actividades que agregan valor.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el año 2000 se presentó la primera evaluación de la productividad en obras de edificación en Trujillo, producto de esta se determinó el nivel de productividad de la mano de obra; resultando que solo el 28% del tiempo era dedicado a actividades que agregan valor a la construcción, además se identificó al tipo de Administración como el factor que más influye en la productividad de obra.

La Productividad es definida: “El cociente de la producción realizada sobre los recursos utilizados”, para este fin, definimos a la productividad, como el resultado obtenido, de las mediciones de tiempo de trabajo de la mano de obra dedicada a la elaboración de actividades que generan valor. A través de un Estudio del Trabajo, se pretende distinguir el porcentaje de tiempo que la mano de obra dedica a realizar actividades que agregan valor. Como se indica en un documento publicado por Sergio Maturana (2010.): “Existen distintos métodos para la medición de la productividad, muchos de los cuales están basados en datos cuantitativos. Cuando sea posible, los estándares debieran basarse en hechos y datos antes que en la intuición y la subjetividad. Sin embargo, cuando hay falta de tradición en la medición de operaciones, la información cualitativa para la medición de la productividad de forma subjetiva es una solución posible”.

En los últimos años ha habido una mayor difusión de los nuevos sistemas de gestión, adicionalmente se ha podido percibir cambios considerables en la forma de gestionar las obras, por ejemplo gestionar por procesos y el PMBOK (la guía

fundamental para la administración por proyectos, por sus siglas en inglés) para mejorar los niveles de productividad y rentabilidad de las empresa constructoras, y es que, si las empresas del sector de construcción siguen manteniendo bajos niveles de productividad y calidad serían desplazadas del mercado por empresa constructoras extranjeras que han mejorado el flujo de producción en sus procesos constructivos, como ya vienen haciendo sobre todo en proyectos de mayor presupuesto y complejidad.

El análisis del sistema de producción con el foco puesto en el flujo de producción en lugar de la optimización parcial de sólo algunos aspectos de éste, tiene su raíz al alero de la industria automotriz japonesa. El ingeniero de Toyota, Taiichi Ohno es considerado el padre del Sistema de Producción Toyota, que sería conocido en el mundo entero como sistema de Producción sin Pérdidas (Lean Production o Lean Manufacturing) a fines de los años 80. Esta verdadera filosofía de producción busca eliminar las pérdidas productivas (“grasa”), es decir, todo aquello que no agrega valor al producto, pero que consume recursos y tiempo. Ejemplos de esto son las esperas, los defectos, el almacenamiento de inventarios, o el movimiento innecesario de materiales y trabajadores por la fábrica (o el sitio de construcción). La atención se enfoca al sistema de producción en su totalidad, dejando a un lado el foco estrecho de producción por especialidad enfocándose en la productividad del trabajador, o en la producción masiva (realizada por máquinas).

Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) acepta los criterios de diseño de Ohno de los sistemas de producción y persigue ese standard de perfección.

El manejo de un proyecto de construcción bajo la filosofía Lean significa: (i) tener un

set de objetivos claros para el desarrollo del proyecto, entendiendo los requerimientos del cliente/mandante; (ii) enfocarse en maximizar el desempeño para el cliente a nivel de proyecto; (iii) diseñar en forma simultánea tanto el producto como el proceso; (iv) aplicar controles de producción a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Pero de inmediato surge la duda: ¿qué tipo de producción es la construcción? La construcción es esencialmente el diseño y ensamblaje o montaje de objetos fijos en su lugar, y en consecuencia posee las características de la producción en sitio, de productos únicos (edificios o proyectos de construcción) y equipos de trabajo temporales y multidisciplinarios.

En términos prácticos la forma de transformar la construcción en un proceso “lean” significa en primer lugar, incorporar en la construcción el aprendizaje de décadas adquirido en la industria manufacturera moderna y minimizar las peculiaridades propias de la construcción para sacar provecho de las técnicas lean desarrolladas en la industria manufacturera. En segundo lugar, implica desarrollar técnicas lean adecuadas al dinamismo de la construcción (ad-hoc), para aquellas peculiaridades que no pudieron abordarse o estandarizarse. Además en ambos casos se debe coordinar a los instaladores especializados, quienes están en el frente de trabajo, y a través de los cuales la ingeniería y la fabricación se aplican mejor. El Sistema de Planificación Last Planner (Último Planificador) implica el desarrollo de un sistema de planificación y control de proyectos que lidia con la variabilidad e incertidumbre inherentes a los procesos constructivos y apunta a reducirlas y lograr compromisos de planificación confiables.

Es por ello, que es necesario utilizar la técnicas del a Filosofía Lean Construction como el sistema Last Planner para optimizar los procesos constructivos de las obras, rubro principal de muchas empresas constructoras, ya que esta técnica es compatible con las nuevas formas de organización basadas en procesos, y es que si bien el PMBOK y la administración por procesos tienen un accionar general en la organización de “arriba hacia abajo”, el Last Planner lo hace de manera específica de “abajo hacia arriba”, siendo el Last Planner un complemento a las mejores prácticas de administración de las empresas constructoras.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los resultados sobre la productividad en una obra de edificaciones de la empresa constructora de la ciudad de Trujillo donde se aplica la filosofía Lean Construction?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Analizar la productividad en base a la aplicación del sistema de gestión Last Planner en la ejecución de una obra de edificaciones en la ciudad de Trujillo

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC) de los trabajos de Fierrería, Encofrado y Concreto en la ejecución de una obra de edificaciones en la ciudad de Trujillo.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis

La aplicación de la filosofía Lean Construction mejora el grado de productividad de una obra de edificación de una empresa constructora de la ciudad de Trujillo.

1.4.2. Hipótesis específica

- La aplicación del Sistema Last Planer permite ejecutar las partidas Fierrería, Encofrado y Concreto sin retrasos.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El diseño de la investigación es Descriptiva por cuanto el estudio se enfoca en la aplicación directa del sistema Last Planner en una obra de una empresa constructora de la ciudad de Trujillo.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población: Ámbito del sector de la Construcción civil en el Perú

Muestra: Una obra de edificación de una empresa constructora en la ciudad de Trujillo.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los pasos que se seguirán para poder desarrollar este trabajo de título son los siguientes.

- Recopilación bibliográfica acerca de las filosofías de producción Lean Production, Lean Construction y del sistema de planificación "Último Planificador" para poder tener una base conceptual adecuada.
- Implementación del sistema "Último Planificador" durante 11 semanas, de las cuales la primera es de introducción al tema para el grupo de trabajo y las 10 restantes implementación y toma de datos. Nos enfocaremos al control de las tres principales especialidades: hormigón, enfierradura y encofrados.
- La manera de medir los efectos de la implementación del Sistema "Último Planificador" sobre estas especialidades será controlando por un lado la productividad de las cuadrillas y, por el otro, el avance físico mediante el método de las Líneas de Balance. Además se medirá el porcentaje de actividades completadas (PAC) semanalmente y se llevará un registro de las causas de no cumplimiento (CNC) de las actividades planificadas no cumplidas.

- Paralelamente a la implementación se reunirá información económica relevante acerca del sector de la construcción, para poder tener una idea de la situación actual que está viviendo este sector de la economía.
- Finalmente, se analizarán los datos obtenidos y se concluirá acerca de qué tan eficiente es el sistema y qué mejoras se le pueden realizar con el fin de incentivar su aplicación para una mejora de todo el sector construcción en el Perú.

En la figura 2.1 podemos ver un esquema que resume lo anteriormente descrito.

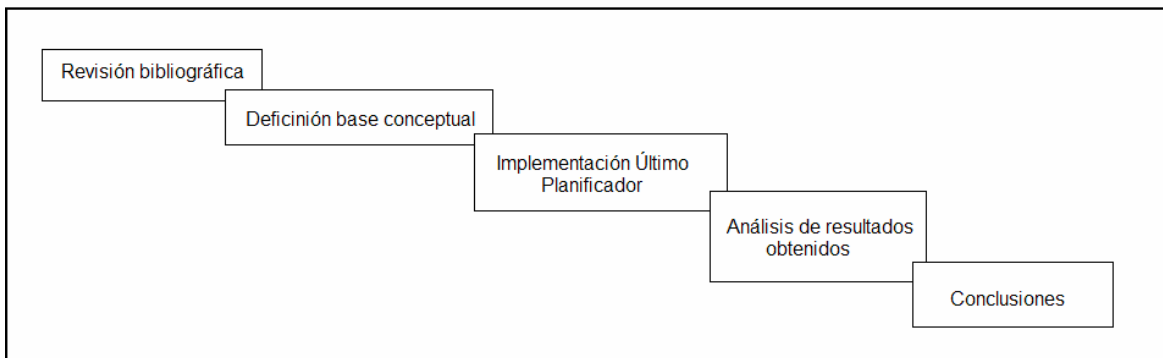


Figura 2.1: Esquema de la Metodología de Estudio

2.4. Procedimiento

El estudio se realiza bajo la técnica de la observación estructurada mediante instrumentos de registros de información de los procesos productivos de las partidas a desarrollarse en una obra adjudicada a la constructora Trujillana.

El método que mejor se ajusta a la investigación es el método cuantitativo mediante el cual a través de procedimientos de análisis de datos computarizados se llegara a las conclusiones y contrastaciones y validaciones de las hipótesis.

2.5. Resultados Esperados

Los mínimos resultados que se esperan obtener son los siguientes:

- Corroborar que el sistema de planificación y control “Último Planificador” genera importantes mejoras en el desempeño general del proyecto.
- Obtener una mejora considerable en la planificación de la obra. Indudablemente, si se tiene una mejor planificación, se espera también que los plazos de las actividades y las fechas de los hitos previamente establecidos sufran sólo pequeñas modificaciones con respecto a su fecha originalmente fijada.
- El detectar los aspectos en los cuales el sistema esté más débil nos permitirá sugerir mejoras y obtener una herramienta de trabajo y de planificación más eficaz.
- Generar un flujo de trabajo continuo que acarrea una mayor productividad y porcentaje de actividades programadas completadas.
- Una mejora sustancial del trabajo en equipo y del compromiso en su trabajo observado por parte de los trabajadores.

2.6. Implementación del sistema Last Planner.

El proyecto “EDIFICIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR” es en donde se implementó el sistema. Este proyecto está siendo construido por una la empresa constructora de la ciudad de Trujillo. En la Urb. San Andres. La fecha de inicio de los trabajos fue el día 2 de enero de 2018 y la fecha prevista de término es el 01 de junio de 2018. El proyecto consta de tres edificios de seis pisos cada uno, pero se planificó enfrentar la construcción de la obra utilizando tres frentes de trabajo. Cada edificio posee dos sectores, que se denominarán como se indica:

- Edificación 1: frente A y B.
- Edificación 2: frente C

La implementación comenzó cuando se dio inicio a la construcción de la obra del primer edificio, ya que antes no valía la pena hacerlo debido a que se estaba trabajando con subcontratos que finalizarían su trabajo en poco tiempo. A continuación detallaremos la metodología de implementación del sistema “Last Planner” en el proyecto.

2.6.1 Metodología de Implementación

2.6.2 Reunión de Conocimiento del Grupo de Trabajo.

Lo fundamental al iniciar la implementación de cualquier método de trabajo es conocer al grupo con el cual se interactuará. Para ello, fue necesario reunir al grupo de trabajo que estaría involucrado en la implementación del sistema sistema “Last Planner”. Se realizó una reunión en donde se explicó brevemente cuáles son los principios que están detrás del sistema, cómo se implementa, qué indicadores se medirán y qué resultados se esperan obtener.

Los integrantes a esta reunión fueron el administrador del proyecto, el jefe de obra, el jefe de terreno, el asistente técnico y yo. El nivel de explicación del aspecto teórico fue más bien simple. No se les dio nombre a las etapas del sistema; pero sí se explicó en qué consistía cada una. Se dijo que cada actividad tenía restricciones que impedían que ésta se realizara y había que focalizarse en realizar un seguimiento a cada una de estas restricciones para liberarlas y permitir la ejecución de la actividad en la fecha que estaba programada. También se habló de los indicadores que se medirían y de los resultados que se esperaban obtener. La idea era ir introduciendo de a poco los conceptos del sistema y, a medida que se fueran poniendo en práctica, fueran

aprendiéndolos. En otras palabras, se definieron tareas que permitirían poco a poco ir implementando diferentes elementos del sistema.

En la reunión se enfatizó que no se buscaba imponer las actividades a realizar semanalmente, si no que se necesitaba un compromiso real para que efectivamente supieran decir que “no” cuando vieran que una actividad programada no podría ser realizada para poder obtener un proceso de planificación confiable y transparente. La idea fue acogida por los involucrados y se mostraron abiertos a participar en esta nueva forma de planificación.

2.6.3 Desarrollo de la Planificación Intermedia (P.I.)

El proceso de planificación intermedia busca tener un horizonte de planificación mayor a una semana con el objetivo de adelantarnos a los problemas que se pueden presentar al momento de tratar de ejecutar una actividad en su fecha programada. El intervalo de tiempo establecido para analizar las actividades fue de 4 semanas ya que el tiempo de respuesta por parte de los proveedores no requería más.

Posterior a esto, se revisó el programa marco para ver qué actividades estaban programadas durante las próximas cuatro semanas. Cada actividad ingresó a una planilla en donde se detallaban las fechas de inicio y término programadas, las restricciones de cada actividad, el responsable de su ejecución y de su seguimiento. Las restricciones consideradas para las actividades fueron cancha, materiales, mano de obra, diseño, equipos o herramientas y listas de chequeo. Esta última restricción está relacionada con programa de control de calidad que se realiza al interior de la empresa.

Semanalmente se debían revisar los siguientes puntos:

- Aumento en una semana de nuestro horizonte de trabajo.

- Revisión del estado de las restricciones de las actividades.
- Incorporación de actividades posibles de realizar; pero que no hayan sido incorporadas desde un principio en la planificación intermedia por haber considerado poco probable que fueran realizadas.
- Informe del estado de restricciones a agentes involucrados.
- Identificación de tareas liberadas para la actualización del inventario de trabajo ejecutable.
- Identificación de las tareas que deberían haber sido liberadas para la semana siguiente.

Para revisar estos puntos con tranquilidad, durante la implementación se decidió fijar reunión en forma semanal los días viernes con el jefe de obra del proyecto. Se decidió focalizar en él al equipo en terreno ya que es la persona que organiza los recursos y las estrategias de trabajo.

2.6.4 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable

Al liberar las restricciones de una actividad ésta se transforma en ejecutable. En esta implementación no se trabajó precisamente con un inventario de trabajo ejecutable, es decir, las actividades pasaban de la planificación intermedia a la revisión de los últimos planificadores y a la programación semanal en caso de ser escogidas como asignaciones de calidad. Ya había una lista “física” llamada inventario de trabajo ejecutable; por lo que directamente se trabajó con ella.

2.6.5 Reunión de Planificación Semanal.

Todos los días martes se realizaba una reunión de planificación semanal. Los puntos a tratar eran los siguientes:

- Lectura del acta de la reunión anterior.
- Comentarios acerca de los puntos pendientes del acta anterior.
- Revisión del Porcentaje de Actividades Completadas (P.A.C.) de la semana anterior.
- Comentarios acerca de las Causas de No Cumplimiento de la programación (C.N.C.)
- Distribución de la programación tentativa para la semana siguiente.
- Revisión y definición del plan de trabajo semanal definitivo.
- Revisión de las restricciones del horizonte de trabajo.
- Comentario acerca de temas varios ocurridos en la semana.

Estas reuniones generaron una instancia de conversación muy productiva para todos, ya que se planteaban inconvenientes surgidos durante la semana y entre todos se comentaban las soluciones aplicadas a ellos. Además, los participantes al revisar la programación tentativa y proponer cambios a ella según lo que creen que pueden hacer durante la semana, generan un compromiso y se sienten más incorporados a todo el proceso.

2.6.6 Indicadores que se deben medir.

Los indicadores son una buena forma de ver qué tanto ha influido la implementación del sistema en la evolución de la obra. El control se enfocará en las tres actividades principales de la obra gruesa: colocado de encofrado, fierriería y concreto. Los datos que mediremos serán:

- P.A.C. y C.N.C. Ambos se medirán a mediados y a fines de cada semana. La idea de medir en la mitad de la semana en curso el porcentaje de actividades completadas para identificar aquellas tareas que no han sido comenzadas o no llevan el avance estimado según lo programado y poder tomar acciones correctivas a tiempo.

- Cantidad de fierro, fiertería y concreto colocados semanalmente para realizar la curva de producción o avance físico. Esta curva la contrastaremos con la curva de producción teórica según lo programado inicialmente en el diagrama de barras. Así podremos compararnos gráficamente con la curva teórica y ver si estamos atrasados o adelantados con respecto a ella. Ambos estados son positivos, ya que si notamos un atraso estaremos a tiempo de corregirlo y si estamos adelantados servirá de incentivo para el grupo de trabajo.
- Productividad de los trabajadores pertenecientes a las tres especialidades analizadas. Determinaremos las características de las actividades realizadas por los trabajadores, clasificándolas como productivas, no productivas, contributorias o detenciones autorizadas. En teoría si se estabiliza el flujo de trabajo la productividad de los trabajadores debería aumentar y eso precisamente es lo que verificaremos con estas mediciones.

Todos los indicadores medidos semana a semana se registrarán para tener estadísticas de la evolución que hayan experimentado a lo largo de la obra.

2.6.7 Periodo de Implementación del Sistema.

El periodo total de implementación fue de 11 semanas que abarcaron desde el día jueves 10 de abril de 2018 hasta el día viernes 27 de junio de 2018. El calendario asociado de la obra era de lunes a viernes, exceptuando los días festivos.

Antes de pasar a revisar los resultados de la implementación considero importante decir que durante la implementación del sistema todos los puntos antes mencionados se pudieron ejecutar, excepto la reunión planificada con el jefe de obra. Esta reunión pudo realizarse sólo en contadas ocasiones debido a la ocupada agenda que él tenía.

En reemplazo de esto, en algunas ocasiones las restricciones fueron revisadas en conjunto con el jefe de terreno y posteriormente mostradas al jefe de obra para que las revisara nuevamente. Consideré importante comentar esto antes de pasar a revisar los resultados obtenidos, ya que es una variación con respecto a la metodología de implementación planteada inicialmente. Sin embargo, en el capítulo VI analizaremos con más detalles los pro y los contra que se tuvieron durante la implementación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, mostraremos los resultados obtenidos luego de la implementación del sistema “Last Planner” en la obra Edificación Residencial Multifamiliar.

3.1 Porcentaje de Actividades Completadas (P.A.C.).

Como ya se dijo en párrafos anteriores, semanalmente se midió el porcentaje de actividades programadas ejecutadas. En esta obra, dado que las reuniones de planificación semanal se realizaban los días martes en la mañana, la semana se consideraba de martes a lunes. Todos los días martes se repartía la programación para la semana que se iniciaba. Durante la semana se realizaban dos controles del P.A.C.:

•Primer Control: P.A.C. a Mitad de Semana.

El primer control era el día viernes en la mañana y se comparaba lo realizado hasta el día anterior con lo programado para esa semana hasta ese día. Esta medición era llamada “P.A.C. de mitad de semana” y para mayor claridad en la figura 5.3 podemos ver un ejemplo que se midió en la obra una semana cualquiera.

•Ejemplo de Medición de P.A.C. a Mitad de Semana.

El primer control era el día viernes en la mañana y se comparaba lo realizado hasta el día anterior con lo programado para esa semana hasta ese día. Esta medición era llamada “P.A.C. de mitad de semana” y para mayor claridad en la Tabla 3.1 podemos ver un ejemplo que se midió en la obra una semana cualquiera.

Nº	ACTIVIDAD						Resp.	% Avance		Motivo		
		MARTES 19	MIÉRCOLES 20	JUEVES 21	VIERNES 22	LUNES 25	Ejecución	PAC	Real		Teórico	Atraso
1	Fierro muros y pilares piso 3 sector A	x	x					JB	1	100	100	
2	Moldaje muros y pilares piso 3 sector A	x	x					HC	1	100	100	
3	Hormigón muros y pilares piso 3 sector A	x	x					LB	1	100	100	
4	Moldaje losa piso 3 sector A	x	x	x	x			HC	1	100	100	
5	Fierro viga y losa piso 3 sector A	x	x	x	x			JB	0	90	100	lluvia
6	Hormigón losa piso 3 sector A			x	x			LB	0	0	100	lluvia
7	Fierro muros piso 3 sector B	x	x	x	x			JB	1	100	100	
8	Moldaje muros piso 3 sector B			x	x	x	x	HC	0	95	100	lluvia
9	Hormigón muros piso 3 sector B			x	x	x		LB	0	90	100	lluvia
10	Moldaje losa piso 3 sector B				x	x	x	HC	0	25	50	lluvia
11	Fierro losa piso 3 sector B				x	x	x	JB	0	0	50	lluvia
12	Hormigón losa piso 3 sector B						x	LB	-	0	0	
13	Fierro muros y pilares piso 4 sector A						x	JB	-	0	0	
14	Moldaje muros y pilares piso 4 sector A							HC	-	0	0	
15	Hormigón muros y pilares piso 4 sector A							LB	-	0	0	
16	Emplantillado edificio C	x	x					HC	1	100	100	
17	Fierro fundaciones edificio C	x	x	x	x	x	x	JB	0	70	86	lluvia
18	Moldaje fundaciones edificio C			x	x	x	x	HC	1	70	50	
19	Hormigón fundaciones edificio C				x	x	x	LB	1	70	20	
20	Emplantillado edificio D							HC	1	70	0	
21	Trazados y niveles generales edificio E y F	x	x	x	x	x	x	HC	1	100	80	
22	Excavación de fundaciones edificio E y F			x	x	x	x	HC	0	5	15	lluvia
23	Instalaciones provisionales: Alcantarillado	x	x	x	x	x	x	HC	0	91	100	prioridad
24	Instalaciones provisionales: Agua Potable	x	x	x	x	x	x	HC	0	90	100	prioridad
							PAC [%]	50				

Tabla 3.1. Ejemplo de Medición de P.A.C. a Mitad de Semana.

Desde la semana del 5 de mayo de 2018 se llevó un control de los porcentajes de actividades completadas a mitad de semana. En la planilla de control se coloca un 1 si la actividad presenta un porcentaje de avance físico mayor o igual que el porcentaje de avance físico teórico según programación y un 0 si no se cumple esta condición. Al adoptar este criterio, las actividades que adelantan su inicio también se consideran dentro del porcentaje de actividades completadas. Si vemos el ejemplo de la figura 3.1 vemos que la actividad 20 consistente en “Emplantillado del edificio D” debería comenzar el día viernes, sin embargo, pudo comenzar antes de esta fecha. Por lo tanto, al realizar el control el viernes en la mañana ya llevaba un 70% de avance físico y no un 0% como debería haber sido si hubiera comenzado en la fecha programada. Es por esto que se coloca un 1 a esta actividad en la columna respectiva. Además, como lo importante es tomar acciones correctivas a tiempo, en el caso de las actividades que presentaron un avance físico real menor al programado se indica el motivo del no

cumplimiento. Las C.N.C. representan las causas por las cuales el plan de trabajo semanal no es completado según lo programado.

1. Mala programación
2. Falta de cancha (prerrequisitos).
3. Planos defectuosos.
4. Falta de mano de obra.
5. Problemas con contratistas.
6. Problemas con proveedores.
7. Falla o falta de equipos.
8. Bajo rendimiento de la mano de obra.
9. Falta de materiales.
10. Mala ejecución del trabajo (lo que implica rehacer el trabajo).
11. Indefinición o cambios del proyecto.
12. Cambio en prioridades de asignación de recursos.
13. Condiciones climáticas adversas.

Por ejemplo, en la Tabla 3.1 la actividad 17 consistente en “Fierro de fundaciones edificio C” hasta el día jueves sólo presentó un avance físico de un 70% habiéndose programado que hasta ese día la actividad debería tener un 86% de avance físico.

Semana	Fecha inicio	Fecha término	PAC	PAC
			[%]	acumulado
1	05/04/18	11/04/18	85%	85%
2	12/04/18	18/04/18	82%	84%
3	19/04/18	25/04/18	50%	72%
4	26/04/18	29/04/18	81%	75%
5	03/05/18	09/05/18	82%	76%
6	10/05/18	13/05/18	72%	75%
7	17/05/18	23/05/18	94%	78%
8	24/05/18	30/05/18	69%	77%

Tabla 3.2: P.A.C. Medido a Mitad de Semana.

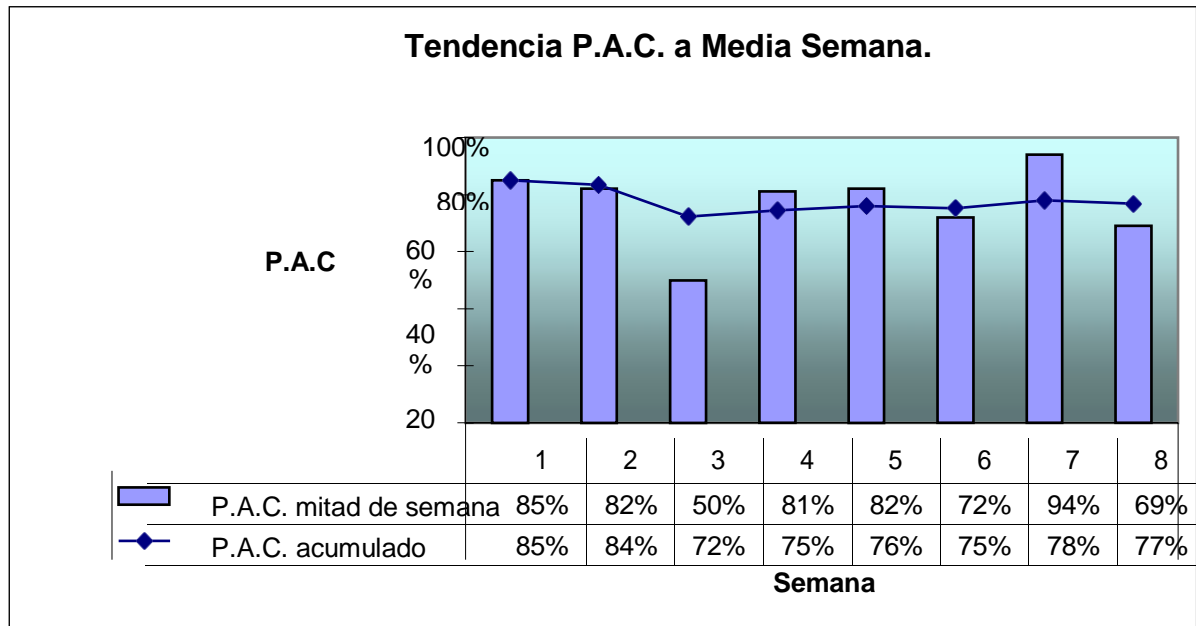


Figura 3.1: Gráfico de la Tendencia del P.A.C. a Mitad de Semana

El P.A.C. promedio después de estas 10 semanas de medición fue de un 75%. Los menores valores obtenidos fueron durante las 2 primeras semanas de implementación, lo cual es normal ya que es un periodo de adaptación. Además el sistema no se implementa inmediatamente, cuesta que el grupo de trabajo tome el ritmo de las nuevas labores que tiene que hacer. De hecho, aún en la décima semana, el sistema no se encuentra implementado en un 100%.

Las C.N.C. más frecuentes se muestran en la tabla 3.3 y Figura 3.2. Aquí podemos observar que se mantiene como alta causa de no cumplimiento el cambio de prioridades en la utilización de recursos. Las adversidades climáticas aún están presentes; pero bajaron su incidencia en comparación a las C.N.C. a mitad de semana. Esto quiere decir que se logró remontar el atraso provocado a mitad de semana por la lluvia. Siguiendo este mismo análisis, también se logró remontar el atraso existente a mitad

de semana en ciertas actividades por falta de material, ya que en el P.A.C. semanal no figuran actividades que no hayan podido ser ejecutadas por este motivo.

Causa de no Cumplimiento	Origen no Cumplimiento	Frecuencia	Porcentaje
Mala programación	interno	2	6%
Falta de cancha	interno	1	3%
Planos defectuosos	externo	7	21%
Falta de M.O.	interno	0	0%
Problema con contratistas	externo	2	6%
Problema con proveedores.	externo	0	0%
Falta o falla de equipos	interno	0	0%
Bajo rendimiento M.O.	interno	0	0%
Falta de materiales	interno	0	0%
Mala ejecución del trabajo.	interno	0	0%
Indefinición o cambio de proyecto	externo	2	6%
Cambio en prioridades	interno	6	18%
Motivos climáticos	externo	6	18%
Mandante	externo	0	0%
Falta de permisos	externo	7	21%
TOTAL 33			100%

Tabla 3.3: Principales C.N.C. observadas.

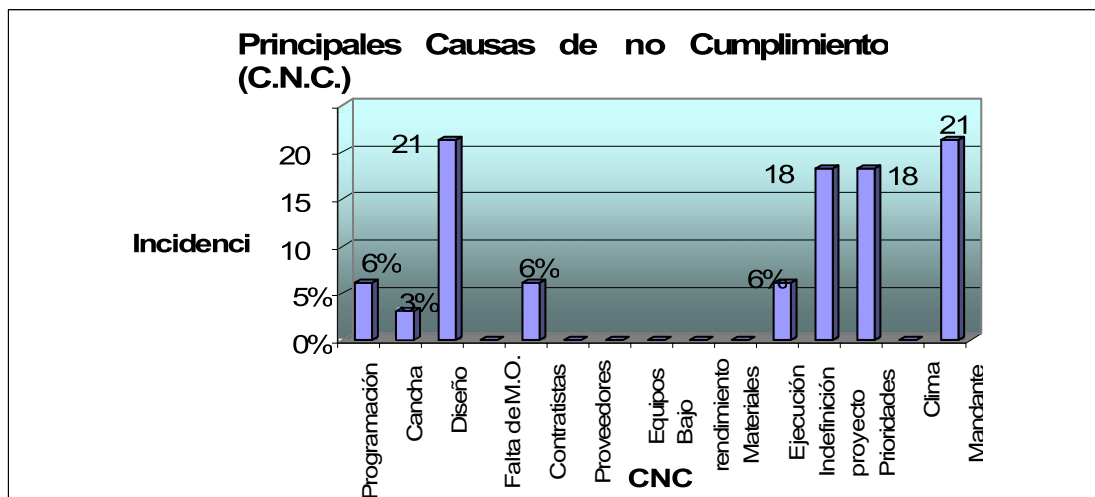


Figura 3.2: Gráfico de las Principales C.N.C. Observadas.

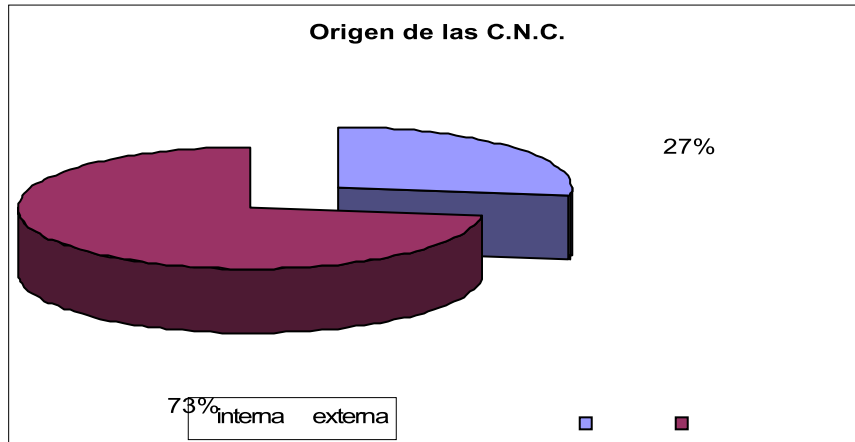


Figura 3.3: Distribución de las C.N.C.

Como podemos ver en la figura 3.4 sólo el 27% de las C.N.C. son de responsabilidad de la empresa constructora.

Ahora bien, sería bueno comparar en un mismo gráfico los porcentajes de actividades completadas a mitad de la semana como a fines de la semana, para poder realizar la comparación en forma más fácil. En la figura 3.4 podemos observar ambos porcentajes de actividades completadas.

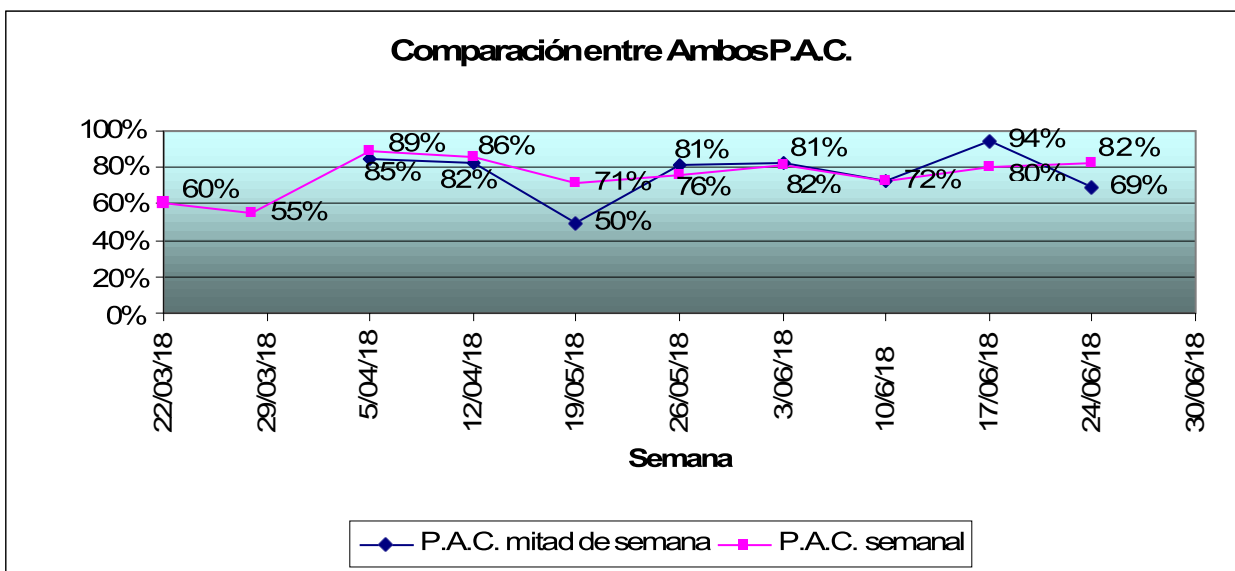


Figura 3.4: Comparación de P.A.C. Semanal y P.A.C. a Mitad de Semana.

En general, el porcentaje de actividades al final de la semana es mayor que el medido a mitad de la misma semana, excepto en el caso de la semana del 26 de abril al 02 mayo de 2018 y en la semana del 17 al 23 de mayo de 2018. Se nota claramente en ambos P.A.C. que la semana del 19 al 25 de junio de 2007 hubo condiciones logísticas adversas, ya que en ambas mediciones se observa una baja del porcentaje de actividades completadas.

3.2 Avance Físico.

Semanalmente no sólo medimos el porcentaje de actividades programadas completadas, sino que también el avance físico de la obra. Como ya dijimos antes, se focalizó el control de la producción en las tres actividades características de la obra gruesa: fierriería, encofrado y concreto. Primero se realizó la curva de producción teórica según el diagrama de barras inicial del proyecto para cada una de las especialidades mencionadas. Estas curvas consideraron los dos primeros frentes, ya que el tercer frente no alcanzará niveles de avance relevantes al momento de entregar esta memoria.

Para mayor claridad en los datos se mostrarán las tablas con los valores de la colocación de cada material. A continuación, se muestran los gráficos.

Fecha	REAL		
	Armaduras	Encofrado	Concreto
	[Kg.]	[m ²]	[m ³]
15/04/2018	1126.8	39	24.6
22/04/2018	5148	144	67.8
29/04/2018	14205.6	839.4	171.6
05/05/2018	16033.8	926.4	181.8

12/05/2018	20205	1701.6	263.4
19/05/2018	28841.4	2378.4	351
26/05/2018	33216.6	2891.4	417.6
03/06/2018	43212	3400.2	513
10/06/2018	52629.6	4270.2	636
17/06/2018	57222.6	4777.8	684.6
24/06/2018	63087.6	5590.8	717.6

Tabla 3.4: Avances Físicos Medidos en Terreno.

Fecha	TEÓRICO		
	Armaduras [Kg.]	Moldajes [m ²]	Hormigón [m ³]
14/04/2018	864	130.8	0
21/04/2018	3531.6	483	51.6
28/04/2018	7544.4	897.6	145.8
04/05/2018	12768.6	897.6	190.2
11/05/2018	17839.2	1233.6	226.2
18/05/2018	23337	1762.8	288
25/05/2018	30793.8	2346.6	367.8
02/06/2018	37365.6	2906.4	452.4
09/06/2018	43047	3382.8	505.8
16/06/2018	50443.8	3987	607.2
23/06/2018	60539.4	4917	714.6

Tabla 3.4: Avances Físicos Teóricos.

- *Curva de Avance Físico Real de la Colocación de Armaduras.*

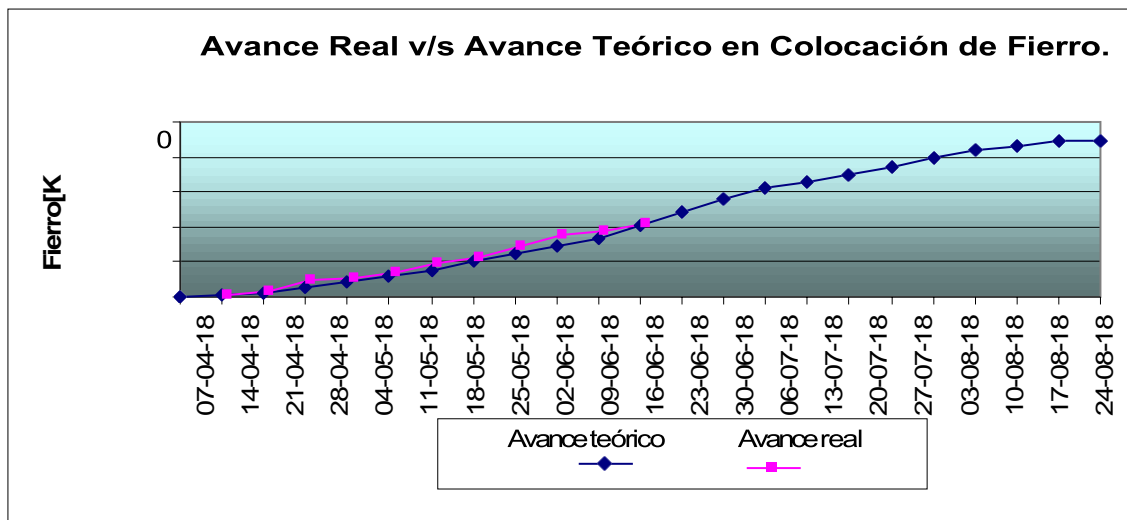


Figura 3.5: Curvas teórica y real de Producción para Armaduras.

En general podemos ver que las curvas de producción reales son bastante similares entre sí. Por ejemplo, el día 4 de mayo (semana posterior al 28 de abril) se observa una baja en la velocidad de colocación de los tres materiales. Esto es lógico, ya que la habilitación de fierro, el encofrado y el concreto son actividades que se realizan en una secuencia, por lo que una baja velocidad en la colocación de fierro, provoca una baja en la velocidad de colocación del encofrado y del concreto. Esto no ocurre en igual forma para un caso de aumento de velocidad, ya que si la velocidad de colocación de la enfierradura aumenta no quiere decir que aumente la velocidad de colocación de moldaje ni de vertido de hormigón. Esto puede ocurrir; pero no es una relación directa.

Además, podemos ver que el avance físico real es muy parecido al avance físico programado. Es más, hasta la fecha de control se han colocado más materiales que los que se deberían haber colocado según programación. El que se vaya adelantado con respecto al programa es sin duda alguna algo positivo, sin embargo, no hay que olvidar que en las programaciones iniciales se consideran holguras en las actividades con el objetivo de tener un "colchón" en caso de que algún imprevisto ocurriera durante la obra. En este caso, aún tenemos a lo menos una parte del "colchón" inicial ya que lo programado aún no alcanza a lo real.

3.3 Mediciones de Productividad.

La teoría dice que si mejoro el flujo de trabajo las unidades productivas tendrán permanentemente trabajo que pueden ejecutar. Esto nos hace pensar que la productividad de los trabajadores debería aumentar a medida que pase más tiempo de implementación del sistema "Último Planificador". Para constatar esto se midió

productividad en las tres especialidades analizadas. El método es tomar muestras aleatorias de los trabajadores por especialidad y determinar qué tipo de actividad están realizando en ese momento. Como ya se ha dicho, los tipos de actividad que los trabajadores pueden realizar son de 4 tipos: trabajo productivo, no productivo, contributorio y detenciones autorizadas. Cada uno de estos tipos de trabajos ya fueron definidos en los primeros capítulos de esta memoria, por lo que no vale la pena volver sobre eso. Volviendo al muestreo a realizar, para que sea válido deben ser tomadas más de 400 muestras. A lo largo de todo el desarrollo de la memoria, se tomaron 421 muestras. Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes figuras, separados por especialidades.

Distribución de Tiempos de trabajo en Carpinteros.

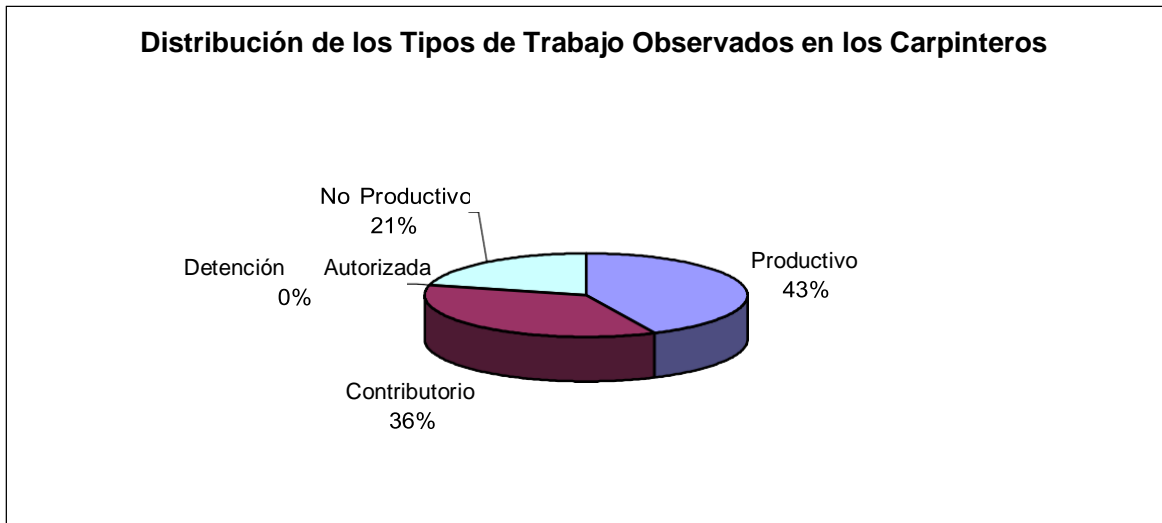


Figura 3.5: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Carpinteros.

Distribución de Tipos de Trabajo en Enfierradores

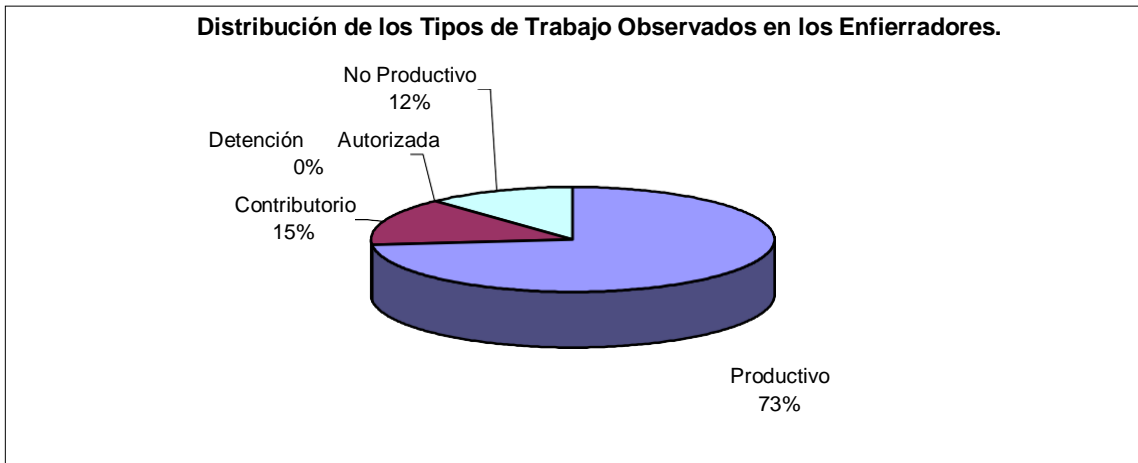


Figura 3.6: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Enfierradores.

Distribución de Tipos de Trabajo en Concreteros.



Figura 3.7: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Concreteros.

Según lo que podemos ver en estos gráficos los enfierradores tienen un mayor porcentaje de tareas productivas que las otras especialidades, llegando a un 73%. Probablemente esto se debe a que ellos son un subcontrato, por lo que les conviene colocar más cantidad de fierro para recibir más dinero a fin de mes. Es por esto que probablemente hay un mayor control por parte del capataz de la empresa contratista en terreno, ya que a él le interesa que sus

empleados trabajen. Él se ha visto permanentemente en terreno, lo que ha generado que los trabajadores efectivamente trabajen y no pierdan el tiempo en otras cosas. Esto se ve reflejado en los porcentajes de actividades productivas realizadas.

Los concreteros si bien presentan un buen porcentaje de actividades productivas realizadas, presentan un alto grado de detenciones autorizadas. Sin embargo, esto es algo normal en su trabajo sobre todo cuando se hormigona con capacho, pues después que el hormigón se vierte del capacho debe ir a buscar más al camión y ahí hay un tiempo en que los trabajadores deben esperar. Por su parte, la carpintería presenta un alto grado de tareas contributorias. Esto se puede explicar ya que para colocar o descimbrar se necesita de trabajadores que estén ayudando al que está realizando la labor más pesada. En general se observa que las actividades no productivas observadas en las tres especialidades tuvieron el mismo origen: fueron de momentos de conversación e incluso de trabajadores fumando.

Previo a comenzar a realizar las mediciones es necesario conversar con los capataces respectivos, para que los trabajadores sepan qué es lo que se pretende con estas mediciones y no mal interpreten el objetivo principal, que es tener una visión general de qué es lo que ocurre en la obra, detectar el origen de los tiempos no productivos y mejorarlos para beneficio de toda la obra. Esto conlleva a que los trabajadores que están haciendo tareas no productivas al ver que viene la persona que mide, inmediatamente realizan actividades para que no se note que estaban perdiendo el tiempo. Entonces, lo que se mide en terreno no siempre representa lo que ocurre en terreno. Ahora bien, pese a que la productividad no representa completamente lo que los trabajadores realizan durante todo el día, en general es una buena forma de detectar qué es lo que está ocurriendo en terreno.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Para evaluar los resultados obtenidos luego de implementar el sistema "Last Planner" en una obra de construcción es bueno tener una idea de qué grado de implementación fue el alcanzado. A continuación, nombraremos las etapas básicas que incluye una buena implementación y comentaremos el desarrollo que alcanzaron en la obra.

1. **Registro del porcentaje de actividades completadas:** Durante todas las semanas de implementación se midió el P.A.C., tanto a mitad como a fines de cada semana. Excepto en las dos primeras semanas, que por descoordinación no se midió P.A.C. a mitad de semana. Sin embargo, luego de comenzar a medir nunca hubo alguna semana en que no se midiera este indicador. El grado de implementación alcanzado fue de un 95%.
2. **Registro de las causas de no cumplimiento:** Este indicador se comenzó a controlar alrededor de la segunda semana de implementación. Cada vez que se medía el P.A.C. se anotaban las causas de no cumplimiento. Incluso, se clasificaron las causas en externas o internas para poder determinar si fueron o no responsabilidad directa de la empresa constructora. Este objetivo fue alcanzado en un 90%.
3. **Planificación Intermedia:** No se logró desarrollar una planificación intermedia adecuada. La idea inicial era tener un horizonte de 4 semanas, sin embargo, sólo se alcanzó a tener un máximo de 2. El motivo de este bajo nivel de implementación se debió a la dificultad de reunir a los profesionales de terreno para que ellos realizaran una revisión de las actividades que se les presentaban en el horizonte de trabajo. Al inicio de la implementación se distribuyó a los involucrados una lista con las actividades del horizonte en estudio, con el fin de que cada uno revisara las actividades que fueran de su responsabilidad y colocaran el estado de las restricciones. El problema fue que nunca devolvieron a tiempo la planilla. Por este motivo, se cambió de estrategia y se planificó

una reunión los días viernes con el jefe de obra, para que con café y galletas fuera más amena la revisión de las restricciones. Sin embargo, esto sólo duró dos semanas ya que después fue complicado para él asistir a esta reunión por la alta demanda de trabajo que tenía en terreno. Finalmente, la opción fue hablar con el jefe de terreno y explicarle nuevamente lo importante de mirar más allá de la próxima semana. Usando esta estrategia se logró obtener las restricciones para el horizonte de 4 semanas. Ahora lo que se determinó fue realizar un seguimiento al estado de restricciones cada 3 días. Dado todo esto, considero que el nivel de implementación de esta etapa fue de sólo un 40%.

4. **Inventario de Trabajo Ejecutable:** En esta obra no se creó un inventario de trabajo ejecutable. La deficiente implementación de la planificación intermedia impidió tener una lista de tareas que tuvieran sus restricciones liberadas con mucha antelación. Apenas se liberaba la restricción esta actividad era incorporada al programa de trabajo semanal, ya que sólo se lograba hacer esto unos días antes de su fecha más temprana de inicio. Si consideramos esto, el grado de implementación también fue de un 40%.

5. **Programa de Trabajo Semanal:** Todas las semanas se logró tener un programa de trabajo semanal. El día viernes de cada semana se discutía con el jefe de terreno y el jefe de obra el posible programa para la semana siguiente (hay que recordar que comenzaba los días martes). Este "programa tentativo" era nuevamente revisado el día martes en la mañana, luego de medir el porcentaje de actividades completadas, para incorporar las actividades que no pudieron ser finalizadas la semana anterior. Es decir, se realizaba una actualización del programa semanal definido el viernes. Así, el día martes en la mañana durante la reunión de planificación se distribuía el programa actualizado y se realizaba una nueva revisión de él. Se pedía a los concurrentes que si tenían alguna actividad no

considerada en la lista la agregaran y que revisaran las fechas propuestas para cada actividad. Así finalmente se tenía el plan de trabajo semanal definitivo, el cual era distribuido a todos los asistentes. Entonces, podemos considerar un 100% de cumplimiento de este punto.

6. **Reunión semanal se planificación:** Todos los días martes se realizó la reunión de programación semanal. Objetivo logrado 100%.
7. **Registro histórico de los indicadores:** Se llevó un registro de todos los indicadores medidos semanalmente. Se cumplió la implementación en un 100%.
8. **Aprendizaje:** En este caso estimo que no se realizó un correcto aprendizaje de las causas de no cumplimiento vistas cada semana. En general, no fue un dato al cual se le dio mucha importancia por parte de la gente de terreno. El P.A.C. fue más considerado dentro del equipo, de a poco fueron tomándole mayor interés e incluso proponían agregar más actividades que podían ser ejecutadas para obtener un mayor valor de este indicador. Cuando se obtenía un P.A.C. bajo a mitad de semana trataba de mejorar para subir el indicador de fines de la semana y, aunque esto no siempre fuera posible, generaba una mayor incorporación y un mayor compromiso con el sistema y con el grupo. Dado todo esto, considero que esta meta se alcanzó un 50%. así el grado de implementación alcanzado para el total del sistema fue de un 75%. Este valor no es tan bajo considerando que el tiempo de implementación hasta el momento ha sido de 8 semanas. Hay que tomar en cuenta que el grupo que participaba de la implementación estaba compuesto por 7 personas y sólo dos de ellos tenían conocimientos del sistema "Last Planner" lo cual hizo más lento el proceso inicial de implementación

4.2 Conclusiones

Last Planner es una herramienta para estabilizar flujos de trabajo y disminuir la variabilidad, sin embargo, al llevarlo a la práctica es muy difícil que se cumpla completamente. Sin embargo, uno de los fundamentos del Lean Construction es la mejora continua por lo que es posible mejorar constantemente, pues se observará de manera más clara en la especialización de las cuadrillas, lo cual se verá reflejado en la curva de productividad y la curva de aprendizaje.

La reducción de la variabilidad es otro punto importante que se cumple, pues al tener una programación semanal confiable, se disminuye la diferencia entre lo que se programa y lo que se ejecuta realmente en obra.

El sistema "Last Planner" es una herramienta destinada a estabilizar el flujo de trabajo y para ello se basa en los principios del Lean Production aplicados a la construcción. Podríamos decir que en general los cumple, aunque en forma indirecta. La revisión de las causas de no cumplimiento genera una mejora al sistema, ya que detectan las partes de él que están fallando. Con esto, se puede llegar al origen del problema que genera el no desarrollo según lo planificado de una actividad. Así, se puede mejorar el tiempo de ciclo de la cadena productiva y al mismo tiempo, hacer que los trabajadores no pierdan tanto tiempo en actividades que no agregan valor, como, por ejemplo, esperas de material o falta de herramientas.

Aunque en teoría el sistema es una herramienta poderosa para mejorar la confiabilidad y rebajar la incertidumbre en la planificación, en terreno existe imposibilidad de implementarla por el mismo equipo de trabajo debido a la gran cantidad de trabajo en terreno que tienen. Para lograr una buena implementación, es necesario que haya un encargado que lidere al grupo.

En esta obra se logró un nivel de implementación de un 75%, según la escala descrita en el capítulo III. Se comenzó con un P.A.C. de 60%, logrando posteriormente una mejora del indicador. El máximo P.A.C. alcanzado fue de un 89% y el promedio de los P.A.C. obtenidos durante las 6 semanas de implementación fue de un 73%, lo cual es un valor aceptable; pero lo importante

es que se observa una tendencia al alza de este indicador, lo que nos hace suponer que se pueden esperar mejores resultados en la medida en que se continúe implementando el sistema y éste logre afianzarse.

En terreno se pudo constatar que la implementación de todos los elementos del sistema "Last Planner" es complicada, principalmente dada la falta de motivación para la mejora continua presente en el sector de la construcción. Este concepto se incluye en el análisis de las causas de no cumplimiento, ya que ellas son la oportunidad que se tiene para aprender de los errores y mejorar continuamente.

Por otro lado, la permanente sobrecarga de trabajo del equipo del proyecto jugó en contra para lograr una buena implementación. Sin embargo, el lograr desarrollar una planificación intermedia hubiera ayudado a evitar que los profesionales de terreno siempre estuvieran pendientes de tareas urgentes que pudieron haberse visto con anterioridad. Entonces hay una especie de círculo vicioso, ya que no desarrollan rápidamente la P.I. porque no tienen tiempo y no tienen tiempo porque no desarrollan la P.I. Aunque en terreno siempre habrá imprevistos, el adelantarse a solucionar problemas que se pueden prevenir servirá para alivianar el ritmo de trabajo.

Además, si consideramos que la mayoría de los grupos de trabajo llevan años de experiencia en la construcción, más se complica una correcta implementación. Esto debido a que es muy difícil cambiar la forma de trabajo con la cual los integrantes del equipo están acostumbrados a trabajar. Si al factor psicológico le agregamos el aumento en el flujo de información generado por la implementación de cada etapa del sistema de planificación, puede haber una excesiva sobrecarga en el equipo de trabajo. Probablemente sería distinto si el equipo fuera compuesto por gente joven, que es más adaptable ya que recién están comenzando a adquirir metodologías de trabajo en terreno.

El verdadero compromiso es un concepto esencial en el sistema de planificación estudiado. Todos los involucrados, desde los capataces hasta el administrador, deben tener una real convicción de los beneficios que se pueden alcanzar al implementar el sistema "Last Planner". Las

reuniones semanales de planificación refuerzan este concepto, ya que son el motor del sistema de control y es donde se adoptan todos los compromisos. Son fundamentales para intercambiar opiniones acerca de la evolución del proyecto y constituyen el momento adecuado para plantear inquietudes o dificultades encontradas en terreno.

REFERENCIAS

1. ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando, Lean Construcción, A. A. Balkema Publishing Rotterdam, edición 1997, Netherlands
2. AZÓCAR GAJARDO, Gregorio, Planificación de Obras, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, edición 1976, Chile.
3. BALLARD, Herman Glenn, The Last Planner, Lean Construction Institute, Monterrey 1994, México
4. BETANZO RIVERA, Cristian Eduardo, Metodología de Reducción de Tiempos en Obras Repetitivas, Tesis de Magíster, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003, Chile
5. DÍAZ MONTESINO, Daniela. Aplicación Del Sistema De Planificación 'LastPlanner' A La Construcción De Un Edificio Habitacional De Mediana Altura Santiago de Chile Agosto 2007

6. Howel, Gregory, What is Lean Construction, 1999
7. [Koskela](#)Lauri “construcción sin pérdidas”, Universidad Politécnica de Valencia – España 1992
8. "LAST PLANNER" BuenasTareas.com. 02 2013. 2013. 02 2013
<<http://www.buenastareas.com/ensayos/Last-Planner/7494805.html>>.
9. MIRANDA CASANOVA D., Implementación Del Sistema LastPlanner® En Una Habilitación Urbana.
10. Ohno, Taiichi (1988), "Toyota Production System: Beyond Large- Scale Production", Productivity Press, ISBN 0-915299-14-3
11. * Ohno, Taiichi (2007), "Workplace Management". Translated by Jon Miller, Gemba Press, ISBN 978-0-9786387-5-7, ISBN 0- 9786387-5-1
12. PERDOMO, R. A., Mejoramiento de Gestión en la Construcción mediante el Sistema “Último Planificador”, Universidad de los Andes, 2004, Colombia.
13. VILLAFENA CARMONA, Nicolás Enrique, Sistema de Planificación LastPlanner o Último Planificador, Memoria de título, Facultad Tecnológica, Universidad de Santiago de Chile, 2002, Chile.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
-----------------	------------------	------------------	------------------

<p>GENERAL</p> <p>¿Cuáles son los resultados sobre la productividad en una obra de edificaciones de la empresa constructora de la ciudad de Trujillo donde se aplica la filosofía Lean Construction?</p>	<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar la productividad en base a la aplicación del sistema de gestión Last Planner en la ejecución de una obra de edificaciones en la ciudad de Trujillo <p>ESPECIFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC) de los trabajos de Fierrería, Encofrado y Concreto en la ejecución de una obra de edificaciones en la ciudad de Trujillo. 	<p>GENERAL</p> <p>La aplicación de la filosofía Lean Construction mejora el grado de productividad de una obra de edificación de una empresa constructora de la ciudad de Trujillo.</p> <p>ESPECIFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> - La aplicación del Sistema Last Planer permite ejecutar las partidas Fierrería, Encofrado y Concreto sin retrasos. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema las planer <p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de actividades completadas (PAC) semanalmente - Causas de no cumplimiento (CNC) de las actividades planificadas no cumplidas
---	--	---	--

BASES TEÓRICAS

El Lean construction nació de una adaptación del Lean Production que estaba enfocado a las empresas manufactureras, entonces se puede entender que existieron dificultades en este proceso de adaptación debido a los distinto que puede ser el proceso de construcción comparado con otras industrias más especializadas.

Primeramente la industria de la construcción se veía desde el modo tradicional como una industria de conversión la cual tomaba materiales, los transformaba y los entregaba como producto terminado y sabemos que el sistema de producción Lean es visto como un flujo y las teorías que tiene se aplican a un producción de flujo. Por tal motivo la filosofía lean construction considera la construcción ya no como solo una transformación, sino como un flujo de materiales y recursos para la obtención de un producto, para que de esta manera se puedan aplicar los principios de la producción lean, ya que según Ballard el modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no nos permite ver. Se tiene que cumplir para tener un sistema de producción efectivo y este se logra dividiendo el trabajo total equitativamente entre los procesos para de esa manera tener procesos y flujos balanceados. Para lograr esto se utilizan los principios de física de producción y el tren de actividades.

Física de producción: se utilizan conceptos de la teoría de restricciones según los cuales se debe balancear los flujos entre procesos porque todo el sistema está restringido por el proceso que genera el menos flujo y es dicho proceso el que determina la capacidad de producción del sistema.

Tren de actividades: propone la división de la cantidad de trabajo en partes iguales que puedan ser ejecutadas por cada proceso en un mismo tiempo balanceando adecuadamente los recursos y estableciendo una secuencia lineal de actividades.

Optimización de Procesos: las herramientas que se propone para lograr esta optimización en cada proceso son las cartas de balance y el nivel general de actividad, a partir del uso de dichas herramientas se puede entender el estado de un proceso y la manera de optimizarlo.

Last Planner

El **Last Planner** es un sistema de Control de producción debido a que con este sistema se rediseña los sistemas de planificación ordinarios y se incorpora a un mayor nivel de participantes como a maestros, subcontratistas, ingenieros, etc.

Todo ello con la finalidad de lograr los compromisos en la planificación. LauriKoskela, propuso unos

criterios o principios para diseñar un adecuado sistema de control de la producción (Koskela, 1999).

Estos principios son (Ballard, 2000):

1. Primer principio, "las asignaciones deben ser razonables en relación a sus condiciones previas", esto hace referencia a que no deberíamos comenzar un tarea o labor hasta que no estén a disponibilidad todos los suministros o herramientas necesarios para completar dicha tarea, llamado "Complete kit" en inglés por Ronen en 1992. "Este principio procura minimizar el trabajo en condiciones sub-óptimas". (Ballard, 2000, 2-14)

2. Segundo principio, "el cumplimiento de las asignaciones es medido y monitoreado", la forma de medir este cumplimiento es el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), el cual será explicado a detalle más adelante. Este enfoque hace que reduzcamos el riesgo de variabilidad en tareas o flujos que vienen después de la actividad que evaluamos.

3. Tercer principio, "se investigan las causas de no-cumplimiento (non- realization) y esas causas son eliminadas". Las causas de no cumplimiento son las razones porque no se concluyeron las actividades programadas.

4. Cuarto principio, "sugiere mantener un paquete de tareas de amortiguación (buffers) razonables para cada equipo de trabajo", esto hace referencia a que en caso no se pueda realizar un tarea programada, se debe tener tareas que estén libres de restricciones para ser ejecutadas en su lugar, para evitar así pérdida de producción o reducción de la productividad.

5. Quinto principio, "en la planificación lookahead (con un horizonte temporal de 3 a 4 semanas), los requisitos previos de asignaciones inminentes deben ser liberados de forma activa", lo cual hace referencia claramente a un sistema "Pull", donde se busca asegurar que todos los requisitos previos estén disponibles para la ejecución de las asignaciones. Estos cinco principios son aplicados en el Last Planner System, tal como se irá viendo en el desarrollo del presente capítulo. Para ello pasaremos a definir a quienes se llama Last Planner y todo lo que involucra el seguir este novedoso sistema.

Definición

El Last Planner System fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell, basándose

en los principios de la Lean Construction. El sistema desarrollado es una herramienta para controlar las interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación dentro de la filosofía Lean Construction, este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable (Tommelein, 1998). La variabilidad sólo la podemos controlar teniendo funcionamientos fiables y usando procedimientos simples y estándares para pronosticar fácilmente el desempeño.

En cuanto al término Last Planner, Glenn Ballard en su tesis de doctorado enuncia lo siguiente: "En última instancia, alguien (un individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana. Este tipo de planes han sido llamados asignaciones" (Ballard, 2000). Son únicos porque controlan el trabajo directo en vez de la producción de otros planes. La persona o el grupo que producen las asignaciones son llamados el "Last Planner". Por ello la traducción al castellano de Last Planner es de "Último Planificador" ya que esta persona o grupo de personas son las últimas encargadas de definir las asignaciones para el día a día de la obra.

Debemos entender que la planificación no es simplemente el desglose de actividades que se preceden unas a otras, con la finalidad de poder obtener el presupuesto para la cuantificación de costo y lograr una programación con un inicio y fin del proyecto. Con la planificación debemos ser capaces de poder definir qué se debe hacer, que es lo que se puede hacer, que es lo que se hará, que acciones se debe tomar para que se cumpla la planificación e indicar los responsables de dicha planificación. Por ello con esta necesidad de cubrir estos puntos mencionados, es que el LastPlannerSystem apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con ello mejorar los desempeños. El incremento de fiabilidad se lleva a cabo mediante la planificación intermedia (LookaheadPlanning) y mediante el plan de trabajo semanal (WeeklyWork Plan). Antes de definir estos conceptos, debemos citar la *concepción que Ballard da respecto al Last Planner System*:

"El Last Planner System de control de producción es una filosofía, reglas y procedimientos, y una serie de herramientas que facilitan la implementación de esos procedimientos. En relación a los

procedimientos, el sistema tiene dos componentes:

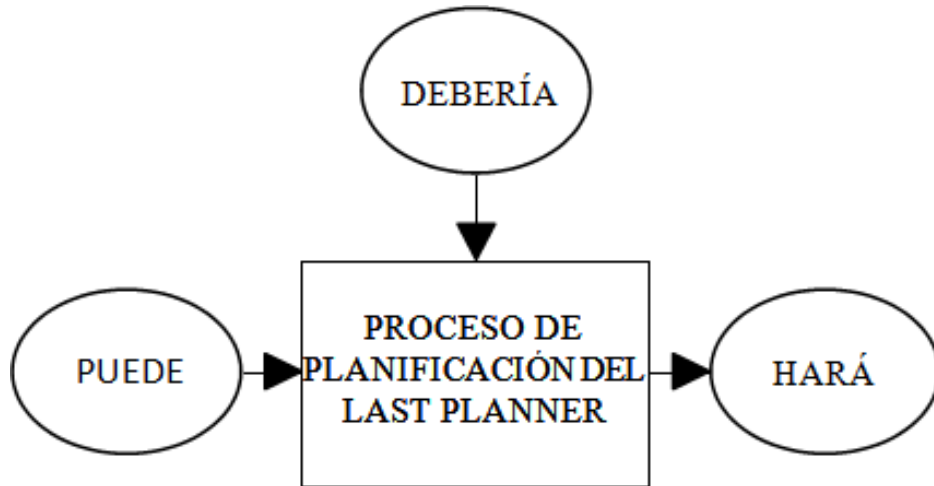
Control de las unidades de producción y control del flujo de trabajo" (Ballard, 2000). Como unidades de producción en la construcción se entiende como una cuadrilla de obreros o grupo de ellas que se especializan en un tipo de labor, el término en inglés es "Productionunit – PU".

Estos dos componentes van relacionados con la división de la fase de **Control de Producción**, ya que el "control de flujo de trabajo" se lleva a cabo mediante **planificación intermedia (Lookaheadplanning)**, mientras que el "control de las unidades de producción" se realiza mediante **el plan de trabajo semanal (weeklywork plan)**, mediante las cuales se puede incrementar la fiabilidad como ya se indicó. De ambos componentes podemos decir que el control de flujo de trabajo, como su nombre lo dice, se refiere a que se debe hacer que fluya el trabajo activamente a través de las unidades de producción (productionunit) para lograr objetivos más alcanzables. Por ello el control de flujo de trabajo, "coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción" (Ballard, 2000).

Mientras que el trabajo del control de las unidades de producción es hacer que las asignaciones realizadas a las unidades de producción (trabajadores o cuadrillas) sean mejores mediante el aprendizaje y acciones correctivas a su debido momento, de esta manera este componente "coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño" (Ballard, 2000).

Como se indicó con anterioridad, el Last Planner es el que determina las "asignaciones" para el día a día, pero estas son producto de una adecuada planificación, en donde vemos intervenir los conceptos de Debería (Should), Puede (Can), Hará (Will) e hizo (Did). Esto es así ya que el Last Planner indica lo que se Hará (Will), siendo esto ajustado por lo que se Debería (Should), y además considerando las restricciones que presenta el Puede (Can). De esta manera Ballard, presenta un esquema para entender la relación entre estas concepciones durante la planificación de asignaciones.

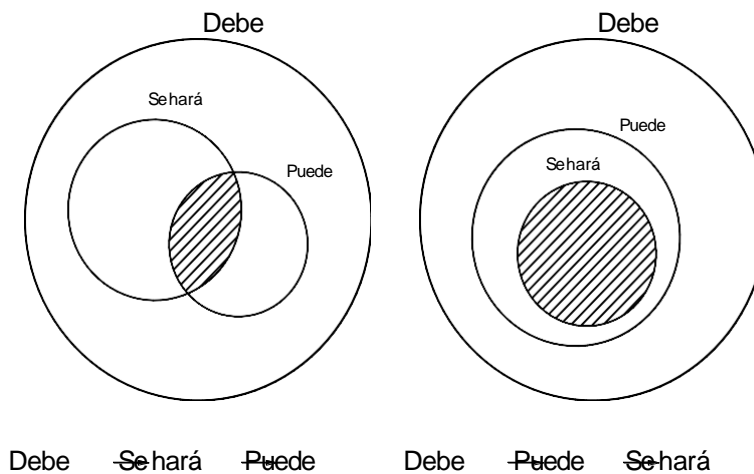
La formación de asignaciones en el proceso de planificación del LastPlanner.



(Fuente: propia)

En la mayoría de los proyectos lo que puede y lo que se hará son ambos subconjuntos de lo que debería hacerse. Si el plan (se hará) se desarrolla sin saber lo que puede hacerse, el resultado será la intersección de ambos conjuntos.

Gráfico N° 6-1: Situación de Proyectos según el tipo de Planeación (Abengoa Perú, 2011)



(Fuente: propia)

Los principios en los que se basan los sistemas de control tradicionales y el sistema del último planificador son diferentes, lo que da lugar en la práctica de la gestión de proyectos a diferencias muy significativas. En la tabla siguiente se recogen a modo de ejemplo las características diferenciales de estos sistemas de gestión de proyectos.

Comparación Sistema de Gestión Tradicional y Last Planner.

Sistemas De Gestión Tradicionales	Sistema De Gestión Del Último Planificador
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planificación en base a supuestos con alta incertidumbre. ➤ Planificación de actividades de transformación. ➤ Debe → Se hará → Puede. ➤ Programa según criterio del programador. ➤ Experiencia para mejorar futuros proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planificación en base a compromisos de corto plazo y confiables. ➤ Planificación que considera el efecto de flujos. ➤ Debe → Puede → Se hará. ➤ Participación del personal clave en el proyecto. ➤ Monitoreo permanente del desempeño y las causas de no cumplimiento.

El sistema del último planificador está basado en los siguientes principios:

- Las actividades no deben comenzar antes de que todos los requerimientos, para la realización de las mismas, estén satisfechos.
- Se debe medir y monitorizar la realización de las actividades.
- Las causas por las que una actividad no se puede realizar deben ser identificadas y eliminadas.
- Se debe evitar la pérdida de productividad, reasignando actividades cuando las inicialmente asignadas no se pueden ejecutar.

Debe realizarse una programación a corto plazo, considerando aquellas actividades cuyas restricciones para ser ejecutadas, hayan sido eliminadas. Los elementos que conforman o que estructuran el Last Planner System se indican a continuación:

- Cronograma Maestro (Master Schedule)

- Planificación por fases (Phase Schedule)
 - Planificación Intermedia (Lookahead Planning)
 - Análisis de Restricciones (Constraints Analysis)
 - Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog)
 - Plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan)
- Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete - PPC)
- Razones de No Cumplimiento (Reasons for Nonconformances)

Control de las unidades de producción

Recordemos que “el Control de las unidades de producción coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño”, (Ballard 2000), y uno de los puntos importantes para el funcionamiento de un sistema de planificación a nivel de las unidades de producción es la calidad de su producción, esto se refiere a la calidad de los planes producidos por el último planificador o LastPlanner. Esta planificación del LastPlanner se refleja en lo que se denomina Plan de Trabajo Semanal (Weekly Works Plan). Los criterios de calidad para una asignación de una tarea en el WeeklyWork Plan son:

- a. Definición (Definition): La acción esté bien definida.
- b. Viabilidad (Soundness): El trabajo escogido es práctico o razonable, es decir, puede ser realizado.
- c. Secuencia (Sequenece): Se escoge la secuencia de trabajo correcta.
- d. Tamaño (Size): Se escoge la cantidad de trabajo correcta.
- e. Aprendizaje (Learning)

La manera que podemos medir la calidad de lo planificado, es mediante el Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete – PPC). Este indicador PPC “se vuelve el estándar en relación al cual se ejerce control a nivel de unidades de producción. Un PPC mayor corresponde a realizar más trabajo debido con los recursos dados, es decir, corresponde a mayor productividad y avance.” (Ballard 2000).

Por lo tanto el PPC mide el grado en que el compromiso del planificador (Hará – Will) fue materializado. Y en caso haya tareas que no se lograsen ejecutar, es necesario una retroalimentación de las fallas para que esto ocurriese, por ello se realiza un análisis de no conformidad o razones de no cumplimiento (Reasonsfor Non-Conformances). Mediante este análisis se puede mejorar el PPC de las siguientes semanas y en consecuencia mejorar el rendimiento del proyecto.

Control del flujo de trabajo

El otro componente del sistema de planificación, es el control de flujo de trabajo que consiste en “hacer que el trabajo se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y a un ritmo deseados” (Ballard, 2000). Además también el control del flujo de trabajo coordina la ejecución del trabajo (flujo del diseño, abastecimiento, e instalación) a través de las unidades de producción.

Planificación Intermedia (LookaheadPlanning)

Como se mencionó con anterioridad, el control de flujo de trabajo dentro del sistema de planificación se lleva mediante la Planificación Intermedia o LookaheadPlanning.

En el proceso de LookaheadPlanning, se propone una visión de 4 a 6 semanas, según se determine por el equipo de la obra, al cual se llama LookaheadWindow. Dentro de esta ventana es que se desglosa todas las actividades colocadas en el Cronograma Maestro (Master Schedule) y se procede con el análisis de restricciones (ConstraintsAnalysis) para que luego de este análisis podamos obtener una Reserva de trabajo Ejecutable (WorkableBacklog). Finalmente luego de la ejecución de los trabajos se procede con las razones de No cumplimiento (Reasonsfor Non- conformances). El proceso de lookahead se lleva a cabo mediante el análisis de restricciones el cual conlleva los procesos de “alistar” (makeready) tareas mediante la “revisión” (screening) y el “arrastre” (Pulling). A continuación se presenta el proceso de planificación Lookahead, el cual es desarrollado más adelante (ver Gráfico N° 7).

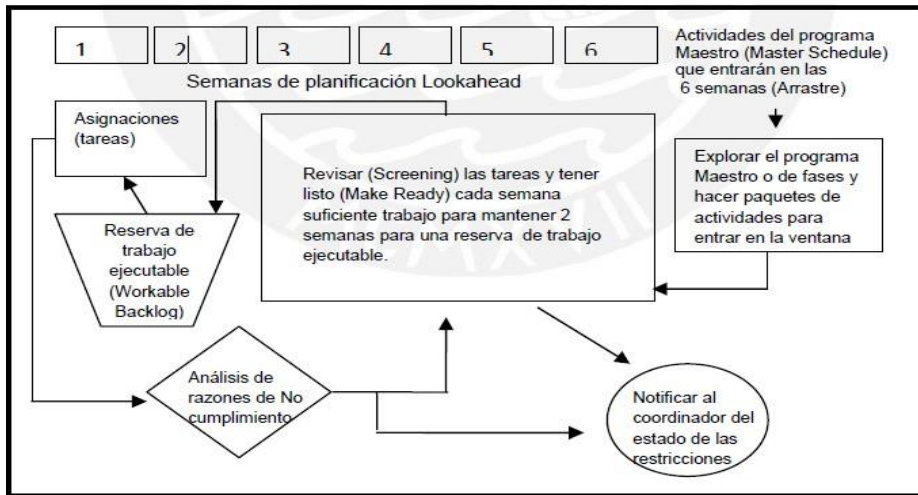
Sistema de arrastre (PullSystem)

El método que se utiliza para introducir materiales o información en el proceso de producción se denomina Sistema de arrastre o “PullSystem”. En cambio se tiene en contraposición el sistema de

Empuje o "PushSystem", que consiste en empujar las entradas hacia un proceso basado en metas de entregas o fechas límites.

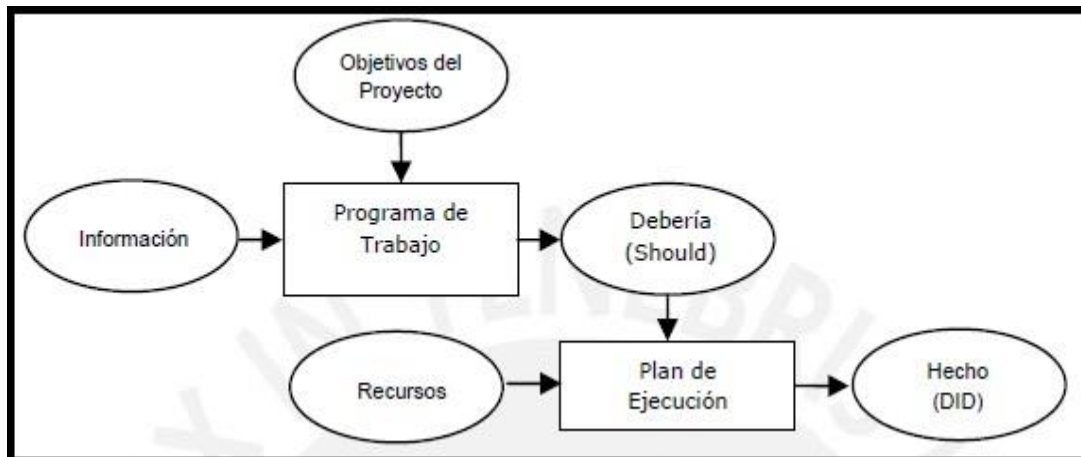
Tradicionalmente la construcción ha sido un sistema push, ya que lo que se busca con sus cronogramas es lograr intersecciones en el futuro de tareas interdependientes (ver gráfico N° 8).

Proceso Lookahead, alistar (MakeReady) mediante revisión (Screening) y arrastre (Pulling). (Ballard, 2000)



(Fuente: propia)

A diferencia del PushSystem, el Pulling solo permite que los recursos e información puedan ingresar al proceso de producción si el proceso es capaz de realizar dicho trabajo. Como veremos más adelante en el proceso lookahead se alista (Makeready) las tareas previamente antes que ingresen



a la programación propiamente dicha, y esto viene a ser el uso de técnicas Pull. Así podemos concluir que el LastPlanner es un sistema Pull (ver Gráfico N° 9).

Sistema tradicional de planificación "Push" (Ballard, 2000)



(Fuente: propia)

Equilibrio entre carga y capacidad

Para un sistema de producción es muy importante poder equilibrar la carga y capacidad para las unidades de producción, ya que esto repercute directamente en la productividad que tendrán. En el proceso de lookahead, que será explicado más adelante, es necesario el tener siempre una cantidad de tareas disponibles para su ejecución para cada unidad de producción, a esto se llama Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog). Para esto es necesario poder estimar la carga de cada tarea que será encargada a una unidad de producción y así mismo debemos calcular la capacidad de todas las unidades de producción. Si bien es cierto que se debe estimar tanto la carga y capacidad, pero para poder lograr un equilibrio entre ambas, el planificador puede hacer algunos ajustes como:

- Cambiar la carga para que concuerde con la capacidad.
- Cambiar la capacidad para que concuerde con la carga.
- O se procede a una combinación de ambos, lo cual es lo más usual.

Estructuración del sistema Último Planificador

Cronograma Maestro (Master Schedule)

Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial. A esta planificación inicial se denomina **Cronograma Maestro** (Master Schedule). Mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto mediante fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como "hitos" para el proyecto. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto.

El cronograma maestro debe ser elaborado con información fidedigna, es decir que represente el Villacorta Varas Juver Javier

verdadero desempeño que tiene nuestra empresa para el tipo de proyecto que se ejecutará. Solo así podremos dar validez al LastPlannerSystem, ya que se estará controlando tareas que representan la forma y desempeño real de la empresa.

Es usual que para la elaboración del cronograma maestro se utilice diferentes programas de computación, como Ms Project, primavera, etc. Lo esencial en la elaboración de este cronograma en el software que fuese desarrollado, es poder identificar los hitos del proyecto y además de ello poder elaborar el presupuesto del proyecto.

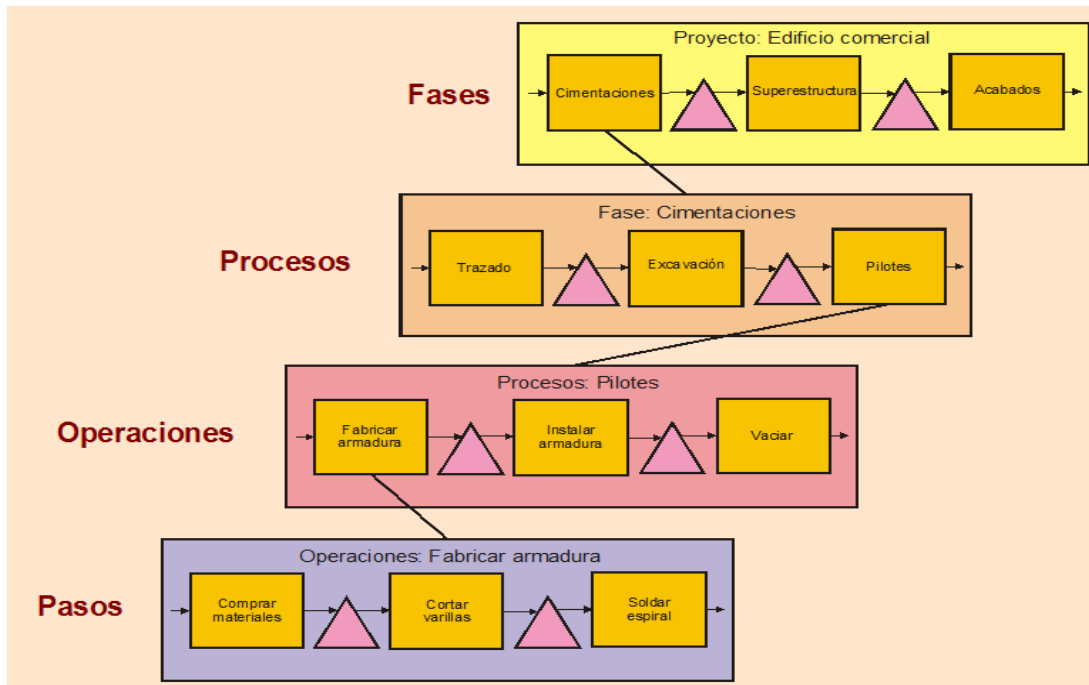
Planificación por fases (PhaseScheduling)

Según Ballard, una planificación por fases o PhaseScheduling, tiene como propósito el elaborar un plan para completar una fase del trabajo (Ballard, 2000):

1. Que Maximiza la generación de valor.
2. Que todos los involucrados entiendan y apoyen.
3. Que especifica la transferencia entre grupos de trabajo.
4. En donde las actividades programadas se elaboren en base al proceso lookahead para ser explotada en los detalles operativos y sea preparado para la asignación de los planes de trabajos semanales.

Los participantes en el phasescheduling están representados por aquellas personas que tienen trabajo por hacer en la fase en análisis. Ballard da como ejemplo respecto a esto, que un equipo de trabajo para programar una fase de construcción debería involucrar a la contratista, la subcontratista y tal vez a las partes interesadas (stakeholders), como los diseñadores, clientes y agencias reguladoras. Además indica que los participantes deben traer los cronogramas y planos relevantes, y tal vez incluso el contrato de cada uno de ellos.

Ejemplo de una planificación por fases y el detalle de la fase en análisis (Max T. Rossi 2008
- basado en Ballard, 2000).



(Fuente:propia)

Además Ballard nos indica que el proceso del phases cheduling involucra (Ballard, 2000):

1. Definir el trabajo que se incluirá en la fase.
2. Determinar la fecha de finalización de la fase, además de las principales versiones intermedias para las fases previas o para las fases posteriores.
3. El uso de un equipo de planificación y post-it pegados en una pared, en el cual se va desarrollando la red de actividades necesarias para completar la fase, trabajando hacia atrás desde la fecha de finalización, e incorporando los hitos intermedios.
4. Aplicar la duración de cada actividad, sin la contingencia o aumento en las estimaciones de duración. Tratando de usar el tiempo que se puede esperar en condiciones normales.
5. Reexaminar la lógica para tratar de acortar la duración. Se debería pedir a cada persona qué cambios en las solicitudes que reciben les permitirá acortar la duración de la tarea.
6. Determinar la fecha de inicio más temprana para la fase.
7. Si hay tiempo de sobra después de comparar el tiempo entre el inicio y la finalización de la duración de las actividades en la pared, se debe decidir qué actividades buffer habrán para el tiempo

adicional.

8. ¿El equipo está cómodo que los buffers son suficientes para asegurar la finalización dentro de los hitos? Si no es así, entonces, bien se replantean o cambian los hitos según sea necesario y posible.

9. Si hay exceso de tiempo disponible más allá de lo necesario para amortiguar las tareas individuales, se debe decidir si se desea acelerar el calendario o utilizar el exceso para aumentar la probabilidad de terminar a tiempo.

10. Reservas de tiempo no asignado en un buffer de contingencia general para la fase.

La aplicación de todos estos puntos anteriores conlleva el tener grandes cambios de la práctica de planeamiento tradicional, lo cual lo hemos esquematizado en un cuadro:

Comparación de Práctica tradicionales vs Phase Schedulling (P2SL Report, Ballard 2009).

Practica Tradicional	<u>Phase Schedulling</u>
La práctica tradicional es que el líder del proyecto desarrolla un programa, y luego lo distribuya a otros del equipo con una solicitud de comentarios. Con menos frecuencia, los miembros del equipo se ponen en las reuniones cara a cara para discutir el programa.	Los miembros del equipo producen realmente el plan de trabajo, no solo comentan sobre la viabilidad de un plan presentado por alguien más. Ellos están planeando en conjunto, y utilizando una técnica <u>pull</u> para promover la comunicación y entendimiento compartido entre clientes y proveedores inmediatos sobre lo que realmente se necesita.
El líder de proyecto diseña su propio cronograma y decide cómo usarlo.	El equipo genera <u>ambos el</u> soporte en forma de una estructura de “ red de <u>compromisos</u> ” y decir colectivamente cómo hacer para amortiguar las tareas variables

(Fuente: propia)

En base a la bibliografía recopilada para este tema, veo que quedan algunos vacíos en cuanto al significado de “fase”, ya que Ballard no lo explica claramente. Además de ello esta etapa de phaseschedulling en muchas citas bibliográficas lo menciona pero no es abordado en profundidad ni brindan ejemplos del mismo. Ante esta poca información, me permito dar un esbozo de lo que entiendo por fases chedulling y otros comentarios al respecto: Primero debemos entender lo que es una “fase”, según el esquema gráfico de la Imagen N° 9, puedo ver y concluir que: “una fase viene a ser el conjunto de procesos, los mismos que están conformados cada uno por diversas operaciones y que a su vez cada operación es el resultado de una serie de movimientos (motions)”. Así mismo puedo entender que el conjunto de diversas “fases” dan como resultado la ejecución del proyecto global propuesto.

Además se puede entender que dentro de un proyecto de construcción, se tiene diversas “fases” las cuales son determinadas y clasificadas por el equipo de trabajo.

Por ello asumo que en la etapa de phases chedulling el equipo de trabajo es quien determina que “fases” son necesarias desglosarlas y programarlas a detalle en base a su relevancia e incidencia en el proyecto. Me parece que esto debe ser de este modo, ya que si no existirían una cantidad enorme de fases y el proceso se volvería mucho más engorroso que práctico.

Por lo tanto entiendo que lo que se busca con la planificación por fases o phases scheduling, es lograr entrar a un alto grado de nivel de detalle (es decir, llegar hasta los movimientos de cada operación), con la finalidad de que podamos decir con certeza el tiempo que demorará cada fase y de esta forma conocer el tiempo total para el proyecto. Y ya que esta planificación se da desde la fecha final propuesta hacia atrás, podremos saber si es que el tiempo estimado era el suficiente o si será necesario ampliarlo o si es posible ajustar aún más cada fase para lograr llegar a la fecha meta.

Dejo como propuesta a los lectores de esta tesis, el poder investigar más al respecto y buscar casos prácticos para poder ahondar en su aplicación o mejor aún llevarlo a cabo en diversos proyectos para seguir paso a paso la generación de esta etapa y además de poder evaluar sus resultados y dificultades al ejecutarlo.

Planificación Intermedia: Look ahead Planning

El tercer nivel en la jerarquía del sistema de planificación, viene a ser la Planificación Intermedia o LookaheadPlanning, cuyo objetivo principal es controlar el flujo de trabajo. Planificación intermedia la podemos entender de forma general y sencilla, como un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una idea inicial de las actividades que serán ejecutadas, para lo cual se debe coordinar y levantar todos los obstáculos o restricciones que puedan existir para que dichas actividades puedan ser realizadas.

Recordemos que control de flujo de trabajo (workflow control) es hacer que el trabajo (información o materiales) se muevan entre las unidades de producción en una secuencia y a una velocidad deseada. Además coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción.

Conceptos

Lookahead Schedule (cronograma intermedio o anticipatorio): Es el producto de la planificación intermedia (lookaheadplanning) que resulta al detallar las actividades del cronograma maestro a través del modelo de definición de actividades, revisando (screening) las tareas resultantes antes de permitir que entren en la ventana intermedia (lookaheadwindow) o que avancen dentro de esa

ventana. Incluye la ejecución de acciones necesarias para alistar las tareas (maketaskready) para su asignación (assignment) una vez que sean programadas. Los cronogramas intermedios o Look ahead Schedule pueden ser presentados en forma de lista o de gráficos de barras. **Look ahead Window (ventana intermedia o anticipatoria):** Es la ventana o intervalo de tiempo, antes del inicio programado, en que las actividades del cronograma maestro son detalladas, revisadas (screening) o alistadas (makeready). Lo normal es que una ventana intermedia abarque un período futuro de entre 3 y 12 semanas.

Intervalo de tiempo – Look ahead Window

Como ya se comentó, el proceso de planeamiento lookahead es el desglose de las actividades del cronograma maestro, siendo estas las asignaciones potenciales dentro del intervalo de tiempo a planificar. El período del lookaheadwindow puede ser entre 3 a 12 semanas, y esto "...es decidido en base a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los plazos para adquirir información, materiales, mano de obra, y equipos" (Ballard, 2000).

Se presenta a continuación un ejemplo de cronograma lookahead (Lookahead Schedule), donde podemos observar un intervalo de tiempo de 3 semanas (lookaheadwindow) y observamos a su vez el desglose de las actividades del cronograma maestro en las tareas que están programadas y que serán revisadas (screening) para posteriormente ser asignadas para su ejecución por las unidades de producción (cuadrillas de obreros) dentro del Plan de Trabajo Semanal (WeeklyWork Plan).

Planificación Semanal

El sistema del último planificador pretende incrementar la calidad del plan de trabajo semanal (PTS), el cual cuando se combina con el proceso de planificación intermedia genera el control del flujo de trabajo.

Algunas características comprometidas en la realización de planes acertados de trabajo semanal son las siguientes:

- La correcta selección de la secuencia del trabajo, de acuerdo con el plan maestro establecido, las estrategias de ejecución y la constructabilidad (características que hacen que un diseño pueda ser

construido).

- La correcta cantidad de trabajo seleccionada, teniendo en cuenta la capacidad de trabajo de las cuadrillas que ejecutarán las actividades.
- La definición exacta del trabajo por realizar y que puede hacerse, es decir, la garantía de que todos los prerrequisitos se han ejecutado y que se cuenta con recursos disponibles para tal fin. Obtener el programa maestro de la obra, con la ayuda de un software. Esto permite visualizar las fechas generales, relaciones y recursos para cada una de las actividades


El administrador, informará a todo el personal de la obra (Jefe de Terreno, Jefes de Obra, Capataces, Bodeguero), Subcontratistas, y delegado, respecto al día y hora de la semana en que se efectuará la reunión de planificación. Los participantes de la reunión de planificación seleccionarán del ITE aquellas actividades que se desea realizar en la próxima semana, designándose un responsable del cumplimiento de cada una de ellas.

Es muy importante que el responsable de una actividad en particular esté plenamente de acuerdo en que lo solicitado es factible y, por lo tanto, puede asumir con seguridad el compromiso de completarla en la semana.

Título de la investigación: "Productividad y La Filosofía Lean Construction en la ejecución de una obra de edificación en la ciudad de Trujillo"							
Nombres y apellidos del evaluador : Gonzalo Hugo Diaz García							
Sede: Trujillo		Carrera: Ingeniería Civil		Facultad: Ingeniería			
Condiciones obligatorias							
Coherencia		Los resultados, discusión y conclusiones responde a la pregunta y objetivo de la investigación				Sí	No
Consistencia		Cada una de las secciones del trabajo de investigación están debidamente sustentadas				Sí	No
Informe de plagio		Tiene 0% de similitud después de eliminar falsos positivos				Sí	No
Criterios de evaluación							
Sección		Ítem	Reportado en la página #	Puntaje			
				Bien desarrollado	Parcialmente	No lo presenta	Puntaje obtenido
Título	Título	Señala la variable o constructo y el contexto de la investigación de forma puntual.		0.5	0.25	0	0.5
Resumen	Resumen	Proporciona en 200 palabras: antecedentes; objetivo de la investigación; metodología desarrollada; principales resultados y conclusiones.		1	0.5	0	0.5
Introducción	Justificación	Sustenta un problema de investigación con base en la evidencia de estudios previos. Asimismo, utiliza definiciones conceptuales y marcos teóricos pertinentes para justificar su problema de investigación.		2	1	0	1
Introducción	Objetivos	Proporciona una declaración explícita de las preguntas que se están tratando con referencia al problema de investigación.		1	0.5	0	1
Metodología	Población y Muestra	Especifica las características de la muestra y los criterios utilizados para su selección.		0.5	0.25	0	0.5

Metodología	Técnicas y materiales	Describe las técnicas y materiales que utiliza señalando las características pertinentes (por ejemplo, evidencias de validez, puntuaciones de confiabilidad, equidad, criterios de calidad).	0.5	0.25	0	0.25
Metodología	Procedimiento de recolección de datos	Señala y sustenta cómo se desarrolló el proceso de recolección de datos.	0.5	0.25	0	0.5
Metodología	Procedimiento de tratamiento y análisis de datos	Señala y sustenta el procedimiento desarrollado en el tratamiento y análisis de los datos.	1	0.5	0	0.5
Metodología	Aspectos éticos	Describe las consideraciones éticas que siguió la investigación.	0.5	0.25	0	0.5
Resultados	Responde la pregunta de investigación	Proporciona de forma concisa y puntual hallazgos en relación a la pregunta de investigación.	2	1	0	2
Resultados	Empleo de tablas, figuras o ecuaciones.	Emplea tablas, figuras o ecuaciones para presentar sus hallazgos.	2	1	0	2
Discusión y Conclusiones	Limitaciones	Identifica y comunica limitaciones o puntos inciertos en función a los hallazgos	2	1	0	2
Discusión y Conclusiones	Interpretación comparativa	Interpreta comparativamente los hallazgos con estudios previos citados.	3	1.5	0	1.5
Discusión y Conclusiones	Implicancias	Comunica las implicancias prácticas, teóricas o metodológicas de los resultados	1	0.5	0	0.5
Discusión y Conclusiones	Conclusiones	Proporcionar una interpretación general de los resultados y responde al objetivo de la investigación	2	1	0	1
Puntaje total						14.25


 Firma del evaluador


 Ing. Danny Zeluda Mosquera
 COORDINADOR DE CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
 director/coordinador de carrera