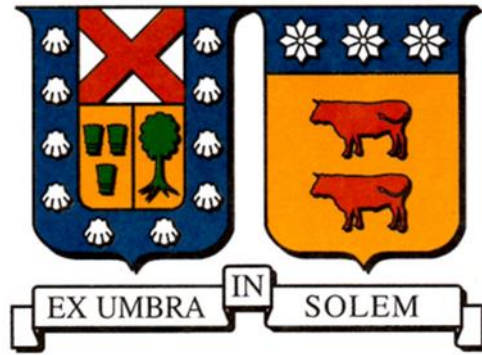




UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN “REY BALDUINO DE BÉLGICA”

**APLICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS “LEAN” EN LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

KAMILA VANESA TAMBLAY MATAMALA

2019

**APLICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS “LEAN” EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CONSTRUCTOR**

**Alumno: Kamila Tamblay Matamala
Profesor Guía: Sr. Sergio Monroy.**

2019

DEDICATORIA

Dedicado con amor infinito a mi hijo Borja gracias a ti siempre tendré las fuerzas para concretar lo que me proponga.

Y a mi familia que es mi apoyo fundamental para salir adelante, en especial a mis padres Mónica y César

Ha sido un largo recorrido pero todo el esfuerzo tiene su recompensa sin ustedes hubiera sido todo mucho más difícil

Agradecimientos a mi profesor guía Sergio Monroy por tener siempre excelente disposición para ayudarme y hacerse el tiempo cuando para cuando yo pudiera y darme los conocimientos necesarios.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
a) PRODUCTIVIDAD EN CHILE	2
b) CONTEXTO MUNDIAL DE PRODUCTIVIDAD	3
c) PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	5
d) PRODUCTIVIDAD DE LA CONSTRUCTORA HECTOR VEGA.	11
JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	13
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
MARCO TEÓRICO.....	15
a) CONTEXTO TÉCNICO	15
b) CONTEXTO NORMATIVO	18
METODOLOGIA.....	19
CAPITULO I: LEAN PRODUCTION	20
1.1. DEFINICIÓN: FILOSOFÍA LEAN	21
1.2. ORIGEN Y DIFUSIÓN:.....	21
1.3. DESPERDICIO O MUDA	24
1.4. PRINCIPIOS BÁSICOS LEAN: “AGREGAR VALOR, REDUCIR EL DESPERDICIO”	26
1.5. LEAN CONSTRUCTION	30
1.6. PLANIFICACIÓN DE OBRAS	33
1.7. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL VS LAST PLANNER SYSTEM	33
1.8. LAST PLANNER SYSTEM.....	33
1.8.1. INCERTIDUMBRE:.....	34

1.8.2.	FLUJO- TRANSFORMACIÓN:	35
1.8.3.	DEBO, PUEDO, SE HARÁ	35
1.9.	COMPONENTES DE PLANIFICACION DEL LPS	38
1.9.1.	PLAN MAESTRO	38
1.9.2.	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	39
1.9.3.	REVISIÓN DE RESTRICCIONES	39
1.9.4.	ORIGEN DE RESTRICCIONES	41
1.9.5.	PLANIFICACIÓN SEMANAL	41
1.9.6.	INDICADORES	43
CAPITULO II: ANTECEDENTES DE OBRAS EJECUTADAS CONSTRUCTORA HECTOR VEGA Z.		46
2.1.	PROYECTO “SAN SEBASTIÁN” CONSTRUTORA IHV	47
2.1.1.	ANTECEDENTES GENERALES	47
2.2.	PROYECTO “VALLE BUENOS AIRES”	60
2.2.1.	ANTECEDENTES GENERALES	60
2.2.2.	ANÁLISIS DE LA CURVA S	65
CAPITULO III: MEDICIÓN DE DESEMPEÑO “PROYECTO VALLE BUENOS AIRES”		67
3.1.	MEDICIÓN DE DESEMPEÑO	68
3.1.1.	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN	68
3.2.	CÁLCULO DE INDICES DE DESEMPEÑO:	70
3.2.1.	DATOS PRINCIPALES	70
3.2.2.	VARIACIONES	71
3.2.3.	ÍNDICES DE RENDIMIENTO	72
3.2.4.	CONCLUSIONES	75
3.3.	PRONÓSTICOS	76

CAPITULO IV: APLICACIÓN METODOLOGÍA “LAST PLANER” A LA PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO “VALLE BUENOS AIRES”	77
4.1. INTRODUCCIÓN	78
4.1. PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN.....	78
4.2. REUNIÓN INFORMATIVA AL EQUIPO DE TRABAJO.....	78
4.3. DESARROLLO DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	79
4.4. INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (I.T.E).....	81
4.5. PLANIFICACIÓN SEMANAL.....	81
4.6. INDICADORES A MEDIR:	82
4.7. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	82
4.7.1. PRIMER CONTROL	83
4.7.2. EVOLUCIÓN DEL PROYECTO.....	88
4.8. PLAN DE MEJORA	91
4.9. ANALISIS CAUSA-RAÍZ	93
4.10. APLICACIÓN PLAN CORRECTIVO	96
EVOLUCIÓN DE LAS C.N.C.....	98
ANALISIS CURVA S	99
4.11. MEDICION DEL VALOR GANADO	99
CONCLUSIONES.....	100
BIBLIOGRAFÍA	102
LINKOGRAFÍA	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Índice de Productividad Total de Factores Sectorial de la Comisión Nacional de Productividad.....	2
Figura 2 Crecimiento PIB per cápita.....	3
Figura 3 Índice de desarrollo humano	4
Figura 4 Índice de salarios promedio versus PIB per cápita	4
Figura 5 Estimación de la productividad total de factores para el Sector Construcción 1986-2015	8
Figura 6 Kiichiro Toyoda	22
Figura 7 Eiji Toyoda	22
Figura 8 Tahiiichi Onho	23
Figura 9 Círculo de la improductividad de una empresa.	24
Figura 10 "Casa TPS"	28
Figura 11 “Vista convencional de un proceso de producción como un proceso de conversión que puede ser dividido jerárquicamente en subprocesos”.	31
Figura 12 Producción como un proceso de flujo: ilustración simplista.	32
Figura 13 Producción como un proceso de flujo: ilustración simplista.	36
Figura 14 Esquema de planificación LPS.....	37
Figura 15 Esquema de planificación tradicional	37
Figura 16 Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS	38
Figura 17 Ejemplo planilla revisión de restricciones.....	40
Figura 18 Diagrama de Gantt con etapas LPS.....	42
Figura 19 Esquema de planificación Last Planner	42
Figura 20 Ejemplo de medición PAC.....	43
Figura 21 ejemplo gráfico PAC.....	44
Figura 22 Ubicación Proyecto “San Sebastián”	47
Figura 23 Diseño AutoCAD Viviendas tipo Proyecto “San Sebastián	48
Figura 24 Viviendas tipo Proyecto “San Sebastián	48
Figura 25 Planta de loteo proyecto “San Sebastián”	49
Figura 26 vivienda tipo	61

Figura 27 Proyecto Valle Buenos aires	62
Figura 28 Resumen Carta Gantt	65
Figura 29 curva de avance vs real programada	66
Figura 30 Esquema módulos de gastos	69
Figura 31 Planilla revisión de restricciones	79

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Curva de avance programada San Sebastian	50
Gráfico 2 Planificación de gastos mensuales "San Sebastián"	52
Gráfico 3 avance real vs planificado.....	53
Gráfico 4 Promedios de avance	55
Gráfico 5 Mano de Obra v/s Tiempo	55
Gráfico 6 Pérdidas proyecto san Sebastián	57
Gráfico 7 Ubicación Proyecto “Valle buenos aires, Santa Juana”	60
Gráfico 8 curva de avance programado	63
Gráfico 9 Planificación de gastos	64
Gráfico 10 gráfico del valor ganado.....	73
Gráfico 11 Evolución PV, AC, EV	74
Gráfico 12 Porcentaje de gasto total	75
Gráfico 13 C.N.C. primer control	86
Gráfico 14 Tendencia P.A.C. semanal	88
Gráfico 15 Frecuencia C.N.C.	90
Gráfico 16 Origen C.N.C.	91
Gráfico 17 Frecuencia C.N.C. internas.....	92
Gráfico 18 Evolución C.N.C. Internas.....	98
Gráfico 19 Avance Proyecto.....	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diferencias en 1986 entre una planta de montaje de General Motors y una de Toyota.	23
Tabla 2 medición del avance global	54
Tabla 3 Primer trisemanal de actividades	83
Tabla 4 Frecuencia C.N.C	89
Tabla 5 Plan de mejoras	96
Tabla 6 Medición valor ganado	99

INTRODUCCIÓN

La productividad de la industria de la construcción está siendo afectada hace ya bastante tiempo en nuestro país, como en varios otros.

En este trabajo se entregará un análisis completo de las actividades que nos llevan a la improductividad de una obra, Además se ha determinado que todas esas circunstancias pueden ser perfectamente evitables si se toman las precauciones correspondientes en cada actividad utilizando la herramienta que nos entrega la filosofía Japonesa Lean aplicada en la industria de la construcción que, llevándolas a un nivel más tangible y menos conceptual se obtienen resultados muy óptimos aprovechando eficientemente los recursos y el tiempo.

La constructora Héctor Vega Z. ha sido analizada para poder detectar una serie de factores que no son externos a la gestión de los procesos constructivos de los proyectos, ha sido tanta la ineficiencia de estos procesos que algunos proyectos han dejado incluso a la empresa sin ganancia alguna.

Se han determinado una serie de circunstancias que han llevado a la empresa a niveles de improductividad que anteriormente no se producían debido a que el tamaño de la empresa ha ido en considerable aumento por lo que el sistema de control debe ser más riguroso. En este trabajo se evaluará una línea de trabajo para optimizar la ejecución del proyecto “Valle Buenos aires” fundamentando la aplicación del sistema último planificador

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

a) PRODUCTIVIDAD EN CHILE

Se dice que un país o sector económico es productivo si es capaz de aumentar su rendimiento de producción empleando los mismos recursos en un mismo periodo de tiempo.

En Chile desde el año 2000 la productividad nacional ha comenzado una importante desaceleración, en los últimos 15 años, su contribución al crecimiento promedio anual ha sido solo de un 0,1% mientras que en la década de los 90' fue en torno al 2,3%, este dato nos señala que de haber mantenido este ritmo el país tendría un ingreso per cápita un tercio mayor al actual.

Figura 1 Índice de Productividad Total de Factores Sectorial de la Comisión Nacional de Productividad

Período	Agricultura, Caza y Pesca	Minería	Industria	Electricidad, Gas y Agua	Construcción	Comercio, Hoteles y Restaurantes	Transporte y Comunicaciones	Servicios
1990-1995	5,8%	1,5%	3,5%	9,4%	2,6%	6,9%	3,6%	1,8%
1995-2000	3,3%	2,5%	0,9%	-1,6%	-0,7%	-1,2%	2,9%	0,9%
2000-2005	6,7%	-8,1%	0,7%	1,8%	2,1%	3,1%	1,5%	3,0%
2005-2010	3,1%	-8,4%	-1,0%	-6,3%	-1,7%	3,6%	-1,2%	1,7%
2010-2015	0,9%	-8,5%	-1,0%	0,7%	-3,0%	2,1%	2,2%	-0,1%
2016	-0,1%	-3,6%	-3,4%	-4,5%	-1,4%	-1,7%	2,1%	1,1%
2017	-1,0%	-2,6%	0,6%	-0,1%	-2,0%	2,8%	1,4%	-1,4%

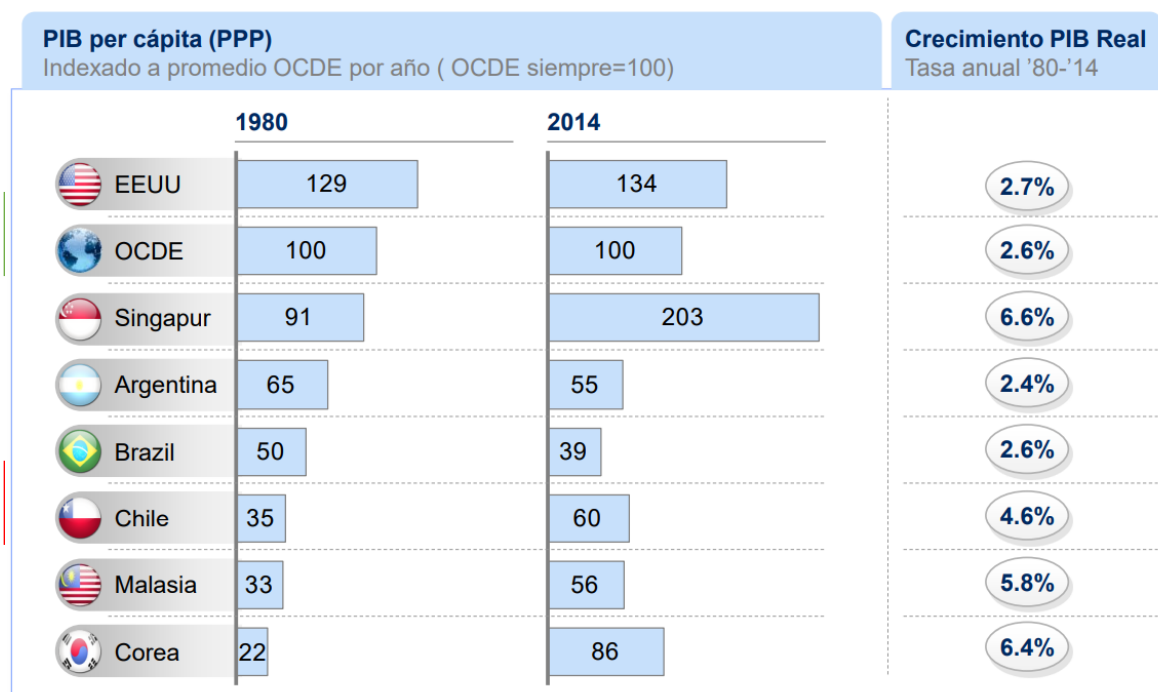
Fuente: Informe anual 2018, comisión nacional de productividad

En la tabla se observa que la productividad total de factor cae en sectores de Electricidad, Gas y Agua, Servicios, Agricultura, Caza y Pesca, Minería y Construcción. Así, se reconoce la necesidad de mejorar los niveles de productividad como un tema fundamental.

b) CONTEXTO MUNDIAL DE PRODUCTIVIDAD

Los niveles de productividad de cada país se ven reflejados en el crecimiento del Producto interno bruto. Se ha hecho un análisis de otros países para observar la importancia de este factor ya que es el que define nuestra calidad de vida.

Figura 2 Crecimiento PIB per cápita

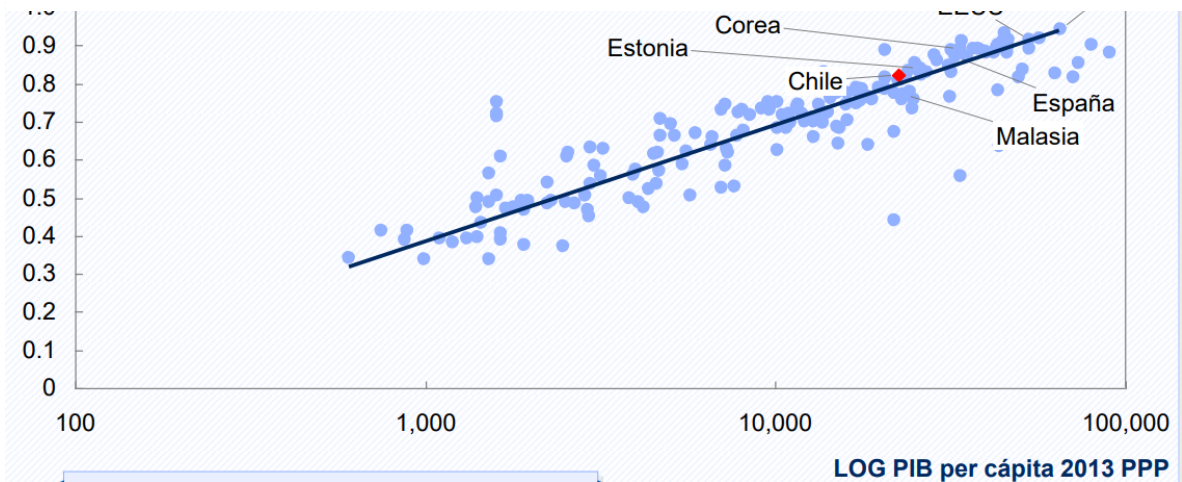


Fuente: FMI, (Fondo monetario internacional)

Si bien Chile ha crecido sostenidamente su PIB per cápita, aún está muy lejos de alcanzar los niveles de la OCDE.

Como se menciona anteriormente, el crecimiento del PIB es muy importante porque permite aumentar el bienestar de los ciudadanos, en la siguiente figura podemos observar el PIB per cápita influyen de manera directa con el desarrollo humano:

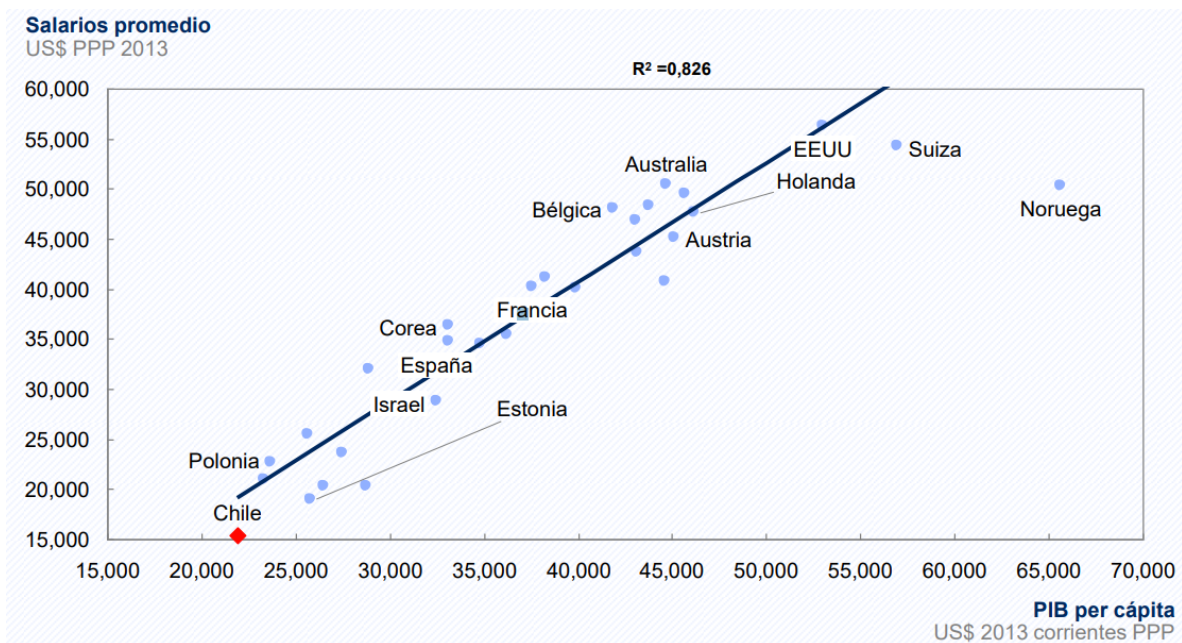
Figura 3 Índice de desarrollo humano



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; FMI; OCDE;

Podemos concluir que los países con mayor PIB per cápita tienen mayor índice de desarrollo humano e incluso en la siguiente figura se observa que pueden tener mejores sueldos.

Figura 4 Índice de salarios promedio versus PIB per cápita



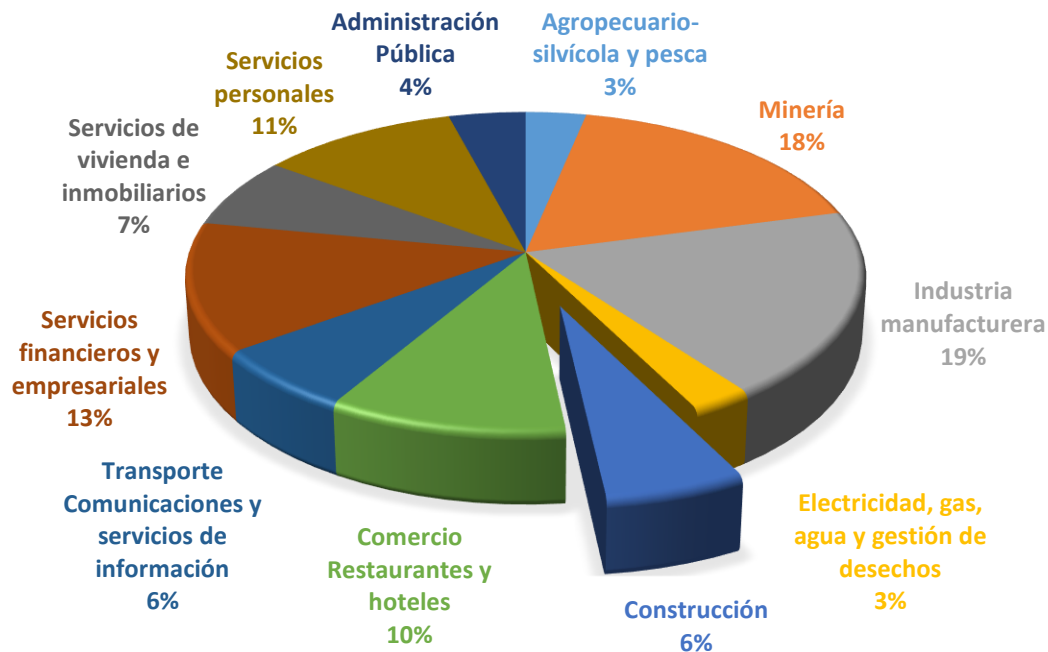
Entendemos entonces que todos estos factores podrían mejorar mucho nuestra calidad de vida si pudiéramos hacer un cambio para acrecentar nuestra productividad nacional.

c) PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

La construcción es uno de los sectores económicos más importantes para el país, sobre todo en las cifras de empleo y aporte económico, pero también es un sector que en los últimos años ha ido decayendo en cuanto a producción. A pesar de que se han hecho diversos avances tecnológicos en la industria, la productividad ha disminuido sobre todo en los últimos años.

Se analizó el porcentaje de participación que tiene cada sector económico correspondiente al año 2018 respecto a la influencia o participación de la construcción en el producto total de la economía chilena, en base a datos del Banco Central de Chile lo que se ve reflejado en el siguiente gráfico:

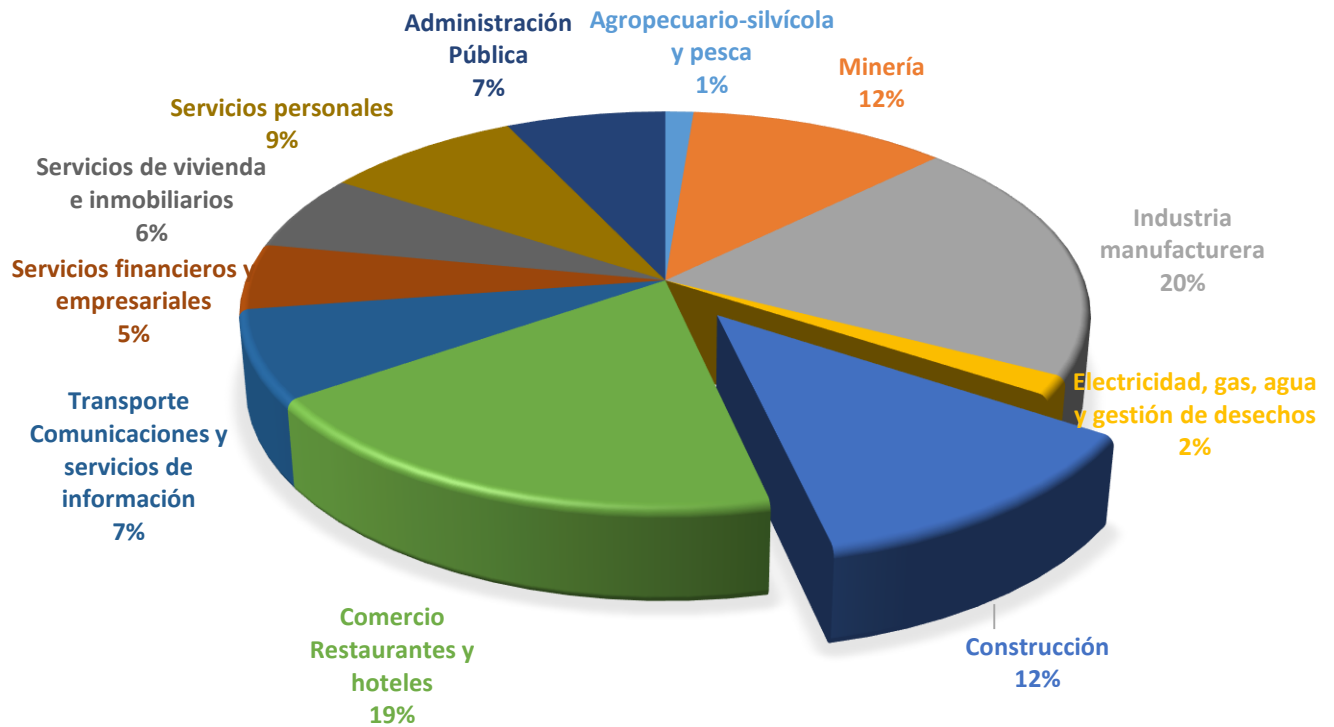
Participación de actividades en el PIB de Chile 2018



Fuente: elaboración propia con datos del Banco Central

El gráfico anterior nos señala que la construcción aportó alrededor de un 6% del PIB Nacional en el año 2018, esto nos indica que este porcentaje ha disminuido considerablemente ya que en el año 1996 aportaba alrededor del 12% del total, lo que podemos verificar en el siguiente gráfico

Participación de actividades en el PIB de Chile 1996

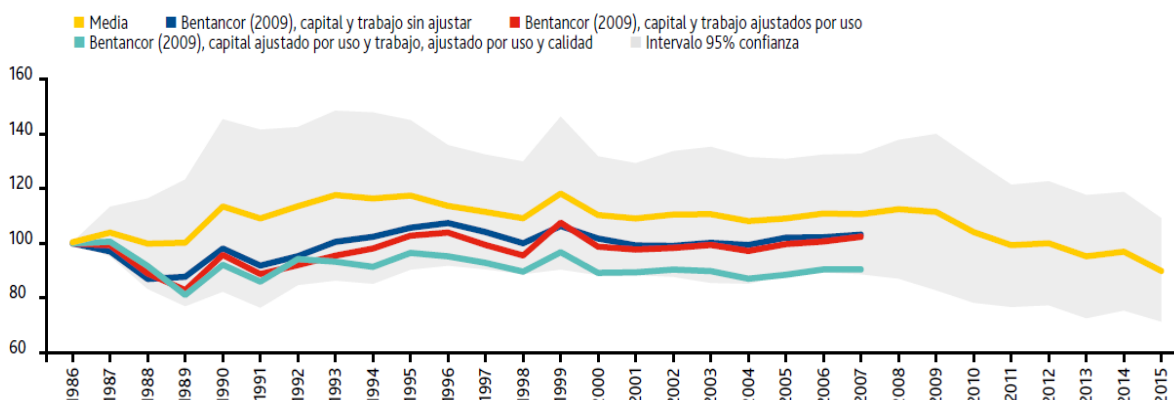


Fuente: elaboración propia con datos del Banco Central

Debemos tener en cuenta que el aporte de la construcción ha disminuido a la mitad de su participación hace 23 años atrás.

Otro factor importante como la productividad total de factor de la construcción ha sido analizado por la cámara Chilena de la construcción durante el periodo de 1986 al año 2015 y se han llegado a las siguientes conclusiones:

Figura 5 Estimación de la productividad total de factores para el Sector Construcción 1986-2015



Fuente: Productividad total de factores del sector construcción en Chile 1986-2015, Cámara Chilena de la construcción

Como se aprecia en el gráfico 1-1 la productividad total de factor (PTF) de la construcción en Chile entre los años 1986 y 2009 se ha mantenido prácticamente plana, no obstante desde el año 2010 al 2015 ha tenido una tendencia decreciente, esta inclinación a decaer se refleja en la poca participación que está teniendo en la dinámica del PIB.

Según este gráfico se puede apreciar que el crecimiento del sector es solo por la acumulación de factores primarios que son trabajo y capital y no por el uso de los recursos eficientes en el proceso productivo.

En el periodo total que indica el gráfico (1986-2015) se revela la contribución negativa de la productividad al crecimiento del PIB nacional.

Tras las observaciones anteriores se ha hecho un análisis de la industria donde se han detectado las mayores debilidades que entorpecen el flujo continuo y afectan la productividad del sector como defectos en la calidad del producto final, retrasos en los plazos exigidos, demasiados accidentes y aumento de costos por motivos

imprevistos antes de iniciar el proyecto, Estas son consecuencias de la improductividad que se pueden mejorar si se planifica o se prevé mejor cada inconveniente que se presente.

- Errores y Omisiones del proyecto.

En el proceso de estudio para la presentación de una oferta económica concreta del proyecto, frecuentemente existen omisiones o errores entre planos y especificaciones que, no necesariamente tienen que ser perfectas, o bien el propio contratista omite errores de contrato que por lo general en la ejecución del proyecto generan costos adicionales que no estaban considerados.

- Falta de interés para la capacitación de los trabajadores

En una industria tan antigua como la construcción muchas veces ni el trabajador ni el empleador están interesados en crear nuevos métodos de trabajo. Por parte del trabajador que a veces es completamente obstinado en sus labores, tampoco existe interés en generar mayor productividad si no hay un incentivo por parte del empleador, además el respeto entre ambos también es muy importante y muchas veces se pasa a llevar.

- Medidas de seguridad deficientes

En cuanto a la seguridad del trabajador, el empleador, por tratar de disminuir costos se apega a lo más mínimo exigido por la ley es decir solo para cumplir ya sea en cantidad o calidad de la protección del empleado, muchas veces ni siquiera dentro del marco legal. Esto genera muchos accidentes que son frecuentes en la construcción y pueden afectar en el avance es decir directamente a la producción.

- Falta de transparencia en la relación contratista – mandante

Como se menciona en el punto anterior con la intención de abaratar costos por parte del contratista se percibirá la poca transparencia con la que este trabaja, tratando de cumplir con las mínimas exigencias del contrato, por lo que si el mandante no está constantemente inspeccionando el proyecto, el contratista se limitará a construir como mejor le convenga, lo que puede generar un producto final de calidad deficiente o muy diferente de lo que se espera.

- Sistema de calidad deficiente.

El uso de un método de trabajo defectuoso, un sistema de calidad deficiente, insuficiente o en el que se tenga como propósito solo economizar en todo ámbito, conllevan finalmente a la mala calidad del producto final cuando el procedimiento que se emplea no busca una elaboración de clase superior o bien omite o identifica tardíamente un error cuando este ya es incorregible.

- Mala coordinación en las etapas del proyecto y falta de comunicación:

Un proyecto considera diferentes ciclos y la mayoría de estos dependen de la finalización del ciclo anterior para continuar el proceso, por lo que si el proyecto está mal coordinado desde el principio habrá retrasos y los procesos no serán fluidos. Además en los proyectos existen diferentes especialidades por lo que el contratista debe tener subcontratados a más especialistas, estos deben tener buena comunicación, de no ser así provocarán los mismos retrasos mencionados anteriormente.

- Organización inadecuada de espacios

Organizar el lugar de trabajo adecuadamente es de suma importancia. Cuando se tienen lugares de acopio inapropiados o simplemente no se distribuye y ordena el material de forma estratégica a como se van utilizar genera demoras, debido a que por ejemplo, si se necesita de forma rápida algún material, herramienta o equipo y este se encuentra a una distancia considerable de la obra hay que transportar de un lugar a otro el recurso requerido, originando tiempos de ocio (para quien espera), actividades aplazadas de los tiempos acordados lo que peor aún , ocasiona retrasos generales al final del día o semana.

- Falta de información en nuevos sistemas de gestión de proyectos

Todos los impasses mencionados anteriormente se originan porque no hemos incluido un sistema de control útil donde se aprovechen los recursos de forma eficiente para lograr la mejor producción y calidad, en este caso, de la edificación final. La construcción precisa de forma urgente cambiar la forma en la que organiza

los recursos que tiene, pero para eso se necesita capacitación en la materia tanto en el área de mando como en los trabajadores

Estas, situaciones muy comunes y completamente evitables. Se puede analizar cada actividad, cada detalle, cada imprevisto desde el principio hasta el fin de la edificación.

d) PRODUCTIVIDAD DE LA CONSTRUCTORA HECTOR VEGA.

Durante el año 2018 la constructora Héctor Vega ejecutó el proyecto de viviendas sociales “San Sebastián” en la comuna de San Pedro de la paz. El proyecto consideró 184 viviendas en un plazo de 8 meses y un monto disponible de \$ 3.229.379.388.

Este proyecto fue planificado por la metodología tradicional de programación en carta Gantt que está totalmente basada en la intuición y experiencia del programador, lo que hace que el proyecto tenga muchas variabilidades. Y efectivamente, durante la ejecución del proyecto se detectaron una serie de contratiempos que llevaron al aumento de plazo de ejecución, demorando la fecha de entrega. Esto obviamente, afectó al monto total disponible para construir.

Finalmente los resultados no fueron los esperados ya que si bien se logró el cometido, que es entregar el proyecto en buenas condiciones, la consecuencia de una mala planificación llevó a la constructora a una pérdida del 1% del costo total del proyecto incluida la utilidad y un retraso de 8 meses sin incluir la post venta.

A fines del año 2018 se comenzó a ejecutar el proyecto de viviendas sociales “Valle buenos aires” en la comuna de Santa Juana. El proyecto está programado en un plazo de 13 meses y un monto disponible de \$6.971.715.402.

Este proyecto aún está en ejecución en etapa de obra gruesa, originalmente planificado con metodología tradicional (programación con carta Gantt).

El proyecto ya tiene un retraso del 3.6% del avance programado, por lo que el área de gerencia ha tomado la decisión de implementar el sistema del último planificador

para tratar de evitar que ocurra lo mismo que en proyecto anterior y tomar todas las medidas necesarias para evitar mayores retrasos.

Concluimos entonces que a la constructora Héctor Vega le es inminente un cambio total de planificación en sus proyectos para aumentar la productividad, mejorando los rendimientos.

JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

En la industria en la construcción es de suma importancia tener una óptima planificación para que un proyecto pueda obtener resultados favorables.

Con las vivencias obtenidas de proyectos anteriores en la constructora Héctor Vega el método tradicional de planificación ha resultado impositivo ya que no se adelanta a los problemas, es un método más reactivo que preventivo.

Se quiere implementar como sistema de planificación la metodología Last Planner al proyecto “valle Buenos Aires” de la comuna de Santa Juana debido a que nunca se ha hecho, esto para comparar los resultados de antes de esta implementación obteniendo un plan que permita reforzar una mejora continua. Finalmente el objetivo es implementar esta metodología en obras futuras y mejorar la productividad en la empresa utilizando los mismos recursos.

OBJETIVO GENERAL

- Medir la implementación de la metodología “Last Planner” en la obra “Valle Buenos Aires”

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los principios de la metodología Last planner, para ser usado en obras de construcción.
- Ejemplificar las debilidades de la actual metodología de planificación que cuenta la constructora Héctor Vega en las últimas obras ejecutadas.
- Desarrollar una línea base de planificación para la obra “Valle Buenos Aires”, empleando la metodología “Last Planner”
- Establecer un plan de mejora para la obra “Valle Buenos Aires”, basado en Indicadores de productividad con la metodología Last Planner.

MARCO TEÓRICO

a) CONTEXTO TÉCNICO

Para la elaboración del presente trabajo se hace necesario contextualizar las siguientes definiciones técnicas:

Planificación

Planificar es la acción consistente en utilizar un conjunto de procedimiento mediante los cuales se introduce una mayor racionalidad y organización, es un conjunto de actividades y acciones articuladas entre sí que, previstas anticipadamente, tiene el propósito de influir en el curso de determinados acontecimientos, con el fin de alcanzar una situación elegida como deseable, mediante el uso eficiente de medios y recursos escasos o limitados.

Fuente: “introducción a la planificación”, Exequiel Ander Egg.

Programación

La programación es parte del proceso de planificación que está dirigido a evaluar los tiempos y ritmos de las actividades a ejecutar el objetivo es determinar la duración total que podría demorar la obra, para esto se deben determinar las fechas de inicio y termino de estas actividades.

Fuente: “Planificación de obras”, Gregorio azocar.

Línea Base

La Línea de Base ofrece un conjunto de evidencias y apreciaciones sobre la situación inicial de un proyecto, así como del contexto en que interviene, de manera que esa información pueda compararse con los cambios logrados en análisis posteriores. La Línea de Base se define como un conjunto de indicadores seleccionados para el seguimiento y la evaluación sistemáticos de políticas y programas. Representa así una primera medición, cuya metodología ha de replicarse al final del ciclo del proyecto.

Fuente: “Guía para elaboración de los estudios de línea de base de los proyectos”, Dirección General de Cooperación y Solidaridad de Valencia, España.

Trabajo productivo

Definido como el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo colocación de armadura.

Fuente: “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”, L. Botero (2003)

Trabajo contributivo

Es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas, como la limpieza, mediciones previas, y transporte de materiales.

Fuente: “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”, L. Botero (2003)

Trabajo no contributivo

Se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se clasifica en las anteriores categorías por lo tanto se consideran como pérdidas. Ejemplo tiempos de esperas, tiempos de ocio, descansos.

Fuente: “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”, L. Botero (2003)

Curva de avance

La curva de avance denominada curva S es una representación gráfica de los recursos y costos de un proyecto durante el periodo que este se prolongue, representa el avance real respecto al planificado. El objetivo de realizar esta curva es detectar las desviaciones que existan y tomar las medidas correctivas que correspondan para retomar la curva original. Se le denomina curva S por la forma que toma al inicio es un avance lento, luego se acelera debido a la cantidad de trabajo que se realiza durante ese periodo y finalmente tiene una desaceleración ya que los ritmos de los trabajos se reducen. Normalmente de los proyectos deben tener una curva S como modelo de planificación.

Fuente: "Programador primavera".

b) CONTEXTO NORMATIVO

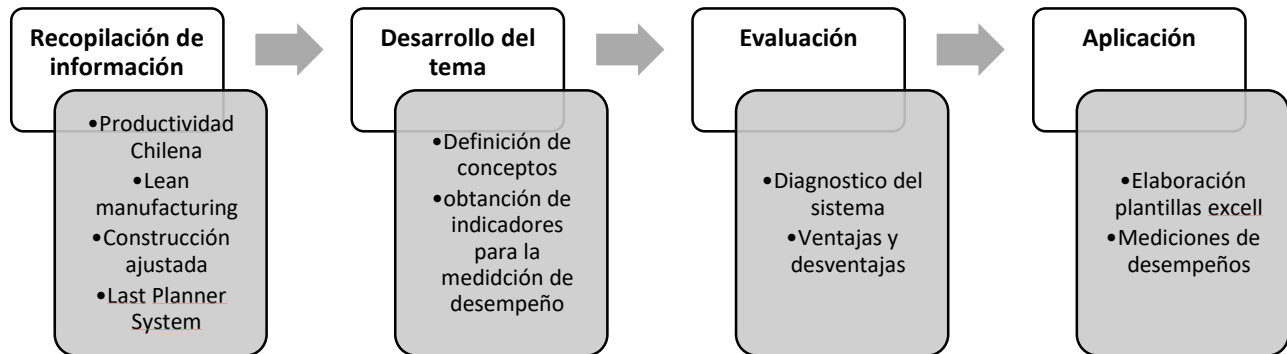
Para el desarrollo del presente tema se deberá hacer referencia a la norma **ISO 9001**:

Esta norma es el estándar de calidad más certificado a nivel mundial donde se promueve la adopción de un enfoque basado en los procesos de la empresa, la cual se basa en el ciclo de mejora continua PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar).

Se encuentra referida a la implantación de un Sistema de Gestión de la Calidad, como iniciativa voluntaria y estratégica que adoptan todas las organizaciones con el objetivo de aumentar su desempeño en base a la adecuada gestión de sus procesos y recursos, que permiten satisfacer y mejorar la satisfacción de sus clientes y personas interesadas por medio de todos los productos y servicios adecuados a sus necesidades específicas. La nueva versión ISO 9001 2015, tiene la intención de gestionar el Sistema de Gestión de la Calidad basado en procesos, además de asegurar la definición y la gestión de la interacción que existe sobre ellos

METODOLOGIA

La metodología de este trabajo se basará en el siguiente esquema:



- Recopilación de información: Para el correcto desarrollo de este trabajo, es necesaria la selección de fuentes bibliográficas confiables, es por esto que se ha dado énfasis a las fuentes oficiales de los distintos países que se han dedicado a estudiar este tema.
- Desarrollo del tema: En esta sección se definirán todos los conceptos con respecto a la dinámica Lean Constrution y el last planner system. Se utilizarán herramientas de software y se realizarán entrevistas gerenciales junto con visitas a terreno para comprender más de cerca la utilización de estos conceptos
- Evaluación: se realizará una apreciación de las ventajas y se analizarán las desventajas de la filosofía, para evaluar la eficiencia del sistema
- Aplicación: Se elaborarán plantillas digitales para la aplicación del Last planner system, además se realizará indicadores para la medición del desempeño del proyecto con la nueva metodología

CAPITULO I: LEAN PRODUCTION

1.1. DEFINICIÓN: FILOSOFÍA LEAN

Lean manufacturing o producción ajustada es una filosofía para la buena gestión de una compañía, empresa o negocio que tiene como objetivo mejorar el rendimiento en la productividad y eliminar desperdicios de costos y tiempo.

1.2. ORIGEN Y DIFUSIÓN:

En el siglo XX las empresas automovilistas americanas (Ford y General motors) dominaron la industria con el sistema de producción conocido como “producción en masa”, es decir si sube la demanda debe aumentar la oferta (producción)

La filosofía lean nace en Japón en el año 1891 con el joven carpintero Sakishi Toyoda. Su madre se dedicaba a la fabricación de telas, Sakishi, siempre pensando en cómo ayudarla fabricó su primer invento, un telar mecánico que se operaba manualmente y tenía un 50% más de eficiencia que los existentes. Unos años más tarde cegado en mejorar su invento, creó un telar renovado que ayudo a la familia a crear su propia fábrica de textiles, la gran maravilla de esta máquina es que si existía algún defecto en la tela esta se detendría automáticamente.

Este nuevo invento convenientemente favoreció a la fábrica ya que redujo los errores de producción en un 0,0%. Además un supervisor tendría a cargo más de 25 máquinas tejedoras, así surgió el primer concepto pilar del TPS (Toyota production System), el llamado Jidoka que traducido al español es Automatización de contacto humano.

Para 1910 la crisis de la guerra arruinó la compañía, Sakishi tuvo que renunciar a su propia fábrica, sin embargo la visión de este hombre no terminó ahí, en un viaje a Estados Unidos quedó sorprendido por la cantidad de autos que habían en este país y decidió crear su propia ensambladora de autos. Al regresar a Japón vendió las patentes de sus máquinas tejedoras y le pidió a su hijo Kiichiro Toyoda que investigara sobre la fabricación de automóviles.

En 1930 Kiichiro hizo su primer viaje visitando las mayores compañías automovilistas de ese tiempo, y al volver a Japón comenzó a ensamblar el primer automóvil de Toyota Motors Company llamado modelo A1 el cual terminó 5 años más tarde. Pero toda la espera tuvo su fruto, el auto fue un gran éxito y el negocio comenzó a expandirse de forma muy rápida. Lamentablemente la guerra atacó nuevamente la compañía, muchos trabajadores tuvieron que ser despedidos y en 1940 Kiichiro Toyoda dejó el cargo de presidente. Sin embargo unos años más tarde la empresa empieza a recobrar el impulso.

Figura 6 Kiichiro Toyoda



Figura 7 Eiji Toyoda



Se le encargó a Eiji Toyoda, quien era primo de Kiichiro, que llegara en tres años a los niveles de productividad americanos, Eiji empezó a planear sus objetivos con la ayuda del ingeniero automovilista y gerente de producción Tahichi Ono.

Ambos se dedicarían a crear un sistema de manufactura que fuera más eficiente, visitando las empresas americanas durante meses. Primeramente llegaron a la conclusión de que las metas propuestas eran muy ambiciosas ya que los americanos eran de 8 a 9 veces más eficientes que los japoneses y además carecían del capital que tenían los productores estadounidenses. Es por esto que empezaron a poner en práctica

nuevas ideas enfocándose en obtener mayor eficiencia sin tener que aumentar el volumen de producción porque no serían capaces de venderlo.

Figura 8 Tahiiichi Onho



Finalmente, terminaron por crear lo que hoy se conoce como el “Sistema de producción Toyota” (TPS) que a pesar de todos los factores en contra, la guerra, falta de capital, falta de experiencia en la industria automovilista, les permitió llevar a flote una gran compañía que hoy es la quinta empresa más grande del mundo con una venta mundial de más de 10.38 millones de vehículos en el año 2017. Actualmente este sistema es conocido como “Lean Thinking”.

En el año 1985 en E.E.U.U. se originó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) el programa Internacional de Vehículos a Motor (PIVM) con el fin de comprender las fuerzas fundamentales del cambio industrial de Toyota y mejorar el proceso de decisión política relativo al cambio.

Los resultados revelaron que las empresas japonesas habían desarrollado un sistema productivo superior, capaz de fabricar con mayor calidad, a un menor coste y con un plazo de entrega mucho menor

Tabla 1 Diferencias en 1986 entre una planta de montaje de General Motors y una de Toyota.

Planta de General Motors versus Planta Toyota , 1986			
Descripción	GM	Toyota	Unidad
Montaje bruto por coche	40,7	18	Hora
Montaje ajustado por coche	31	16	Hora
Defectos de montaje cada 100 coches	130	45	Unid
Espacio de montaje por coche	8,1	4,8	m2
Existencia de inventario (promedio)	336	2	Hora

Fuente: La máquina que cambió el mundo (Womack, Jones y Ross 1991)

1.3. DESPERDICIO O MUDA

Según la teoría *Lean* todo lo que no sea valor para el cliente es desperdicio o muda que puede ser minimizado o eliminado definitivamente.

Muda es una palabra japonesa que significa desperdicio, que se define como toda aquella actividad humana que absorbe recursos pero que no crea aporte al trabajo final.

Taiichi Ohno descubrió que en una empresa u organización la mayor parte de las actividades que realizamos no añaden valor neto al producto o servicio final que entregamos al cliente y por lo tanto son susceptibles de mejorar o eliminar.

Figura 9 Círculo de la improductividad de una empresa.



Fuente: TPS Ohno, 1988

Ohno además clasifico 8 desperdicios que causaban las mayores interrupciones del flujo dentro de la cadena de valor en su propia planta, sumado a esto el desperdicio de talento definido por Jeffrey Liker.

- Sobreproducción
- Esperas
- Transporte innecesario
- Sobre procesamiento
- Exceso de inventario
- Movimientos innecesarios
- Defectos de calidad
- Talento

Aunque los 8 desperdicios tienen bastante sentido común es bastante difícil identificar las actividades improductivas debido a que muchas veces las vemos como parte normal del proceso. Por ejemplo el transporte interno de material, éste podría estar acopiado donde corresponde, al no estarlo asumimos que el material hay que trasladarlo a su lugar de uso sin fijarnos en el tiempo de mano de obra que esta actividad implica y que perfectamente se puede eliminar.

1.4. PRINCIPIOS BÁSICOS LEAN: “AGREGAR VALOR, REDUCIR EL DESPERDICIO”

Para que el “lean thinking” tenga un desempeño exitoso en la industria hay que tener fijos los objetivos, estos son encontrar herramientas que ayuden a eliminar todos los desperdicios y procesos que no le aporten valor al producto final, mejorando el tiempo desde la fecha solicitada por el cliente hasta la fecha de entrega, aumentando la calidad del producto y reduciendo costos de producción. A continuación se describirán los puntos que no ayudarán a enfocarnos en el objetivo:

1.4.1. Otorgar valor al cliente

El punto de partida del lean production es definir lo que significa realmente la palabra “valor” para el cliente, -¿somos realmente capaces de lograr lo que el cliente quiere?-. Para esto nuestra expectativa de lo que será el producto final debe ser coherente con la conformidad del cliente cumpliendo con tres condiciones:

- Precio: El valor monetario siempre tiene que ser un monto adecuado a lo que sea está ofreciendo, además tener en consideración que no debe ser ni muy alto para no sobrestimar ni muy bajo para no menoscabar el producto.
- Calidad: Si se le otorga un valor “X” a un producto, este debe llevar el mayor esfuerzo por parte del fabricante al momento de elaborarlo con las mismas condiciones que se especifican al momento de venderlo.
- Puntualidad de entrega: Cuando se ofrece un producto y este llega a tiempo al consumidor se le está otorgando formalidad a la venta puesto que el cliente percibe que existe un ambiente compromiso con su producto.

Estas características pueden diferenciar una compañía de otra, puesto que la conformidad del cliente es lo que más importará al momento de ver los resultados finales y quien decide donde elige adquirir su producto.

Además, se debe pensar siempre que dar calidad de vida a las personas significa dar dignidad y respeto, tanto para clientes como para empleados, entendiendo que un consumidor puede ser cualquiera de los trabajadores o proveedores de la compañía.

1.4.2. Reducción de costos

Para reducir costos innecesarios se debe analizar todo el proceso del producto de inicio a fin y cuestionando cada actividad. El primer cuestionamiento debe ser-¿el producto final que el cliente adquirirá, requiere todos los pasos que tiene el proceso?, es decir, valorizar cada movimiento.

Además se debe verificar que no exista sobreproducción y que todas las materias primas obtenidas sean netamente las necesarias para la cantidad de productos que se precisan.

1.4.3. Ahorro de tiempo

Como se describe en el punto anterior donde se analiza el proceso de producción valorizando cada paso, también se deben determinar y eliminar todos los movimientos que sean innecesarios, así no solo se reducirán los costos sino que también se ahorrará tiempo malgastado.

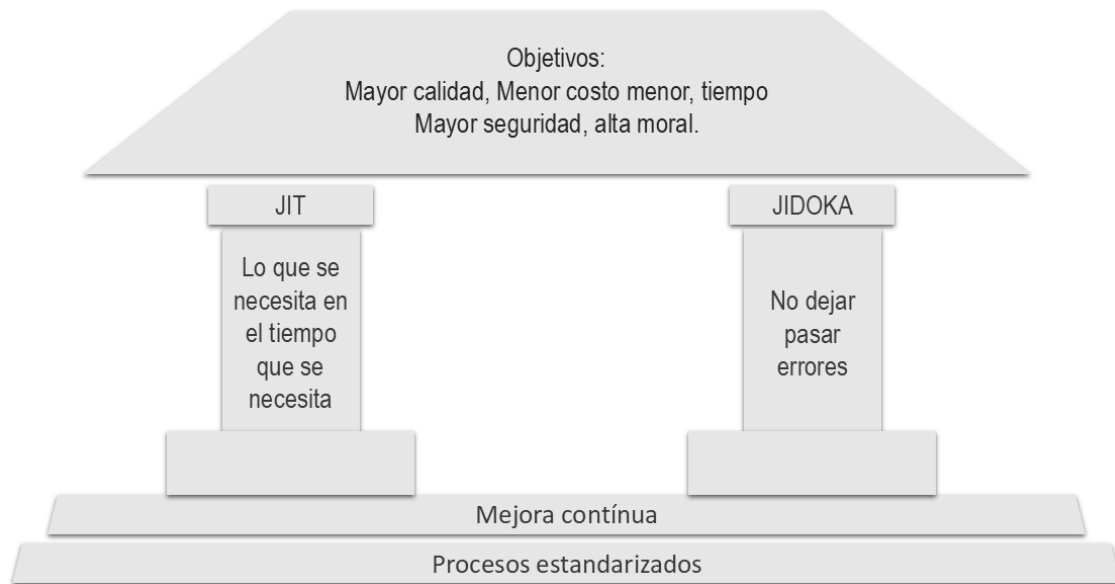
Con estos tres objetivos tendremos finalmente un producto de máxima calidad, al mínimo coste y en el menor tiempo posible, lo que genera resultados ideales acordes a las necesidades del cliente y del fabricante.

1.4.4. “Casa TPS”

Para entender mejor cómo funciona la teoría Lean debemos introducirnos en los factores que fundamentan la hipótesis y nos permitirán llegar al objetivo principal. Esto puede ser demostrado gráficamente con la casa TPS. (Toyota Production System)

Existen diferentes versiones de la “casa lean” pero todas llegan al mismo objetivo

Figura 10 “Casa TPS”



Fuente: “Casa TPS”, Lean Lexicon, Lean enterprise Institute, elaboración propia.

- Fundación:

Kaisen: (mejora continua), es un método que muchas personas lo ocupan como un estilo de vida y se basa principalmente en analizarse uno mismo frente a algún problema o alguna situación desagradable y comprobar cuál es la responsabilidad propia en el tema. El TPS lo estableció dándole la potestad a cada uno de sus trabajadores para mejorar el proceso de producción, para lograr esto se les encargó examinar sus propios procesos, revisar cada paso que realizaban y analizar cómo podían mejorarlo cada día más. Esto también ayudaba a mejorar el ambiente laboral ya que los trabajadores también sentían la apreciación de la compañía hacia su opinión y trabajo.

Heijunka: (procesos estandarizados) Este concepto quiere que el flujo de trabajo sea flexible y fluido, es decir que se debe nivelar la carga de trabajo para cierta cantidad de tiempo en partes iguales para los todos los trabajadores. Se habla de flexibilidad ya que el objetivo es absorber la variación repentina de la demanda mediante la producción en pequeñas cantidades del mismo producto o la misma

línea lo que permite estandarizar el trabajo y hace posible obtener un mejor provecho de la mano de obra o definitivamente eliminar lo que exceda.

- Pilares

Jidoka: como se describe al inicio de la historia del TPS Jidoka fue el primer principio base del sistema que significa proveer a cada trabajador la habilidad de detectar cuando ocurre una circunstancia que esta fuera de lo normal, y eventualmente si es necesario detener el proceso de producción e identificar el inconveniente y su origen.

Just in time: (JIT) O justo a tiempo, es un concepto que desarrolló kiichiro toyoda donde trata de evitar el exceso de inventario, es decir, si se venden X cantidad de productos eventualmente se repone la misma cantidad sin generar sobreproducción ni sobretiempos. Contando con la colaboración constante de los proveedores para que no se produzca una acumulación de materias primas y que tampoco falten al momento de necesitarlas.

- Tejado:

Objetivos: conseguir un producto de la mejor calidad, de bajo costo en el menor tiempo como sea posible

1.5. LEAN CONSTRUCTION

“Lean construction” o construcción sin pérdidas se le llama a la incorporación de la filosofía Lean adaptada al sector de la construcción, siguiendo los principios anteriormente descritos de la teoría ajustada que son: agregar valor disminuyendo las pérdidas.

DEFINICIÓN

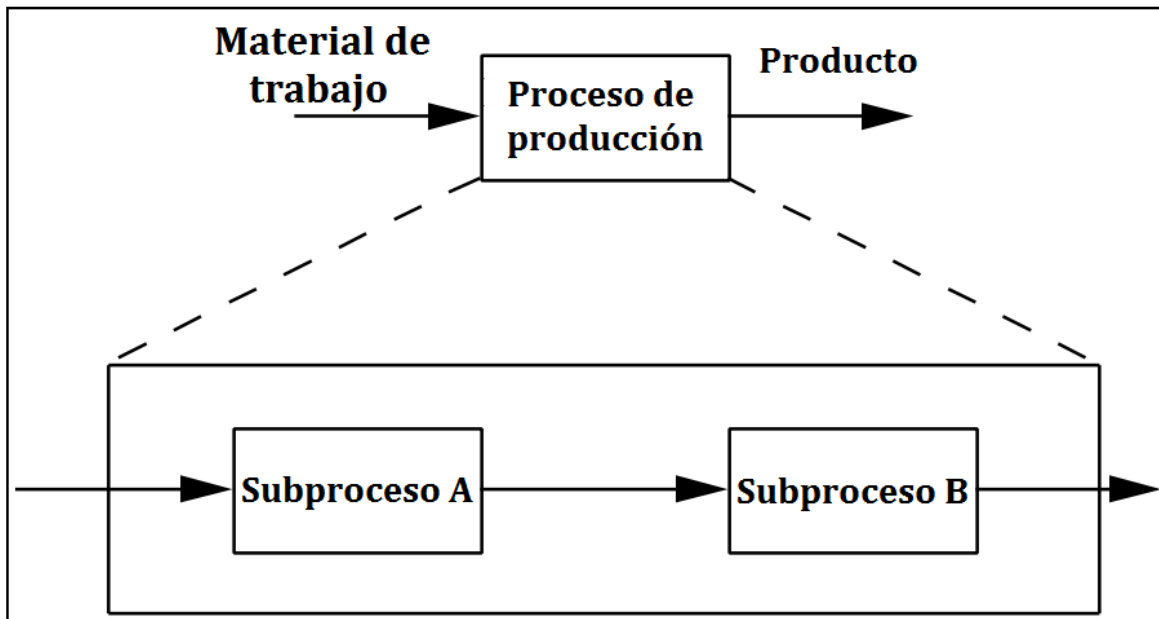
El primer planteamiento del Lean construction se impuso en el libro “Application of the new production philosophy to construction” (“Aplicación de las nuevas filosofías de producción en la construcción”), escrito por Lauri Koskela en 1992 donde planteó como usar las herramientas lean en la construcción.

Koskela define el proceso de producción convencional y también plantea un nuevo proceso producción, donde se destacan las siguientes ideas:

a) Proceso convencional

- “Un proceso de producción es la conversión de una entrada a una salida.
- El proceso de conversión se puede dividir en subprocesos, que también son conversión procesos.
- El costo del proceso total se puede minimizar, si se reduce el costo de cada subproceso
- El valor de la salida de un proceso está asociado con los costos de las entradas a ese proceso”

Figura 11 “Vista convencional de un proceso de producción como un proceso de conversión que puede ser dividido jerárquicamente en subprocesos”.



Fuente: “Application of the new production philosophy to construction” Koskela, 1992

También define de donde se obtienen los costos totales de la producción convencional:

- Costo Total del proceso de producción = Subproceso A + Subproceso B
- Subproceso A + Subproceso B = Costo mano de obra directa para cada subproceso.

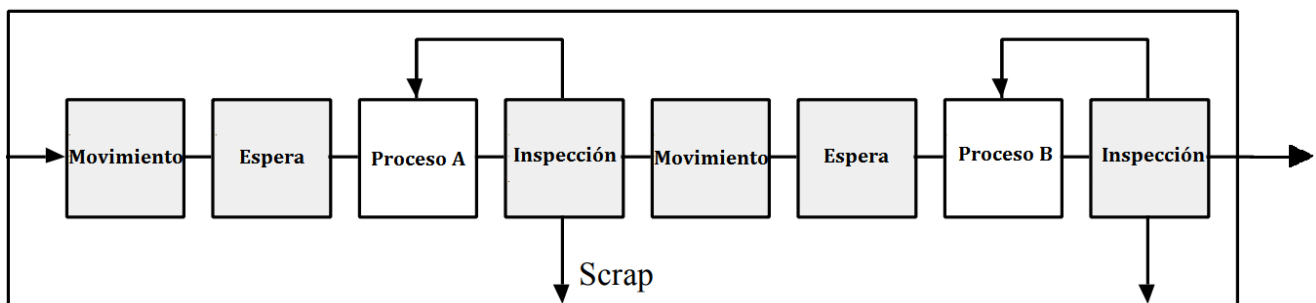
Lo que Koskela intenta manifestar es que el modelo tradicional de producción se basa en el concepto de transformación, ya que no considera todas las actividades de flujo que existen entre las actividades de transformación.

b) Nuevo concepto de producción

Koskela define un Nuevo concepto de producción lo define como “una síntesis y generalización de diferentes modelos sugeridos en varios campos” incluye para esta definición como referencia el JIT (just in time, Shingo, 1984) y el movimiento de calidad (Pall 1987).

Por lo tanto, la tarea es desarrollar un modelo que cubra todas las actividades importantes de la producción,

Figura 12 Producción como un proceso de flujo: ilustración simplista.



Fuente: “Application of the new production philosophy to construction” Koskela, 1992

Lo que plantea Koskela en la figura 2 es que en el proceso de producción deberían haber flujos continuos y que en cada uno de ellos exista una inspección diferente e incluso cuando el sistema ya este adaptado llegar a cero inspecciones por cada proceso.

La reacción inicial cuando se planteó el lean Construction fue mal interpretado y su aplicación a las diferentes fases de un proyecto así como el papel que debía asumir cada actor interviniente en el proceso constructivo no fue bien entendido. La tendencia empezó a cambiar, según se iban demostrando las ventajas competitivas que suponía para las empresas pioneras que comenzaron su implementación y conforme surgían nuevos documentos técnicos y casos de estudio que facilitaban su comprensión.

1.6. PLANIFICACIÓN DE OBRAS

Para poder describir el actual y nuevo modelo de planificación es imprescindible entender este concepto. La planificación es un proceso donde se decide la orientación del proyecto, se fijan los objetivos y se traza la trayectoria para lograr estos objetivos

La planificación debe ser estratégica donde el encargado de tomar las decisiones analiza y procesa los factores internos y externos, evaluando las diferentes circunstancias vinculadas a la ejecución de un proyecto para prever y decidir sobre la direccionalidad que este debe tomar.

1.7. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL VS LAST PLANNER SYSTEM

La gestión tradicional de proyectos, centrada en el método del camino crítico está focalizada en las actividades individuales. Este sistema, se apoya sobre la base de un enfoque jerárquico de mando y control para la planificación de proyectos. Este enfoque está basado en el supuesto de que el proyecto se optimizará al minimizar el tiempo y el coste necesario para completar cada tarea de manera aislada. Por desgracia, las medidas adoptadas por los contratistas para mejorar su productividad casi siempre hacen impredecible el flujo continuo de trabajo: aumenta el costo, la duración, la seguridad y la calidad disminuyen y el riesgo de accidentes aumenta.

Se ha hecho una comparativa entre el método de planificación tradicional y el que nos impone el LPS para entender algunos puntos débiles y mostrar que es lo que se está haciendo de forma ineficiente en la planificación actual y como el método del último planificador puede aportar en estas falencias.

1.8. LAST PLANNER SYSTEM

Basándose en la teoría del Lean production, los profesores Ballard y Howell pertenecientes al *Lean Construction Institute*, desarrollaron un sistema de planificación y control de proyectos llamado "*Last Planner*" o "*último planificador*".

El Last planner es un método de planificación de proyectos, se utiliza como una herramienta *Lean* aplicada a la industria de la construcción. Se creó especialmente para planificar y controlar una obra a partir de las necesidades del proceso constructivo de esta, Además crea y mejora el pronóstico para que el flujo de trabajo sea constante y sin interrupciones rebajando la incertidumbre y aumentando la confiabilidad.

“La planificación y el control son dos herramientas esenciales para la construcción y son realizadas por distintas personas, en sitios diferentes dentro de la organización y durante varias veces dentro de la vida del proyecto. Una buena planificación debe ser enfocada hacia los objetivos globales y sus restricciones. Finalmente, un individuo o grupo decide el trabajo físico y específico que será ejecutado mañana. Este tipo de planes han sido llamado asignaciones. La persona o grupo que hace estas asignaciones es llamada el último planificador”. (Ballard y Howell, 1994)

1.8.1. INCERTIDUMBRE:

Al momento de planificar se genera mucha variabilidad, como si se tratara de adivinar el futuro, todo esto basado supuestos que generan demasiada incertidumbre ya que están fundados en la experiencia de una sola persona o de un reducido grupo de personas que está planificando, en cambio lo que pretende el LPS es disminuir lo más posible esta incertidumbre con la “Pull session” que se le llama a una reunión conjunta donde se cuenta con la presencia de todos los participantes involucrados (subcontratistas, jefes de obra, supervisores, proveedores, a veces el propio cliente) quienes son los que realmente harán el proyecto por lo tanto los que van a planificar la obra dando cada su aporte y opinión de cómo y cuándo pueden hacer sus actividades, lo que genera un ambiente de compromiso y responsabilidad que es traspasado también a los trabajadores.

a) PUSH

Empujar, así es como se le llamaremos a la forma de planificación actual ya que prácticamente el jefe de obra es el único que está incitando a todo el equipo para

que finalmente hagan su trabajo como corresponde y en tiempo que corresponde, lo que es una carga muy grande para una sola persona

b) PULL

Tirar, es la forma de trabajo que pretende establecer el LPS donde todos deberían impulsar para que el proyecto avance al tiempo que corresponde comprometiéndose a que van a cumplir con sus expectativas en dicho tiempo.

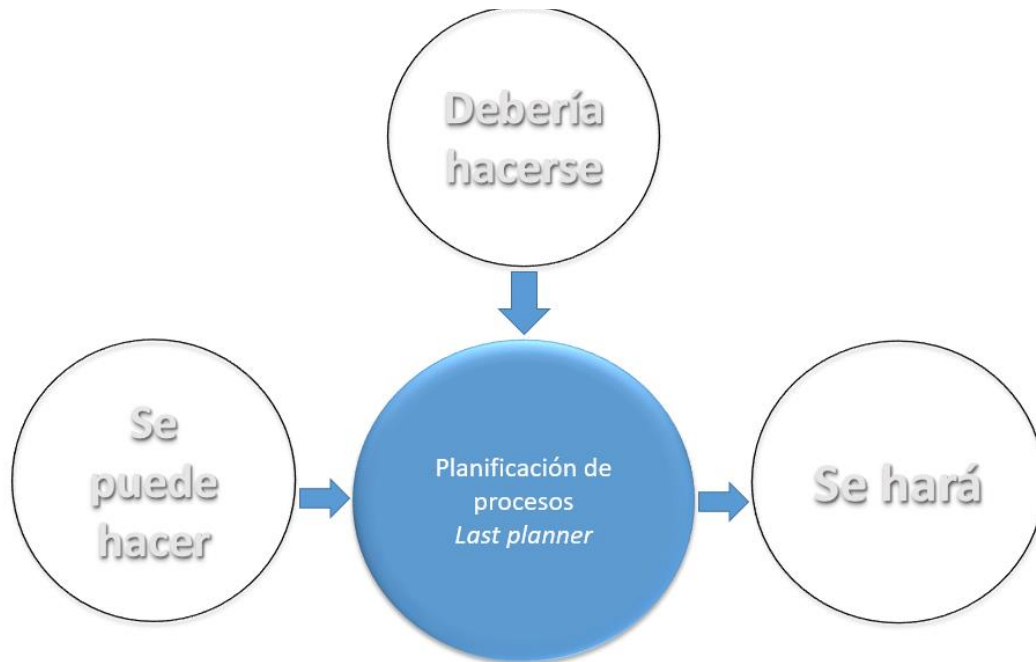
1.8.2. FLUJO- TRANSFORMACIÓN:

Otro punto débil de la planificación tradicional es que hay muchos flujos de trabajo que si generan transformación, que generan un avance visible en el proyecto por ejemplo hormigonar, colocación de moldajes, colocación de enfierraduras, son actividades que llamamos trabajo productivo. Pero también existen actividades que no generan transformación pero que si están en todo proyecto por ejemplo: las esperas, traslado de materiales, inspecciones, Falta de permisos, etcétera lo que llamamos como trabajo contributivo. Lo que plantea LPS es eliminar todo este tipo de pérdidas de tiempo y dejar solo las que son necesarias para que sean controladas también.

1.8.3. DEBO, PUEDO, SE HARÁ

Según Ballard, en un sistema tradicional, el rendimiento del último planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre “lo que debería hacerse” y “lo que se puede hacer”. Ante la pregunta “¿qué vamos a hacer la semana próxima?”, la respuesta más probable es “lo que está en el programa”, o “lo más urgente” Los supervisores consideran que su trabajo es mantener la presión sobre los subordinados para seguir produciendo a pesar de los obstáculos. La entrega irregular de recursos y la terminación impredecible de los trabajos previamente necesarios, invalidan la presunta ecuación de “lo que se hará” con “lo que debería hacerse” y rápidamente da lugar al abandono de la planificación que dirige la producción real.

Figura 13 Producción como un proceso de flujo: ilustración simplista.



Fuente: *The Last Planner System of Production Control*, (Ballard 2000).

Existen tres conceptos clave al momento de planificar

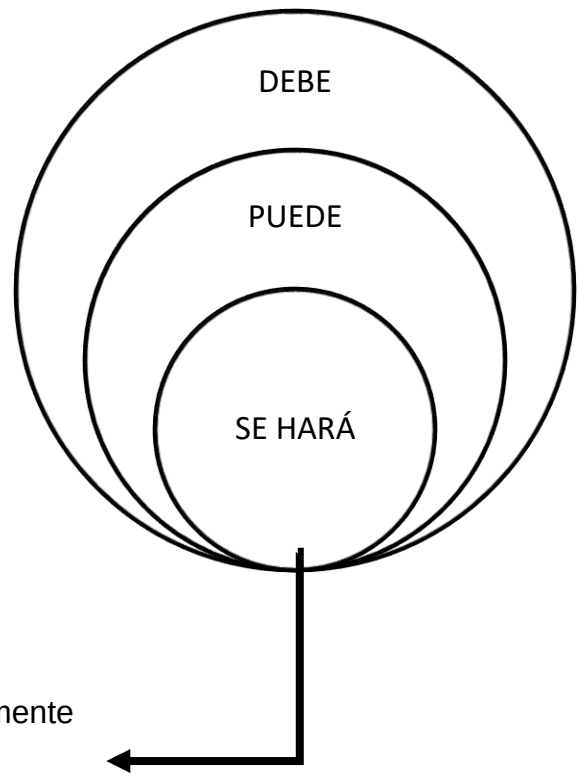
- ✓ Debo: El plan maestro, lo que se debe hacer, lo que se planificó
- ✓ Puedo: una sección donde se tienen que analizar todas las restricciones que existan para completar el plan maestro
- ✓ Se hará: (Debo - puedo) lo que realmente se va a lograr a hacer previendo las restricciones que se pueden haber encontrado en la sección “puedo”

Estos 3 conceptos existen en la planificación actual pero no se están analizando las restricciones. El LPS añade el control al sistema de gestión tradicional, y transforma lo que debería hacerse en lo que puede hacerse, formando un inventario de trabajo realizable mucho mayor.

Figura 15 Esquema de planificación tradicional



Figura 14 Esquema de planificación LPS



Fuente: Last Planner un avance en la planificación y control de proyectos de construcción, Botero (2005)

Así pues, el LPS puede definirse como un método de control de producción diseñado para integrar “lo que debería hacerse”, “lo que se puede hacer”, “lo que se hará” y “lo que se hizo realmente” de la planificación y asignación de tareas de un proyecto.

El LPS está basado en el compromiso de que las tareas semanales programadas si se cumplirán, eliminando todas las actividades que no añaden valor, todo basado en un plan maestro de planificación y presupuesto.

Figura 16 Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS



Fuente: The Last Planner system (Ballard 2000).

1.9. COMPONENTES DE PLANIFICACION DEL LPS

En el sistema del último planificador requiere introducir a la planificación general, a la que llamaremos plan maestro, una planificación semanal e intermedia. Estas planificaciones desglosarán las tareas detalladamente y son las primeras 3 fases para la implementación del sistema. Finalmente se hará un seguimiento a los resultados de cada planificación y se determinarán todos los pormenores, a esta fase le llamaremos “aprendizaje”.

1.9.1. PLAN MAESTRO

Todos los proyectos deben tener una planificación general, nosotros le llamaremos “Plan maestro”, se desarrolla la línea base según los objetivos generales del proyecto, se determina la meta principal del proyecto que serían las fechas de entrega, junto con la duración de todas las actividades.

PULL SESSION

Esta es la primera reunión que se debe hacer al inicio del proyecto, se agruparán todos los involucrados, contratista, subcontratistas, mandante, programadores, proveedores, supervisores. Esto para analizar el plan maestro y que se genere el compromiso deseado por parte de todo el equipo y que todos lleguen a la misma meta. Cada participante debe analizar su labor y tiene la responsabilidad de cumplir con todos sus compromisos y velar por que no se les restrinja ninguna actividad.

1.9.2. PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

En esta etapa se determinarán las fechas de las futuras actividades (6 semanas aproximadamente) donde se determinarán las restricciones que no nos permitirían realizar estas actividades y poder subsanar anticipadamente todo tipo de interrupciones al flujo de trabajo de las siguientes 6 semanas.

1.9.3. REVISIÓN DE RESTRICCIONES

Una vez que tengo identificado mi horizonte de trabajo, debo desglosar el programa marco y determinar qué actividades se deben realizar durante este tiempo. En cada una de las actividades, debo identificar qué factores impiden que mi actividad pueda ser realizada. A estos factores le llamaremos restricciones. Las restricciones más comunes en la construcción son:

- Diseño: involucra a todas las actividades que no están definidas en el proyecto, ya sea por incongruencia entre las especificaciones técnicas y los planos o simplemente por omisión.
- Materiales: se refiere a que los materiales necesarios para ejecutar la actividad deben estar disponibles en obra antes de la fecha de inicio programada para la actividad.
- Mano de Obra: se debe contar con una claridad sobre la cantidad de mano de obra disponible para realizar la actividad.
- Equipos y Herramientas: corresponde a tener disponibilidad de equipos y herramientas necesarias para realizar la actividad en el momento indicado.

- Prerrequisitos: Las actividades que deban cumplirse antes que se inicie nuestra actividad ya lo hayan hecho. En obra a esta restricción se le llama “cancha”.
- Calidad: se refiere a que si existe un control de calidad por parte de la empresa. En caso de existir este plan de calidad, se debe detallar previamente a la realización de la actividad qué requisitos serán exigidos y evaluados posteriormente a su término.

A cada actividad se le debe asignar un responsable de ejecución y un responsable de seguimiento. Ambos deben liberar las restricciones de la actividad para que pueda ser ejecutada según lo programado. También es recomendable poner las fechas tentativas de inicio y término de cada actividad.

Figura 17 Ejemplo planilla revisión de restricciones

S E M A N A	ACTIVIDADES	FECHAS		RESTRICCIONES						RESPONSABLE	
		I N I C I O	T E R M I N O	C A N C H A	M . O .	M A T E R I A L E S	D I S E Ñ O	L I S T A D E C H E Q U E O	E Q U I P O S Y	E J E C U C I O N	S E G U I M I E N T O
1 (04 al 08 de junio)	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	30/05/07	05/06/07	√	√	√	√	√	√	H.C	H.C
	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	√	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Fierro vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	x	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B	08/06/07	11/06/07	x	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Trazados y niveles generales edificio C-D	04/06/07	08/06/07	√	√	√	√	√	√	R.A	H.C
	Excavaciones fundaciones edificio C	04/06/07	15/06/07	√	x	√	√	√	√	H.C	F.G
	Fierro muros y pilares piso 2 sector A	08/06/07	11/06/07	x	√	√	√	√	√	R.A	H.C
	Instalaciones provisorias: Alcantarillado	09/04/07	13/06/07	√	√	√	√	√	√	H.C	F.G

En la figura se observa un ejemplo de la planilla de restricciones de la planificación intermedia, en la tabla se describen las columnas de las posibles restricciones que pueden tener las actividades, a cada actividad se le debe indicar la semana de inicio y termino y en las últimas dos columnas se debe indicar quien es responsable de cada tarea.

1.9.4. ORIGEN DE RESTRICCIONES

Las restricciones las podemos clasificar como internas o externas

- Internas: Cuando se responsabiliza al equipo de trabajo o a la empresa de su liberación
- Externas: Cuando la liberación de esta depende de un tercero, como el mandante, proyectista o proveedor, o simplemente el clima.

El concepto más importante de la planificación intermedia es la revisión de restricciones, las internas por sobre toda que son las que podemos detectar anticipadamente, contándose así con suficiente tiempo para resolverlas y no atrasar el programa de la actividad.

1.9.5. PLANIFICACIÓN SEMANAL

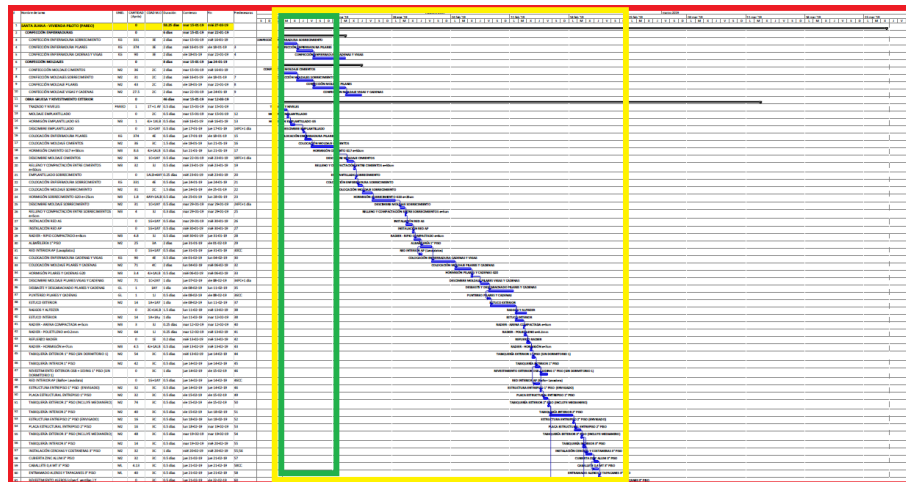
Se analizarán que actividades se realizarán en la presente semana, siempre y cuando estén todas las actividades libres de restricciones que se analizaron y subsanaron durante la “planificación intermedia”.

En la siguiente figura podemos ver un ejemplo del registro de una planificación semanal

La planilla de registro nos servirá como herramienta para llevar un orden de la planificación diaria, si no se cumplen las metas semanales o diarias podemos llevar un registro de las causas de incumplimiento de cada actividad y responsabilizar directamente a la persona que esté a cargo de dicha partida.

Para mostrar gráficamente las fases del método del último planificador, la siguiente figura muestra la carta Gantt de un proyecto: especificando cada etapa.

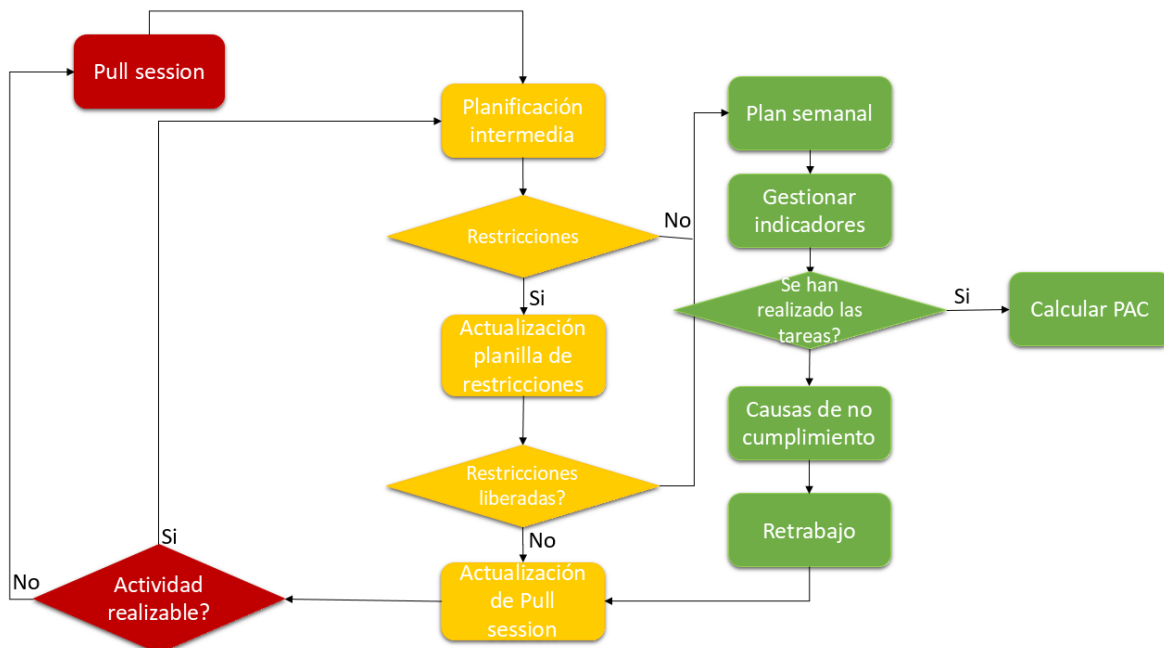
Figura 18 Diagrama de Gantt con etapas LPS



Fuente: Elaboración propia.

- Rojo: Plan maestro
- Amarillo: Planificación intermedia
- Verde: Planificación semanal

Figura 19 Esquema de planificación Last Planner



1.9.6. INDICADORES

Señalamos las diferentes etapas de la planificación Last planner y nos queda la etapa final y la más importante de analizar, los resultados. Los indicadores finales son los que nos permitirán verificar si se están cumpliendo los objetivos o no.

Cada semana, el plan de trabajo de la semana anterior es revisado para determinar qué tareas (compromisos) se completaron. Si el compromiso no se ha mantenido, a continuación se proporciona una razón. Estas razones son analizadas periódicamente hasta la causa raíz y se llevan a cabo acciones para evitar que se repitan. Cualquiera que sea la causa, la monitorización continua de las razones para el fracaso del plan, medirá la efectividad de las acciones correctivas.

- Medición del porcentaje de actividades no completadas (PAC):

El PAC es resultado del número de actividades completas para una semana dividido por el número de actividades programadas para la misma semana, este resultado debe ir expresado en porcentajes y solo se deben considerar como completas las actividades que estén al 100% del cumplimiento comprometido.

Figura 20 Ejemplo de medición PAC

Actividad	REGISTRO DE PLANIFICACION SEMANAL N°32 DEL 21 AL 26 DE ABRIL																	
	ADMINISTRADOR RESPONSABLE:																	
	Ubicación	Responsable	Unidad	% Programado	% Anterior	Meta		Cumplimiento	Causas de No Cumplimiento									
Comprometido						Alcanzado	Falla de Pre-requisito		Falla Materiales	Falta Mano de Obra	Cambios de Proyecto	Falta Equipos-Herramientas	Mala Est. De rendimiento	Incumplimiento de Subcontrato	Falla de Proveed	Problemas de Pa	Otros	
TERMINACIONES DEPARTAMENTOS																		
Picado y descarachad	13	V. Alvarez	PISO	100%	50%	100%	100%	1										
Desvaste	13	V. Alvarez	PISO	100%	50%	100%	100%	1										
Tapado agujas	13	V. Alvarez	PISO	100%	33%	100%	100%	1										
Tapado agujas	14	V. Alvarez	PISO	0%	0%	100%	0%	0										
Grada de barco	13	S. Fontalba	PISO	100%	50%	100%	100%	1										
Rasgos ventanas	14	V. Alvarez	PISO	100%	0%	100%	0%	0										
Rasgos barandas	11	V. Alvarez	PISO	100%	0%	100%	100%	1										
Remates ventanas	2	P. Campos	PISO	100%	0%	100%	100%	1										
Remates ventanas	3	P. Campos	PISO	100%	0%	100%	100%	1										
Remates ventanas	4	P. Campos	PISO	100%	0%	100%	100%	1										
Remates ventanas	5	P. Campos	PISO	100%	0%	100%	100%	1										
Estructura Ventanas (	11	P. Campos	PISO	100%	0%	70%	0%	0										
Estructura Ventanas (	12	P. Campos	PISO	100%	0%	70%	0%	0										
Estructura Ventanas (	13	P. Campos	PISO	100%	0%	70%	0%	0										

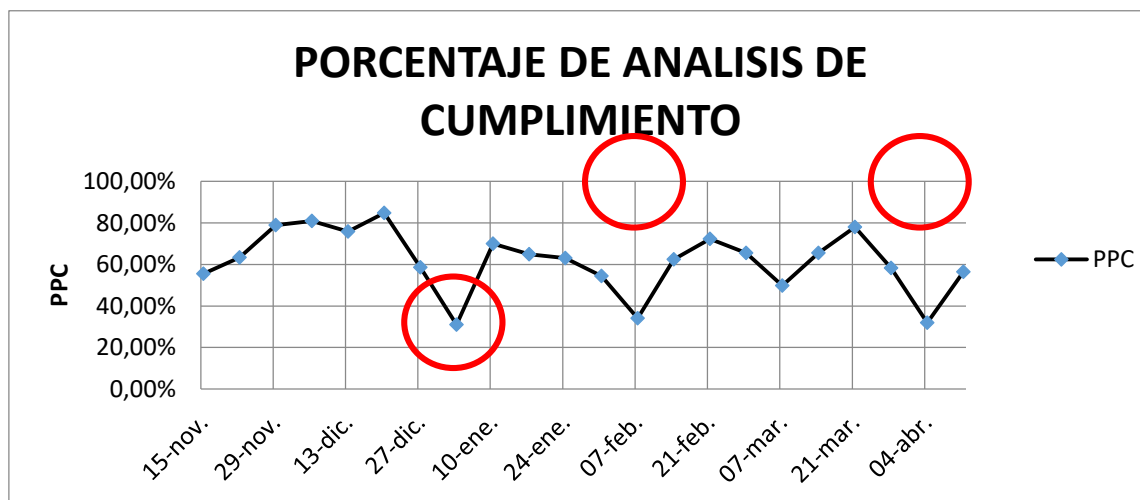
Si la actividad se encuentra realizada completamente se le asigna un 1 y si la actividad no se encuentra terminada según lo programado se le asigna un 0.

Una vez que sé qué actividades programadas no fueron ejecutadas, se debe proceder a identificar las causas de no cumplimiento. Podemos ver que el PAC es una poderosa herramienta para identificar los focos que pueden servir como mejoras al sistema e implementar soluciones. Esta herramienta es muy importante y útil ya que teniendo identificados los focos de atrasos podemos dar énfasis a estos problemas e implementar soluciones de forma instantánea

Otro resultado importante que nos puede entregar el PAC es un análisis del avance semana a semana que nos permita visualizar cual fue el periodo más crítico del proyecto, es decir cuál fue el tiempo en que menormente se alcanzaron las metas, y atribuir alguna causa. Se entiende que estas causas también pueden ser factores externos como lluvias u otros factores naturales que no hayan permitido avanzar durante dicha época crítica,

En la siguiente figura se observa un ejemplo gráfico de este análisis:

Figura 21 ejemplo gráfico PAC



Se pueden observar en el ejemplo los puntos destacados como los puntos críticos del avance. Tener esta información es de suma importancia para tomar finalmente las medidas preventivas para los periodos más bajos de porcentaje de avance.

- Medición causas de no cumplimiento (CNC)

Los orígenes del incumplimiento de actividades pueden ser múltiples y provenir de deficiencias a nivel organizacional, procesos o funciones. Lo importante es definir cada una de estas causas y tomar las medidas correspondientes para no cometer los mismos errores.

Entre las causas de no cumplimiento de la programación semanal podemos encontrar las siguientes razones:

1. Falla en sistemas de información. Por ejemplo, considerar actividades prerequisite como finalizadas, siendo que no es así.
2. Falla en aplicar los criterios de planificación. Por ejemplo, tal vez la actividad no cumplió el avance programado para la semana porque se sobreestimó la capacidad de la cuadrilla.
3. Cambio en las prioridades de la obra, destinando recursos a actividades urgentes.

**CAPITULO II: ANTECEDENTES DE OBRAS EJECUTADAS CONSTRUCTORA
HECTOR VEGA Z.**

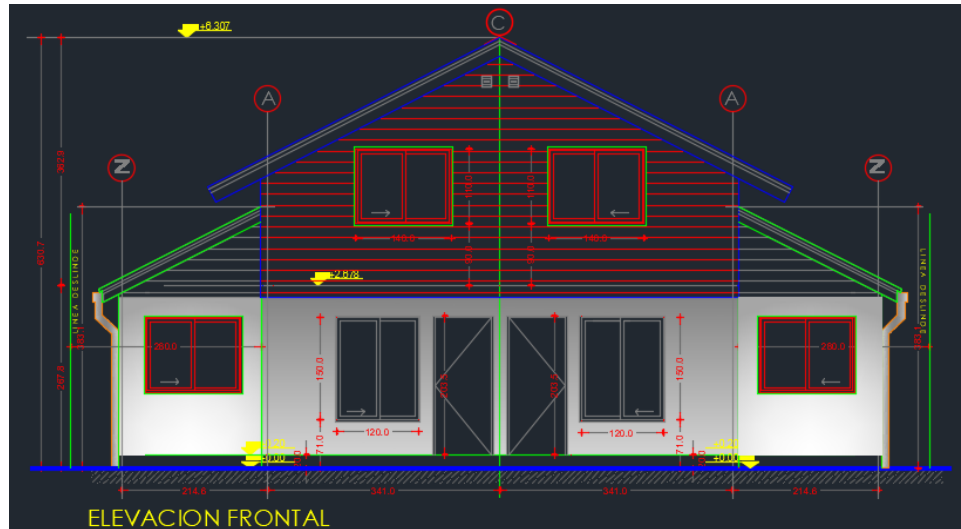
2.1.1. ANTECEDENTES GENERALES

En la siguiente figura se muestra la ubicación geográfica del terreno donde está emplazado el proyecto:

El proyecto consideró la construcción de 92 pareos de viviendas lo que suman 184 unidades, cada una de dos niveles con una superficie útil de 57 m², El diseño de la vivienda especificó tabiques interiores y exteriores de madera con muros perimetrales del primer nivel en albañilería. La vivienda exteriormente lleva placas de fibrocemento como revestimiento para el primer nivel y siding de fibrocemento para el segundo nivel. Para terminaciones interiores considera solo pinturas para muros y cerámicos para los pavimentos en las zonas húmedas.

En la siguiente Figura podemos apreciar el diseño de la elevación frontal de las viviendas “tipo” del proyecto en AutoCAD

Figura 23 Diseño AutoCAD Viviendas tipo Proyecto “San Sebastián”



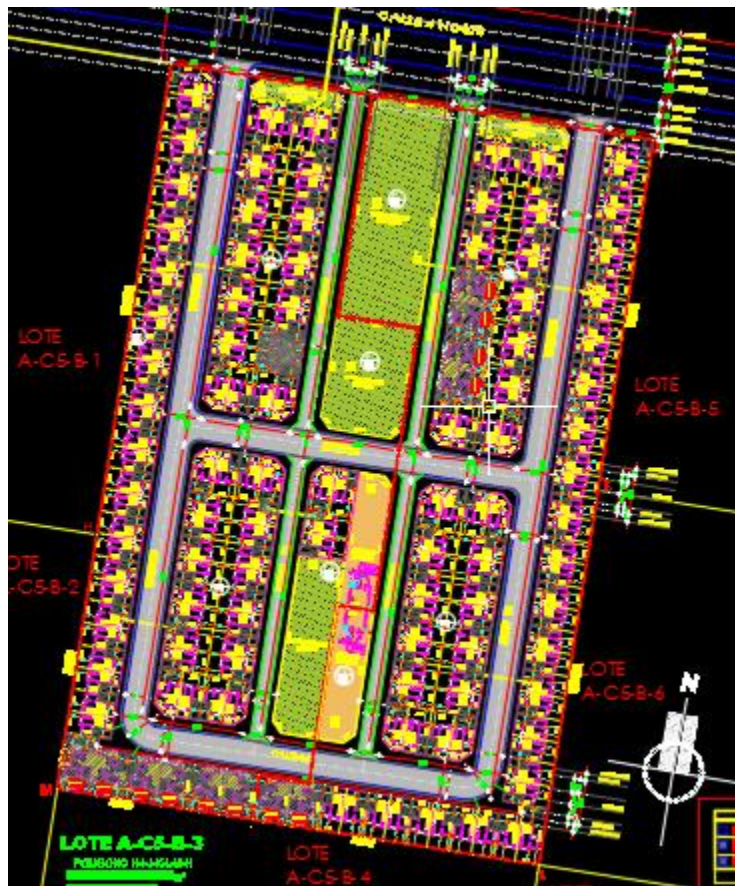
Y la siguiente figura muestra la vivienda “tipo” ya ejecutada en etapa de recepción:

Figura 24 Viviendas tipo Proyecto “San Sebastián”



En la siguiente figura podemos apreciar una planta del emplazamiento del loteo en AutoCAD:

Figura 25 Planta de loteo proyecto “San Sebastián”

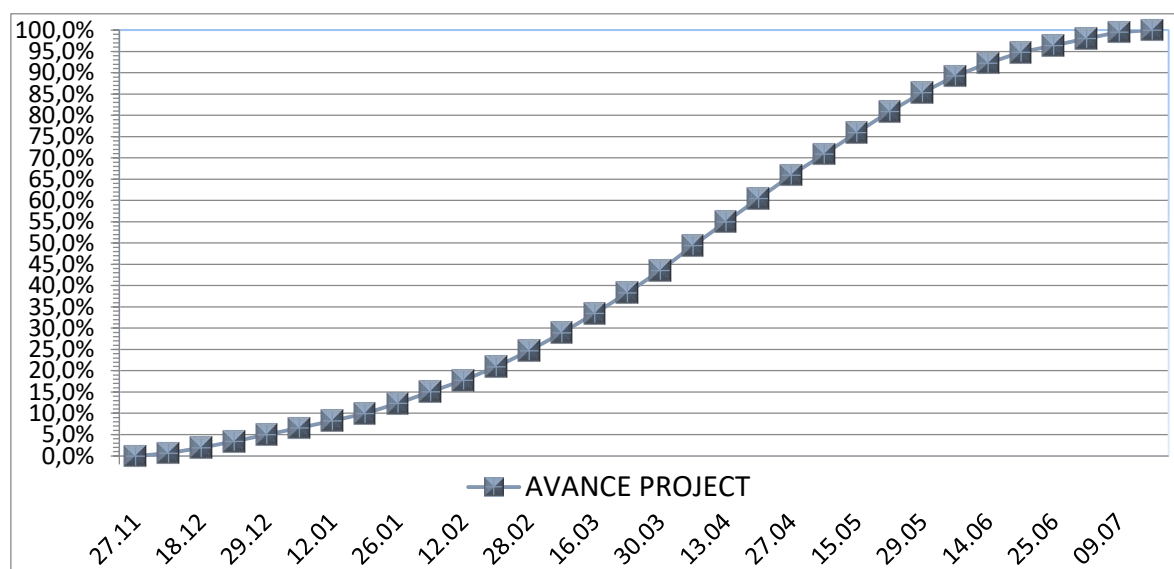


2.1.1.1. LINEA BASE DE PLANIFICACIÓN:

Este proyecto fue planificado por metodología tradicional de programación en carta Gantt, el proyecto inicialmente estaba planificado en un plazo de 240 días sin incluir la post venta de las viviendas.

En el siguiente gráfico se puede apreciar la curva de avance global programado del proyecto “San Sebastián”, esta fue la línea base inicial:

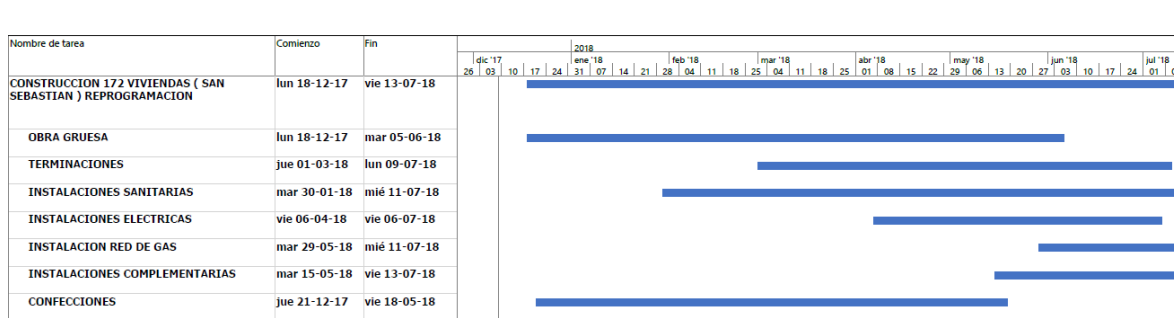
Gráfico 1 Curva de avance programada San Sebastian



Se puede observar que la fecha inicial del proyecto es el día 27 de Noviembre del año 2017, proyectándose hasta el 13 de Julio del año 2018. Los porcentajes de avance programados para esta curva se obtienen de la planificación en carta Gantt.

La programación global estaba dividida en 7 programaciones diferentes, Instalación de faenas, movimiento de tierra, viviendas tipo (172 unid.), viviendas para minusválidos (12 unid.), Áreas verdes, sedes sociales (2 unid.) y urbanización.

En la siguiente figura podemos observar un resumen de la planificación de carta Gantt de las viviendas tipo realizado en el programa Microsoft Project.



2.1.1.2. LINEA BASE DE FINANCIAMIENTO:

El proyecto tiene como mandante al servicio de vivienda y urbanismo, que es la entidad que califica el proyecto entregado por la Entidad de gestión inmobiliaria y social (EGIS) y se encarga del financiamiento para su ejecución.

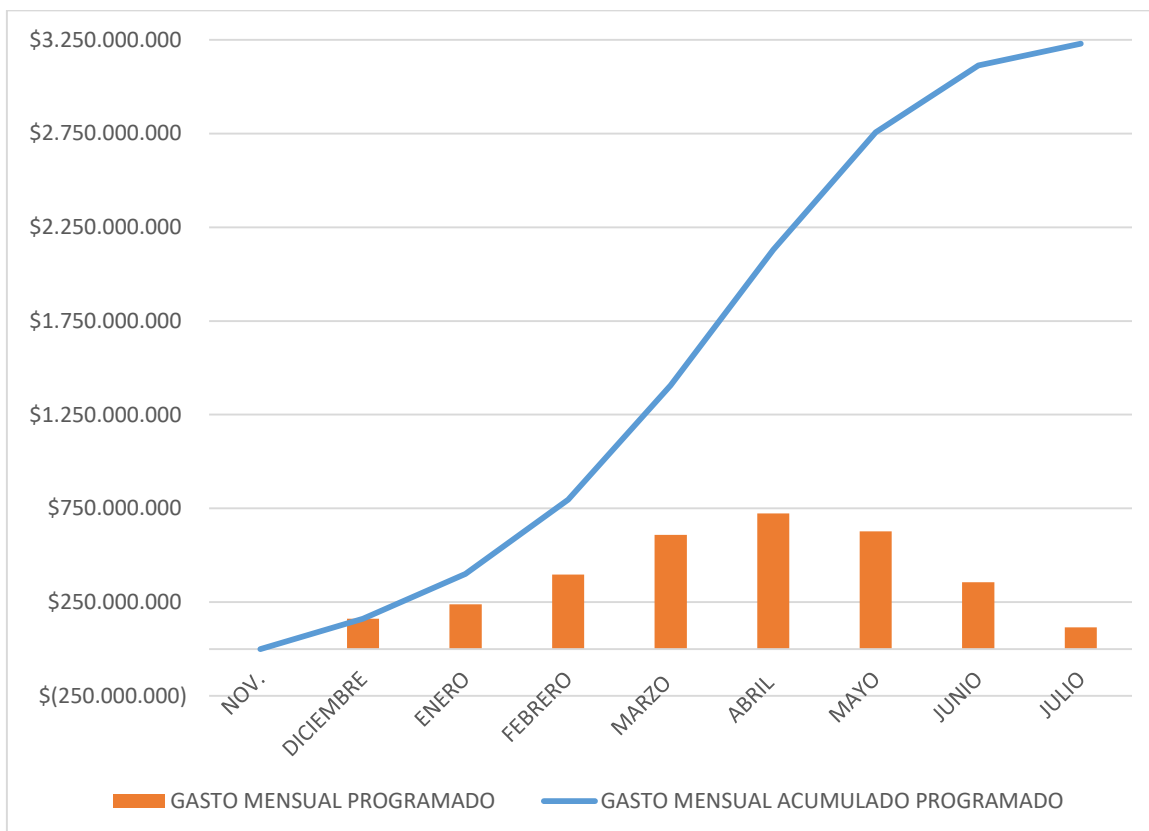
Cada partida del proyecto está sometida a una valoración monetaria en Unidades de fomento previa a la ejecución. El presupuesto es entregado al mandante con el fin de evaluar si el proyecto se puede ejecutar con el monto disponible

El proyecto estaba presupuestado en un monto de \$3.229.378.840, este monto incluye las utilidades y gastos generales de la empresa.

Los estados de pago se presentaron de forma mensual y el monto dependía netamente del porcentaje de avance del proyecto, previamente analizado y evaluado por el Inspector técnico de obra de SERVIU, ya que es un contrato a suma alzada.

Se ha determinado, según el avance programado y el total del costo del proyecto una planificación de la inversión mensual que debió tener el proyecto, para entender mejor la dinámica de la planificación de gastos se ha realizado un gráfico en base a los gastos mensuales:

Gráfico 2 Planificación de gastos mensuales "San Sebastián"



Según el gráfico de planificación de costos, los gastos no son lineales a lo largo de la vida del proyecto, si no que cada mes se necesita una cierta cantidad de dinero diferente ya que en cada periodo de tiempo los recursos invertidos pueden variar según las tareas que se tengan programadas,

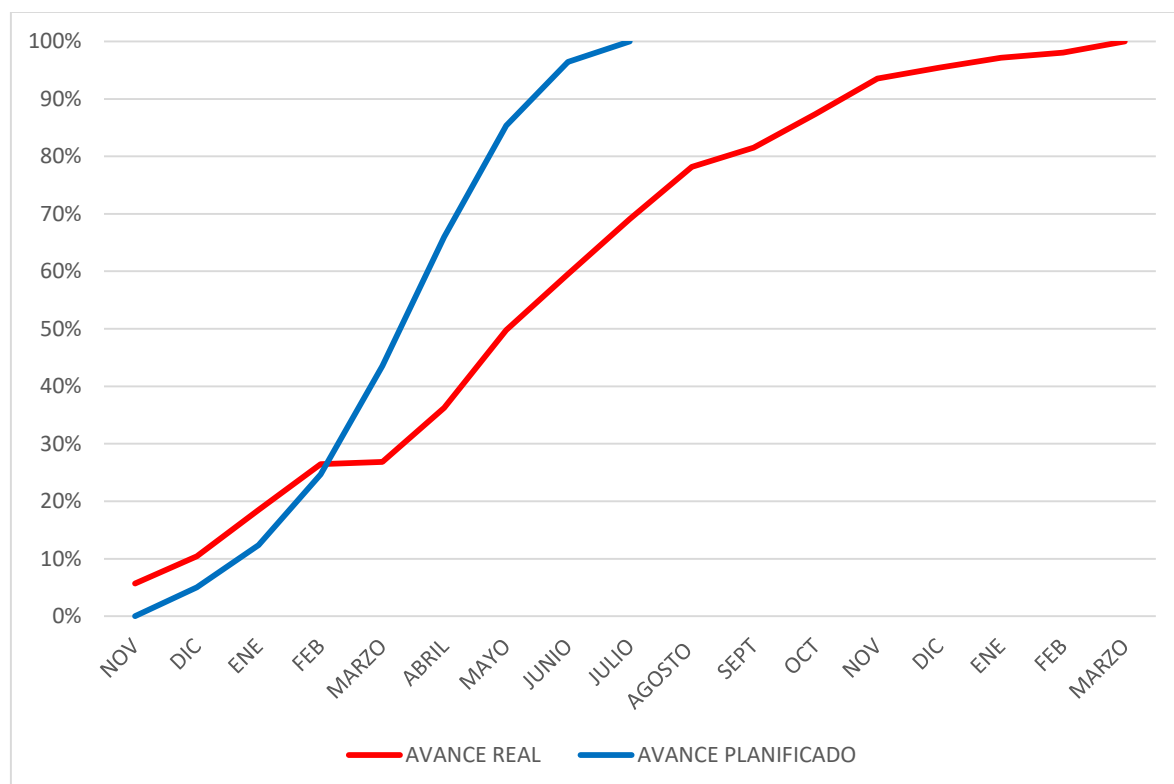
2.1.1.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los resultados del proyecto no fueron los esperados en comparación con la línea base, el monto total invertido en el proyecto fue de \$ \$3.303.520.802 es decir \$74.141.414 más de lo presupuestado, en el monto mencionado está incluida la utilidad de la empresa.

El aumento del gasto mencionado es atribuible a la mala planificación del proyecto. Este debía durar 240 días y se prolongó por 240 días más de lo planificado. Comenzando en Noviembre del 2017 y finalizando en Marzo del 2019, 16 meses en total.

A continuación se muestra un gráfico de la curva de avance inicial programada y la curva de avance real del proyecto.

Gráfico 3 avance real vs planificado



Las curvas de avance están tomadas semana a semana con el porcentaje de avance global de la obra.

Para la medición de avance global se tomó el valor total en pesos de cada partida (Instalación de faenas, movimiento de tierra, viviendas tipo, viviendas para minusválidos, Áreas verdes, sedes sociales y urbanización) y se le asignó el porcentaje total que le corresponde a cada una respecto al costo de construcción total de proyecto.

En la siguiente tabla se observa un ejemplo de la medición del avance global de la semana del 29-08-2018

Tabla 2 medición del avance global

RESUMEN POR ÍTEM	GLOBAL	TOTAL PROYECTO	A LA FECHA	AVANCE PARCIAL (%)
Total ítem insta. de faena	\$84.413.029	4,91%	100,0%	4,91
Total ítem 172 viviendas	\$1.093.982.521	63,62%	88,8%	56,48
Total vivienda minusválido	\$118.685.733	6,90%	70,0%	4,83
Total urbanización	\$272.417.604	15,84%	97,0%	15,37
Total movimiento de tierra	\$22.250.000	1,29%	100,0%	1,29
Total sala multiuso	\$30.000.000	1,74%	71,0%	1,24
Áreas verdes	\$97.752.920	5,68%	56,0%	3,18
	\$1.719.501.807	100%	AVANCE GLOBAL (%)	87,3%

Estos avances globales nos muestran el avance real acumulado que lleva el proyecto a la semana en cuestión

Se han estudiado los porcentajes de avance globales de cada semana, tanto real como programada, y podemos observar que el proyecto tiene una desviación desde el mes de marzo, que es donde comienza el periodo crítico en adelante. En este mes en específico la obra no tuvo progreso por lo que la curva toma una tendencia plana, y luego retoma su ascendencia pero el retraso acumulado no se pudo recuperar.

El promedio programado de avance semanal debió ser de un 2.94% En cambio el avance promedio semanal fue de un 1.8%.

En el siguiente gráfico podemos apreciar los promedios de avance en los distintos periodos que tuvo la obra.

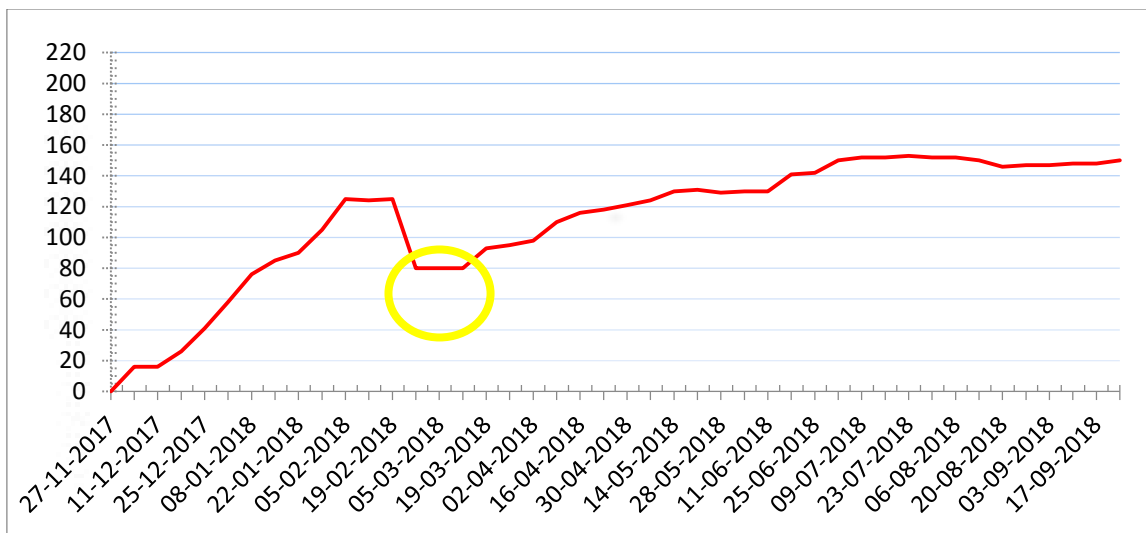
Gráfico 4 Promedios de avance



Podemos observar que la línea de promedio de avances reales siempre estuvo por debajo de lo esperado.

El retraso acumulado en el periodo crítico lo podemos ver reflejado también en el gráfico de dotación de mano de obra del proyecto:

Gráfico 5 Mano de Obra v/s Tiempo



Se puede observar que en el periodo de marzo 2018 se redujo el personal casi en un 40%.

En este periodo hubo una falta de material prefabricado para la estructura de las viviendas, este es un ítem del cual depende la ruta crítica del proyecto, por lo que fue necesario reducir el personal. Sin embargo el personal que quedo en obra de todas formas no pudo seguir avanzando debido a esta restricción.

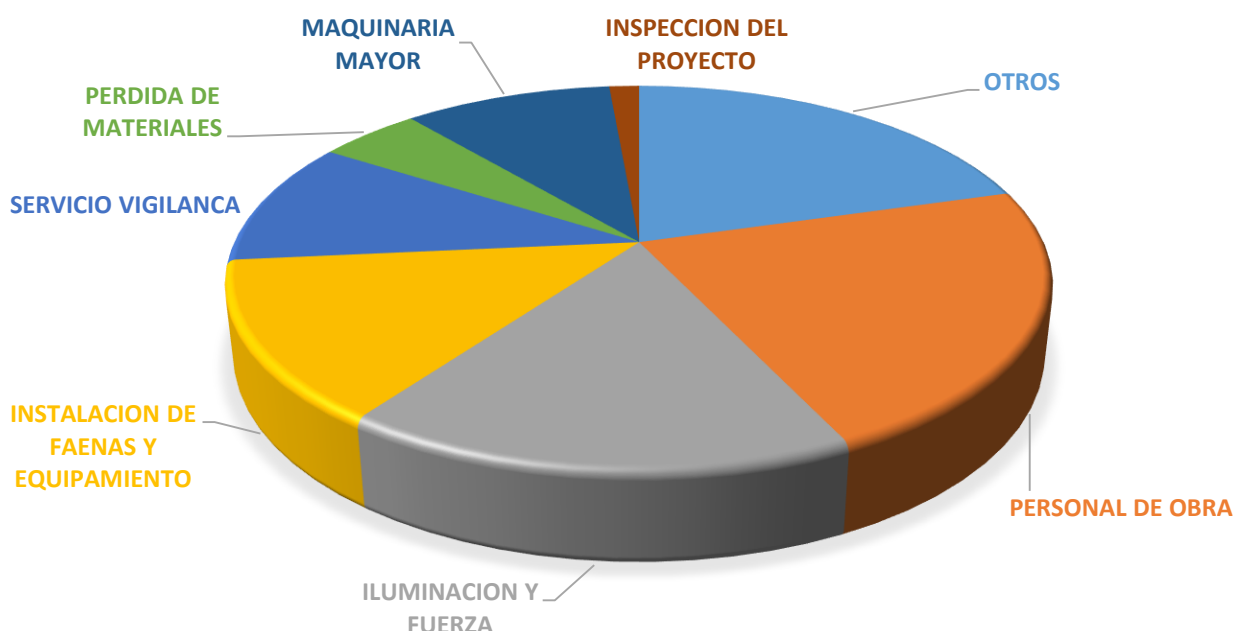
Se ha determinado que el promedio semanal aproximado del ritmo de avance que se debió tomar desde el mes de Marzo para alcanzar las metas debió ser de un 3.8%,

Al tener el material en obra a comienzos del mes de Abril, para haber incrementado el avance y alcanzar el 3.8% promedio estimado, el paso primordial es haber mejorado la planificación de la mano de obra que se debió aumentar al menos en un 157% es decir tener alrededor de unas 126 personas.

Al prolongarse el tiempo y no tomar las medidas anteriormente mencionadas, se debió continuar costear los 8 meses extendidos del proyecto las remuneraciones de la mano de obra, profesionales, gasto de instalación de faenas, vigilancia del proyecto, etc.

En el siguiente gráfico se pueden ver los ítems con las mayores diferencias entre lo presupuestado y lo gastado:

Gráfico 6 Pérdidas proyecto san Sebastián



- Personal de obra: este ítem se lleva el 22% de las pérdidas totales del proyecto, la prolongación de los trabajos, evidentemente se verán reflejados en la inversión del personal que esté regularmente trabajando, tanto obreros como línea de supervisión.
- Iluminación y fuerza: a este ítem se le atribuye un 17% de las pérdidas totales, esto debido a que se realizaron modificaciones al proyecto eléctrico puesto que la iluminación no era la correspondiente, donde ya había una parte ejecutada, además de la confección de nuevos planos con la información adecuada con retrasos por espera de aprobación de SERVIU.
- Instalación de faenas y equipamiento: en este ítem se consumió el 13% de las pérdidas totales, por la prolongación del proyecto se debió consumir mayor electricidad, gas, agua potable, mantenciones, arriendo de viviendas para los trabajadores externos, arriendo de contenedores, etc.
- Servicio vigilancia: Para este ítem se invirtió alrededor del 10% de las pérdidas, por aumento en los meses de ejecución del proyecto
- Pérdida de materiales: en este ítem surge un 5% de las pérdidas debido a malas ejecuciones en los procesos constructivos.

- Maquinaria mayor: La maquinaria también está sujeta a la prolongación del proyecto ya que los arriendos deben ser mensuales, este ítem tiene un 10% de las pérdidas.

Descripción teórica de las principales debilidades:

Desde el inicio del proyecto que hubieron problemas en la ejecución, se detectaron los principales contratiempos que llevaron al proyecto a tales consecuencias:

- Desabastecimiento de material

Desde el inicio una de las principales causas de la demora del proyecto fue la falta de maderas prefabricadas en la fecha en que se solicitó, esto debido a un factor totalmente externo como fueron los incendios masivos de la zona. Hubo una falta de suministro durante un largo periodo.

- Falta de mano de obra

Durante el periodo de ejecución del proyecto el gobierno impulso los proyectos DS19, estos proyectos se ejecutaron muy cerca del sector, por lo que había muy poca dotación de mano de obra. Además por el hecho de haber más oportunidades los obreros y subcontratistas empezaron a evaluar sus condiciones de trabajo y a pedir mayores sueldos, ya que en el resto de los proyectos se pagaba mucho mejor, por lo que además se tuvieron que aumentar los recursos mucho más de lo estaba presupuestado.

- Cambios en el diseño

Al final del proyecto para la conexión eléctrica del loteo, se tuvieron que hacer algunas modificaciones de planos ya que la iluminación no era la indicada. Esto conllevó a la demora en la aprobación de estos planos y que CGE quien es el encargado de realizar el empalme demorara 2 meses más de lo que se tenía planificado.

- Problemas con el diseño

El proyecto contemplaba una viga maestra de 3x10", esta viga se convirtió en un problema al desabastecimiento de madera, ningún proveedor tenía disponible la madera en esas dimensiones, por lo que retrasó bastante más la obra gruesa.

- Errores en los procesos constructivos

El problema de este punto es que la partida de muros de albañilería comenzó a ejecutarse antes del hormigonado de radier por un tema de mala planificación, por lo que no se podía hacer la compactación de los rellenos que van bajo el piso ya que era bastante engorroso pasar la placa compactadora y luego hormigonar por encima de los muros.

- Lentitud en la gestión de solicitud de materiales

Cuando no se tiene un buen proceso de solicitud para abastecimiento de material comienzan los retrasos, en este caso el protocolo es un tanto complicado ya que los procesos no estaban bien instruidos.

- Desinterés por la buena planificación

A pesar de todos los contratiempos antes mencionados, en vez de dar énfasis a una buena planificación de hizo todo lo contrario. El proyecto quedó sin un encargado de programación, quedando a la deriva todas las metas impuestas.

2.2. PROYECTO “VALLE BUENOS AIRES”

2.2.1. ANTECEDENTES GENERALES

A fines del año 2018 la constructora Héctor Vega Z. comenzó a ejecutar el proyecto de viviendas sociales “Valle buenos aires” ubicado en Calle Colipi n°774 en la comuna de Santa Juana, subsidiado por el “Programa fondo solidario de elección de vivienda D.S. N° 49.”

En la siguiente figura se muestra la ubicación geográfica del terreno donde está emplazado el proyecto:

Gráfico 7 Ubicación Proyecto “Valle buenos aires, Santa Juana”

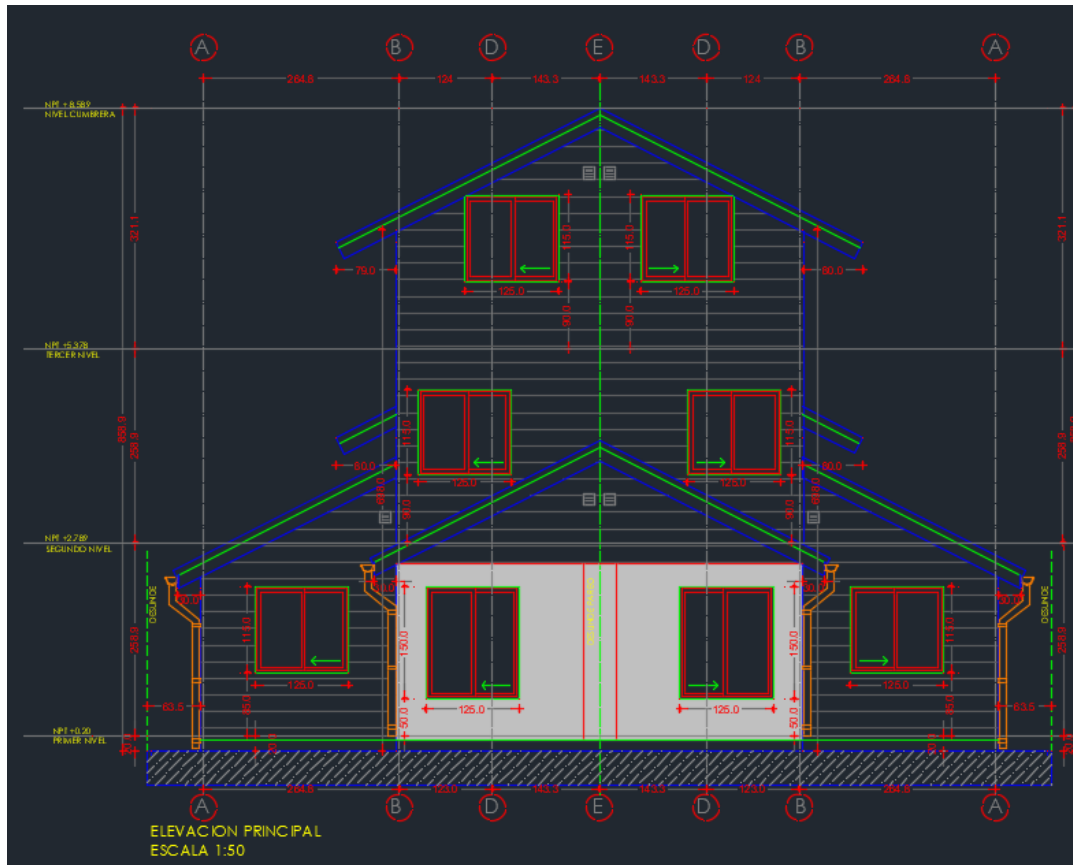


Fuente: Google maps

El proyecto consta de 280 viviendas pareadas de 3 niveles, cada una con una superficie útil de 60 m². El diseño de la vivienda especificó tabiques interiores y exteriores de madera con muros perimetrales del primer nivel en albañilería. La vivienda exteriormente lleva placas siding de fibrocemento como revestimiento. Para terminaciones interiores considera solo pinturas para muros y cerámicos para los pavimentos en las zonas húmedas.

En la siguiente Figura podemos apreciar el diseño de la elevación principal de las viviendas “tipo” del proyecto en AutoCAD

Figura 26 vivienda tipo



Y en la siguiente figura podemos ver la ejecución de la obra gruesa del proyecto,

Figura 27 Proyecto Valle Buenos aires



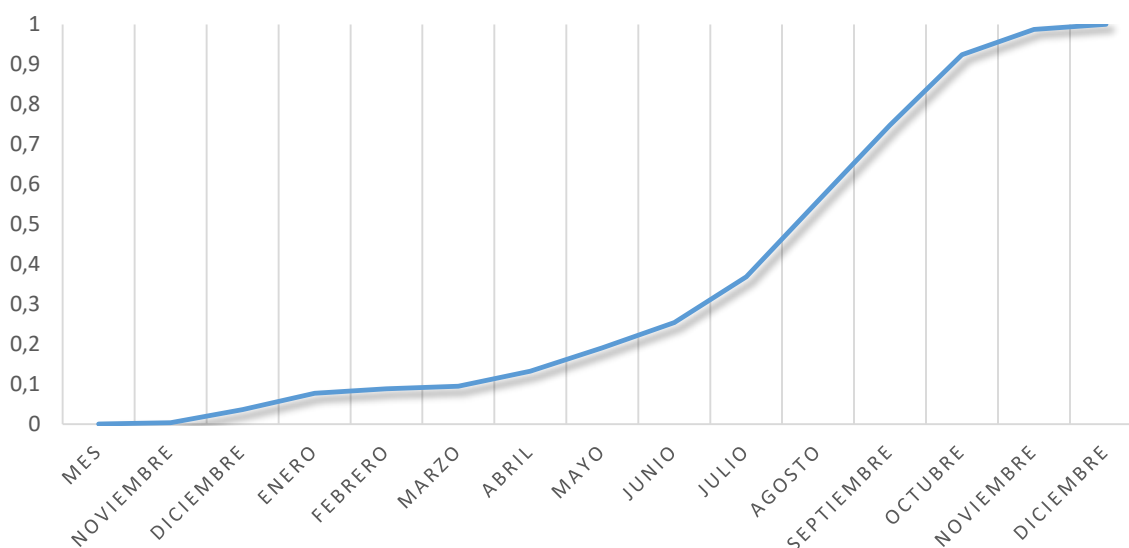
2.2.1.1. LINEA BASE DE PLANIFICACIÓN:

El proyecto está originalmente planificado con metodología tradicional (programación con carta Gantt). Aún está en ejecución en etapa de obra gruesa. El proyecto está planificado en 13 meses más dos meses de entrega, en total 13 meses.

La elaboración de la línea base del proyecto está basada en rendimientos usados en proyectos anteriores,

En el siguiente gráfico se puede apreciar la curva de avance programado para el proyecto:

Gráfico 8 curva de avance programado



La fecha inicial fue en Noviembre del año 2018 y finaliza en Diciembre del 2019, Los porcentajes de avance programados para esta curva se obtienen de la planificación en carta Gantt.

La planificación global está dividida en 8 programaciones diferentes, Instalación de faenas, movimiento de tierra, viviendas tipo (274 unid.), viviendas para personas con movilidad reducida (4 unid.), vivienda para personas con movilidad reducida (2 unid) ,para Áreas verdes, sedes sociales (2 unid.) y urbanización.

2.2.1.2. LINEA BASE DE FINANCIAMIENTO:

El proyecto tiene como mandante al servicio de vivienda y urbanismo, que es la entidad que califica el proyecto entregado por la Entidad de gestión inmobiliaria y social (EGIS) y se encarga del financiamiento para su ejecución.

Cada partida del proyecto está sometida a una valoración monetaria en Unidades de fomento previa a la ejecución. El presupuesto es entregado al mandante con el fin de evaluar si el proyecto se puede ejecutar con el monto disponible

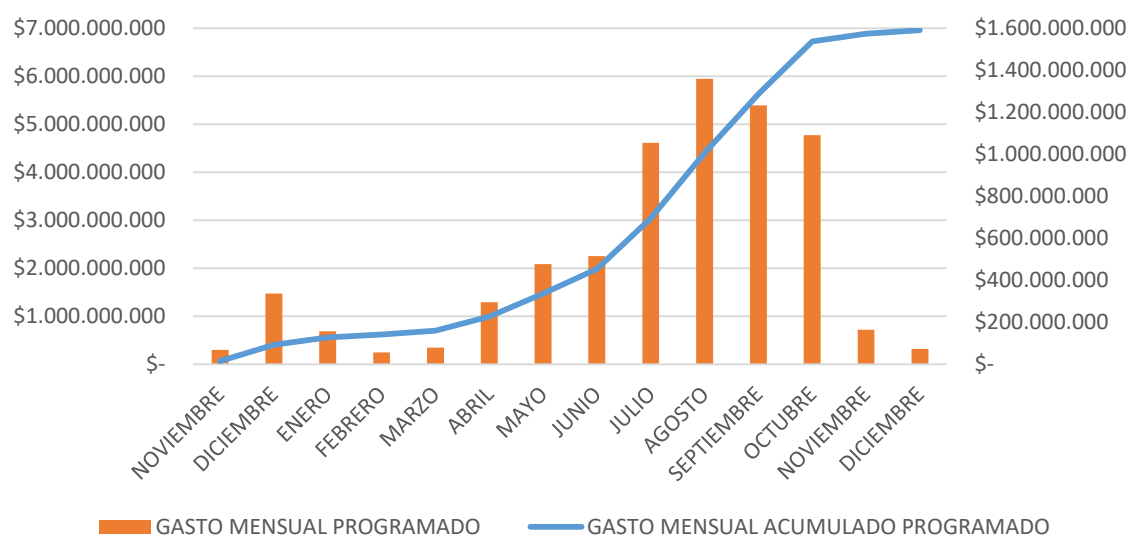
El proyecto está presupuestado en un monto de **\$6.964.261.786**

, este monto incluye las utilidades y gastos generales de la empresa. La modalidad de pago es de forma mensual y el monto depende netamente del porcentaje de avance del proyecto, previamente analizado y evaluado por el Inspector técnico de obra de SERVIU.

Planificación de gastos

Se ha determinado, según el avance programado y el total del costo del proyecto una planificación de la inversión mensual que tendrá el proyecto, para entender un poco la dinámica de la planificación de gastos se ha realizado un gráfico en base a los gastos mensuales:

Gráfico 9 Planificación de gastos

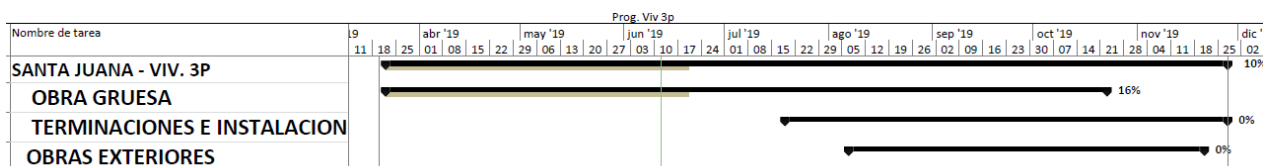


Según el gráfico de planificación de costos, los gastos no son lineales a lo largo de la vida del proyecto, si no que cada mes se necesita una cierta cantidad de dinero diferente ya que en cada periodo de tiempo los recursos invertidos pueden variar según las tareas que se tengan programadas,

2.2.2. ANÁLISIS DE LA CURVA S

El proyecto está en etapa de obra gruesa en la siguiente figura podremos observar un resumen de la carta Gantt:

Figura 28 Resumen Carta Gantt



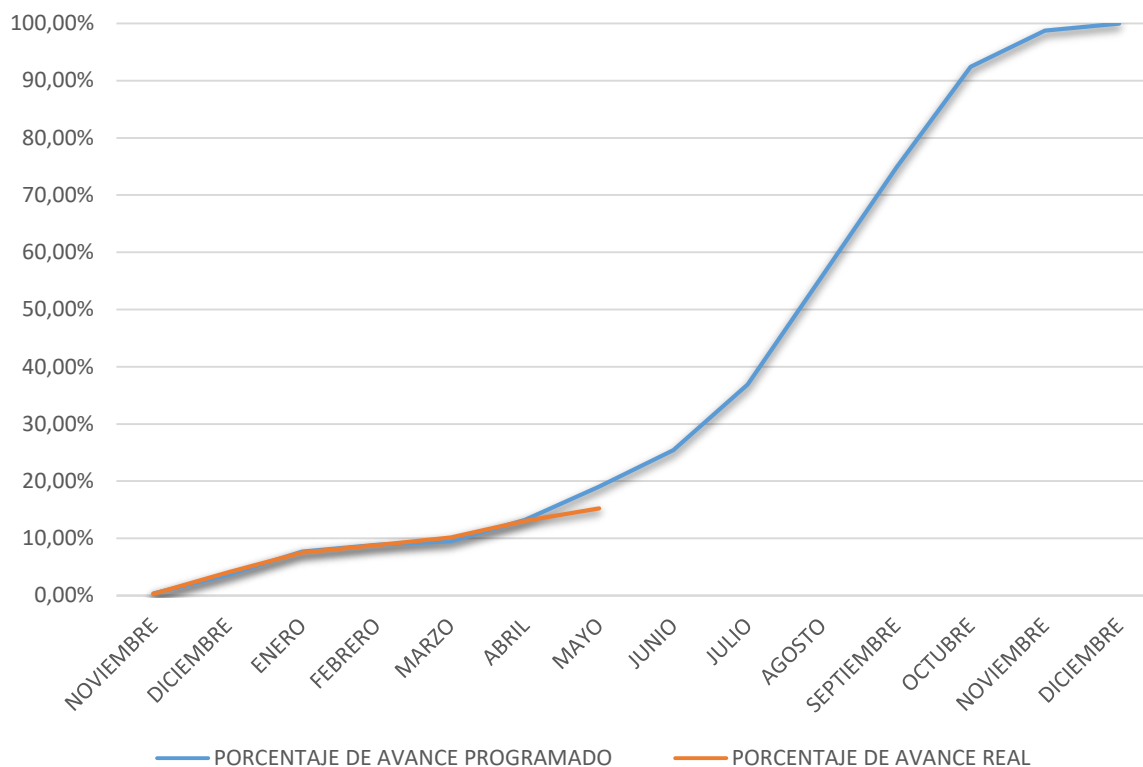
Esta carta Gantt nos indica precisamente que las viviendas tipo al 3 de Junio llevan un avance del 10%

Las curvas de avance están tomadas semana a semana con el porcentaje de avance obtenido de la carta Gantt.

Para la medición de avance global se tomó el valor total en pesos de cada partida (Instalación de faenas, movimiento de tierra, viviendas tipo, viviendas para minusválidos, Áreas verdes, sedes sociales y urbanización) y se le asignó el porcentaje total que le corresponde a cada una respecto al costo de construcción total de proyecto.

En el siguiente gráfico se observa la curva de avance real y programado del proyecto:

Figura 29 curva de avance vs real programada



Según el gráfico en la curva de programación real (roja) los porcentajes de avance han ido a la par con lo programado, hasta la semana del 22 de Abril donde la ascendencia de la curva deja de ser pareja con la programada, ya para fines de Mayo la curva real está a un 6% por debajo de la curva programada (azul), donde el avance programado debió ser de un 22.65% sin embargo solo se alcanzó un 16.2%

CAPITULO III: MEDICIÓN DE DESEMPEÑO “PROYECTO VALLE BUENOS AIRES”

3.1. MEDICIÓN DE DESEMPEÑO

Para la medición de desempeño del proyecto, se utilizará la metodología de gestión de valor ganado, los datos a considerar serán hasta la fecha donde se ha empleado la metodología tradicional de planificación.

La metodología de gestión de valor ganado es una técnica que permite controlar la ejecución de un proyecto a través de su presupuesto y de su calendario de ejecución.

Compara la cantidad de trabajo ya completada en un momento dado con la estimación realizada antes del comienzo del proyecto. De este modo, se tiene una medida de cuánto trabajo se ha realizado, cuanto queda para finalizar el proyecto, extrapolando a partir del esfuerzo invertido en el proyecto

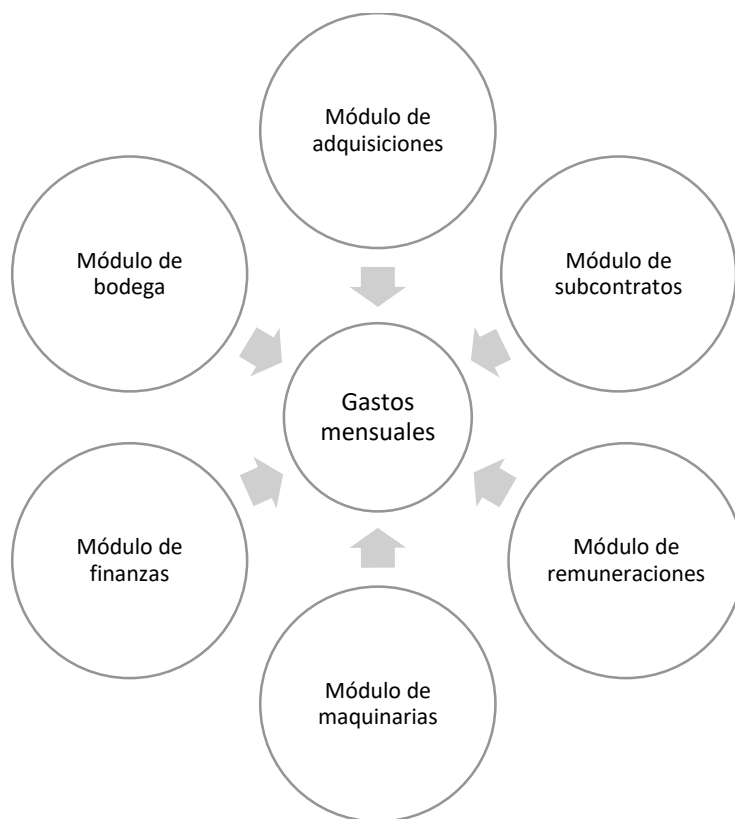
3.1.1. REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN

Para usar la metodología del valor ganado necesitamos los antecedentes de plazos de ejecución y costo total del proyecto que son nuestra línea base, pero se debe dejar ambos en una sola unidad que sería en dinero, es decir poseer la siguiente información:

- Estructura de tareas
- Calendario de ejecución
- Costo presupuestado del trabajo planificado mensual
- Costo presupuestado del trabajo realizado mensual

Para obtener los costos reales de los trabajos realizados se ha sacado un reporte

Figura 30 Esquema módulos de gastos



semanalmente de los gastos de los proyectos este reporte se alimenta de distintos módulos afectos:

Esta información fue obtenida de la herramienta principal de la empresa, el programa Unysoft. Donde están todos los datos de los gastos de la Empresa

3.2. CÁLCULO DE INDICES DE DESEMPEÑO:

Es necesaria la definición y el cálculo de los siguientes conceptos a la fecha 31 de Mayo que será la fecha de control para la evaluación de desempeño del proyecto.

3.2.1. DATOS PRINCIPALES

- BAC: (Budget at Completion) Presupuesto al Término. Corresponde a la estimación inicial del costo total del proyecto, Para nuestro análisis son

\$6.964.261.786

- PV: (Planned Value) Valor Planeado. Es el valor que tiene la cantidad de trabajo planificado en una fecha determinada, se calcula con él porcentaje planeado a la fecha 31 de Mayo multiplicado por el BAC (Valor total del presupuesto)

$$PV = BAC \times \% \text{ Avance Programado}$$

$$\$6.964.261.786 \times 21,14\% = \$1.471.902.890$$

El valor planeado es la línea base con la cual se comparan los costos ejecutados y los reales, para así medir el desempeño del proyecto

- EV: (Earned Value) Valor Ganado. Es el valor que tiene la cantidad de trabajo realmente ejecutado en una fecha determinada, se calcula el porcentaje realmente ejecutado por el BAC

$$EV = BAC \times \% \text{ Avance Real}$$

$$\$6.964.261.786 \times 16.21\% = \$1.080.261.974$$

El valor ganado muestra cual es el valor monetario que el proyecto ha producido.

- AC: (Actual Cost) Costo Real. Corresponde al valor efectivamente gastado a la fecha.

\$2.172.662.146

3.2.2. VARIACIONES

- SV: (Schedule Variance) Diferencia Programada. Es una comparación entre la cantidad de trabajo realizado durante un periodo de tiempo dado y lo que se había programado para ser ejecutado. Y se calcula con la diferencia entre el valor ganado (EV) y el valor planeado (PV), Un SV negativo indica que el proyecto está retrasado.

$$SV = EV - PV$$

$$\$1.080.261.974 - \$1.471.902.890 = \$ - 391.640.916$$

- CV: (Cost Variance) Diferencia Costo. Es una comparación entre el costo presupuestado del trabajo realizado y el costo y se calcula con la diferencia entre el valor ganado (EV) y el costo real (AC), un CV negativo indica que el proyecto está cayendo en un sobre costo.

$$CV = EV - AC$$

$$\$1.080.261.974 - \$2.172.662.146 = \$ - 1.092.400.172$$

Como se puede observar, estas variaciones son negativas, lo cual son resultados desfavorables para el estado del proyecto. El CV negativo indica que estamos gastando más de lo planificado, es decir, nos estamos excediendo del presupuesto. Lo mismo ocurre con el SV que está negativo indica que el proyecto está retrasado en el cronograma.

Se ha calculado también los valores relativos del CV y el SV al final de la fecha de control para mostrar cuanto es el porcentaje excedido del presupuesto y y de retraso con respecto al cronograma:

$$CV\% = \frac{CV}{EV} * 100$$

$$CV\% = \frac{-1.092.400.172}{1.080.261.974} * 100 = -101\%$$

Este valor refleja que el proyecto a la fecha está un 101% de exceso en el presupuesto.

$$CV\% = \frac{SV}{PV} * 100$$

$$CV\% = \frac{-391.640.916}{1.471.902.890} * 100 = -26\%$$

Este valor refleja que estamos un 26% de retraso en el cronograma

3.2.3. ÍNDICES DE RENDIMIENTO

- SPI: (Schedule Performance Index) índice Desempeño Programa. Muestra el valor del trabajo realizado comparado con lo que se había planeado, es el cociente entre el valor ganado (EV) y el valor planeado (PV). Un SPI menor que 1 indica que el proyecto está retrasado.

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

$$SPI = \frac{1.080.261.974}{1.471.902.890} = \mathbf{0.734}$$

- CPI: (Cost Performance Index) o Índice Desempeño Costo. Muestra el valor del trabajo realizado comparado con lo que se había planeado. Es el cociente entre el valor Ganado (EV) y el costo real (AC), El CPI menor que 1 indica que el proyecto tiene un sobre costo.

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

$$CPI = \frac{1.080.261.974}{2.172.662.146} = \mathbf{0,4972}$$

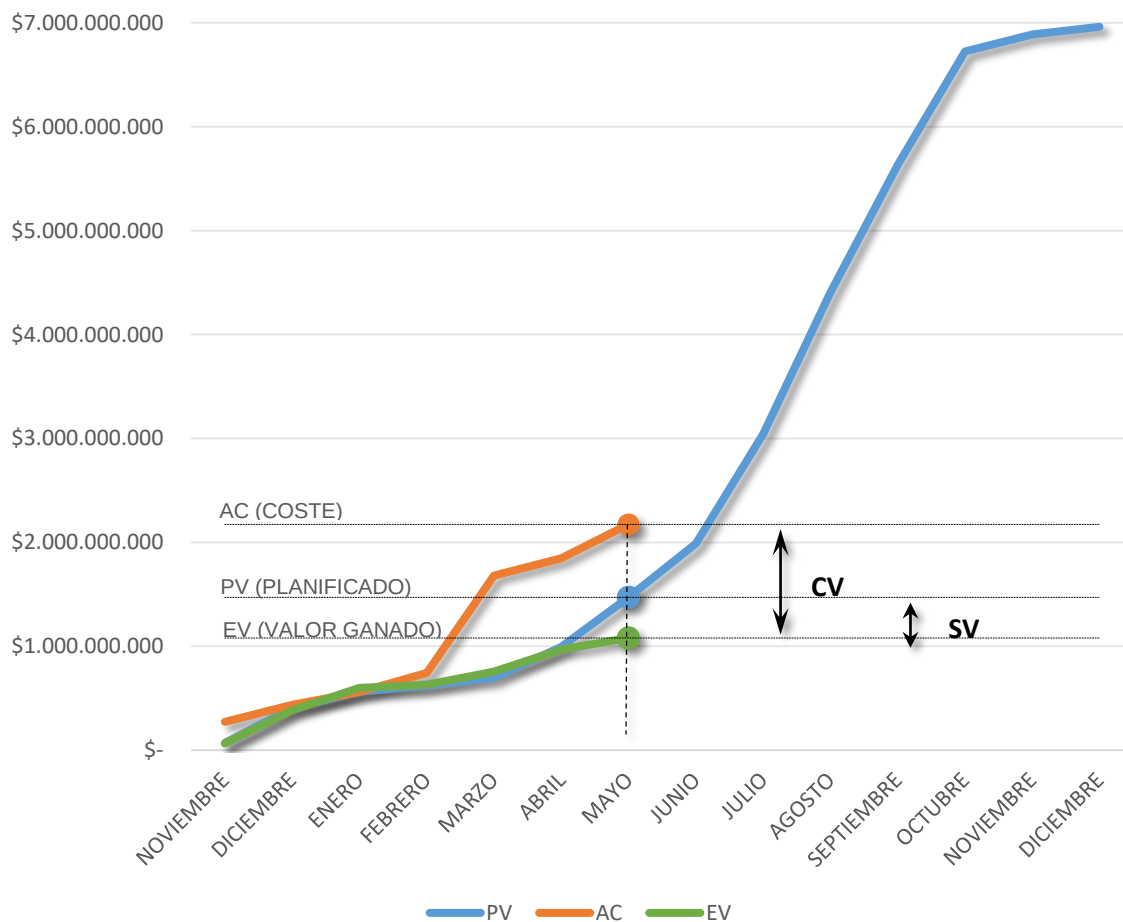
- CSI: Índice costo cronograma, mide el grado de compensación entre el CPI y el SPI, da una idea de la posibilidad de recuperación del proyecto. Mientras mas se acerca el valor a 1, más recuperable es el proyecto.

$$CSI = CPI * SPI$$

$$0.4972 * 0.7339 = 0,364$$

El CPI y SPI son indicadores estadísticamente exactos de los resultados finales de los costos. Según estos indicadores, el proyecto estaría en pésimos resultados, se ha realizado un gráfico con la información obtenida para dinamizar las estadísticas:

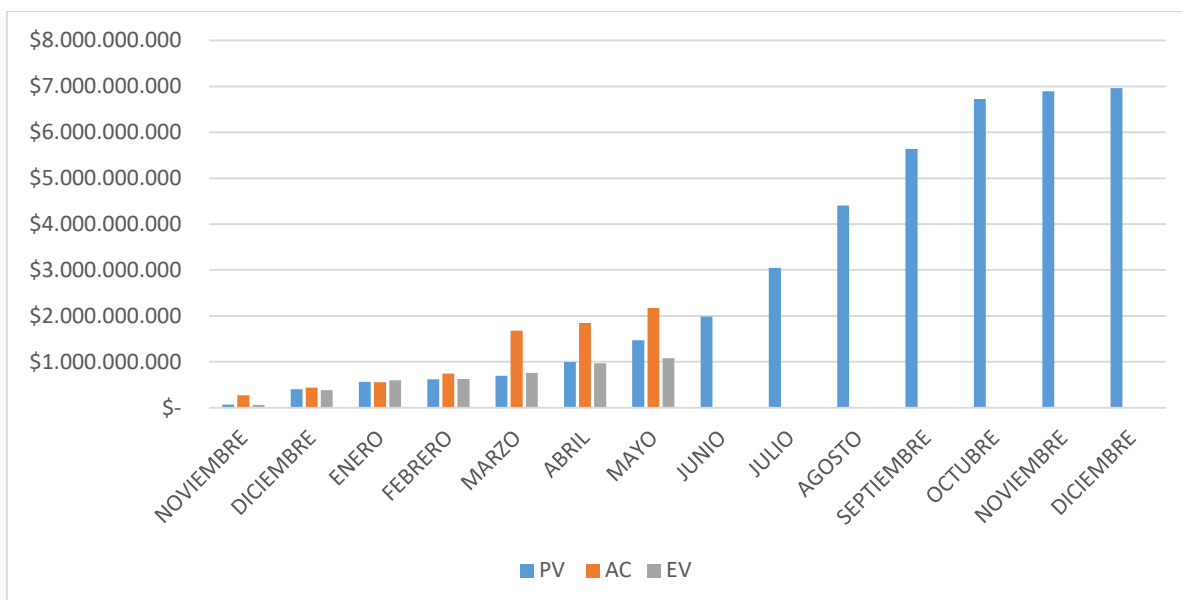
Gráfico 10 gráfico del valor ganado



Se puede observar que el proyecto a la fecha de control, lleva un costo mucho mayor al que está planificado, el Valor de trabajo planificado (PV) está por debajo del coste real (AC) y a su vez el Valor Ganado del proyecto (EV) está por debajo de lo planificado

Además se ha realizado un diagrama para observar el comportamiento de los gastos realizados de forma mensual:

Gráfico 11 Evolución PV, AC, EV

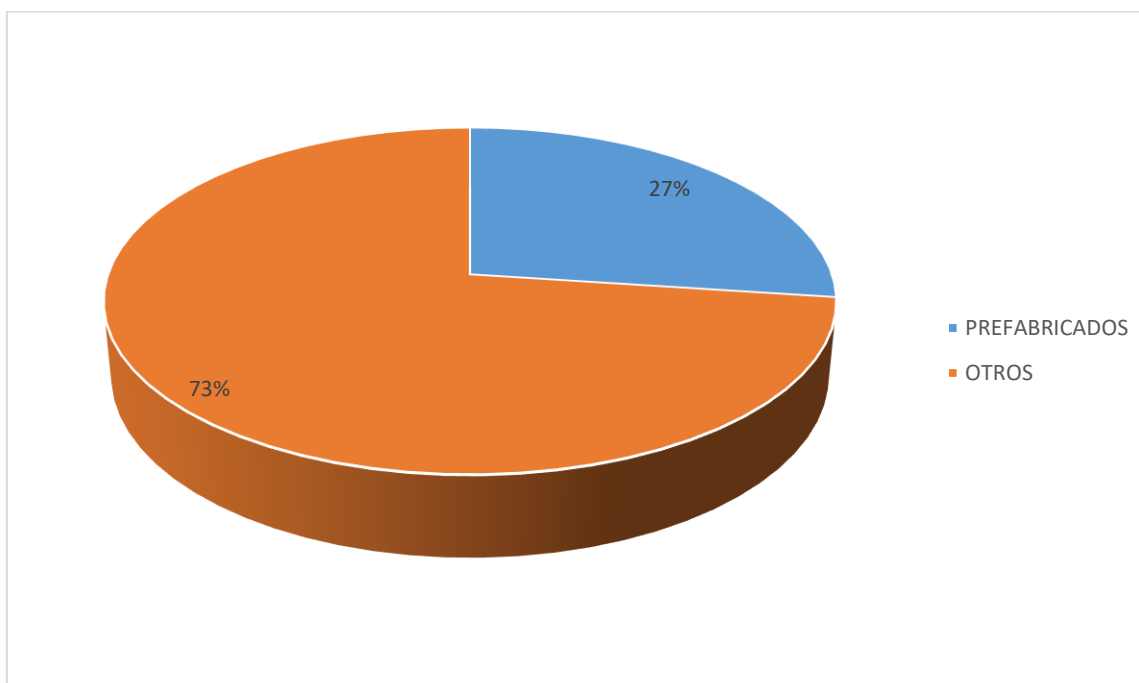


Se puede apreciar que el Valor ganado no siempre fue inferior al PV pero los primeros tres meses del proyecto no hubo mayores gastos ya que las tareas programadas y realizadas no son de mayores incidencias por lo que no puede ser un reflejo total del comportamiento de avances.

3.2.4. CONCLUSIONES

Se ha investigado cual ha sido la mayor inversión del proyecto que ha llevado a que sea un proyecto con sobrecosto según los resultados del punto 3.2.3. No tiene los avances físicos esperados según los gastos que han realizado:

Gráfico 12 Porcentaje de gasto total



Se ha observado que el mayor gasto ha sido por una factura casi de \$700.000.000 al proveedor de los prefabricados en madera de la vivienda que representa el 27% de los gastos totales que lleva la obra, Estos prefabricados aún no se han instalado ni siquiera en la vivienda piloto por motivo de restricción de planos ya que según lo detallado en el punto 2.2.2., existía una incongruencia entre planimetría de arquitectura con estructuras que no se alcanzó a resolver a la fecha de instalación de este recurso

Se ha concluido que el sobrecosto del proyecto se debió a la mala planificación del proyecto, puesto que a pesar de que se trataba de cumplir con un programa semanal, las tareas programadas no eran ejecutables, el principal ejemplo de esto es de que se programó la instalación de tabiquería prefabricada para la última

semana de Mayo, por lo que se compró todos los prefabricados, y finalmente no se podrán instalar debido a la incongruencia de planos, estas restricciones nos llevan a la improductividad ya que no solo estamos perdiendo tiempo, sino que al comprar los materiales anticipadamente también agotamos los recursos ya que necesitamos un acopio especial en obra para estos prefabricados que necesitan estar secos al momentos de instalar ya que la exigencia de SERVIU es de un 18% de humedad en las maderas por lo que hubo que comprar todos los materiales con doble secado, (lo que no estaba incluido en el presupuesto oficial), y mantenerlos lo más alejado del ambiente sobre todo en esta época de lluvia.

3.3. PRONÓSTICOS

Podemos determinar entonces, bajo los parámetros anteriores, que el proyecto no tendría los mejores resultados ya que está retrasado y tiene un sobre costo importante respecto a lo planificado. Para determinar el pronóstico del proyecto se hará un enfoque a la proyección de los esfuerzos que se deben realizar para que la conclusión del proyecto sea lo que se tenía programado.

- TCPI: Se calculará el índice de rendimiento del trabajo por completar, que da una idea de cómo debería evolucionar el proyecto para recuperarse de la situación actual para acabar según lo planificado:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$
$$\frac{6.964.261.786 - 1.080.261.974}{6.964.261.786 - 2.172.662.146} = 1.22$$

Este dato nos indica que debe ser un 22% más eficiente de lo que se está siendo actualmente al realizar un trabajo del proyecto con respecto a los costes para lograr terminar según lo planificado.

CAPITULO IV: APLICACIÓN METODOLOGÍA “LAST PLANER” A LA PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO “VALLE BUENOS AIRES”

4.1. INTRODUCCIÓN

Según lo descrito en el capítulo III, en base a los resultados desfavorables que está teniendo el proyecto de viviendas sociales “Valle Buenos Aires” debido a la planificación ineficiente, se ha desarrollado una nueva planificación para mejorar los rendimientos e incluir la metodología del Last Planner system, que fue descrita detalladamente en el punto 1.8

En este capítulo se describirá el proceso de aplicación del Last Planner system a la obra “Valle Buenos Aires” a contar del día 03 de Junio del 2019, siguiendo la misma línea base, pero se han reprogramado en conjunto con el equipo de trabajo, las actividades de tabiquería que definitivamente no se podrían ejecutar hasta tener respuesta de la calificación del nuevo plano con corrección, todo esto sin modificar el plazo de ejecución de 13 meses. Se verificará al final del capítulo si existe alguna mejora en la productividad de la obra.

4.1. PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN

El periodo de implementación del sistema comienza desde el día lunes 3 de junio del año 2019 hasta el final de la obra. El proyecto estuvo 30 semanas funcionando con planificación tradicional y quedarían 27 semanas para la utilización del Last Planner System.

4.2. REUNIÓN INFORMATIVA AL EQUIPO DE TRABAJO.

Para que el sistema tenga un buen desempeño será de vital importancia que todos los involucrados estén debidamente informados del funcionamiento de este sistema

Para esto se efectuó una reunión informativa el viernes 31 de mayo en donde participaron el Administrador, Jefe de oficina técnica, Control de calidad, Jefe de terreno, encargado de programación de obra, Jefe de bodega, Jefa de programación y yo. La descripción del funcionamiento fue sencilla, se explicó el proceso de cada etapa de planificación. Se dijo que actividad tenía restricciones y hubo que

focalizarse en realizar un seguimiento a cada una de estas para liberarlas para así permitir la ejecución de la actividad en la fecha que estaba programada.

4.3. DESARROLLO DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

Como se describe en el capítulo II la principal función de la planificación intermedia será adelantarnos a los problemas que se puedan generar al momento de ejecutar cualquier actividad. Para este proyecto se estableció en conjunto, un horizonte de trabajo de 4 semanas para la revisión de restricciones.

Luego se revisó el plan maestro para verificar cuales serían las restricciones de las siguientes 4 semanas y se presentó la siguiente planilla Excel para la revisión de restricciones:

Figura 31 Planilla revisión de restricciones

OBRA:	VALLE BUENOS AIRES, SANTA JUANA.	FECHAS		RESTRICCIONES							E J E C U T I V O ?	RESPONSABLES	
		I N I C I	T E R M I N O	CLARIDAD DE PROYECTO	CANCHA	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIOS Y HERRAMIENTAS	MAQUINARIA	SUBCONTRATO		C U C I Ó N	M I E N T O
	Es Ejecutable (2)												
	Posible Restricción (1)												
	No es Ejecutable con esta restricción (0)												
SEMANA	ACTIVIDADES DE EDIFICACIÓN												

Se enlistaran las actividades indicando su semana, fecha de inicio y fecha de término. Las restricciones estipuladas serán las siguientes

- Falta Mano de obra: Que no está la cantidad de personal suficiente
- Falta material: Que no estén los recursos de materiales correspondientes y en cantidad suficiente
- Falta equipo herramienta: Que no se tengan lo equipos necesarios.
- Falla del subcontrato: Que el subcontratista no cumple lo comprometido.
- falta de cancha: Que el terreno de trabajo no sea el óptimo para comenzar la actividad
- Claridad en el de proyecto : Que no esté toda la información requerida

Por consiguiente la columna de los responsables de ejecución y seguimiento de la actividad será muy importante para poder organizar al equipo de trabajo

En la columna ¿es ejecutable? Se calificará la actividad a realizar con las siguientes puntuaciones

- (1) Si la actividad es ejecutable, no tiene ninguna restricción
- (2) Si tendrá posibles restricciones, por ejemplo que alguna actividad dependa de la finalización de otra actividad, es decir que no la podemos predecir
- (3) Si tiene restricción, se debe liberar

El número esta formulado para que la celda arroje la figura correspondiente como se muestra en la planilla y así poder visualizar de forma dinámica las actividades.

Al finalizar la primera reunión que incluye la planificación Last Planner se determinaron los siguientes puntos importantes:

- Se identificaron inmediatamente las actividades con restricciones.
- Se llegó a la conclusión de que el punto más incidente de atraso de la obra es la partida de instalación de tabiques que aún no se puede ejecutar debido a la falta de aprobación de planos con correcciones, esta partida es de suma incidencia en el avance por lo que además de reprogramar las partidas se puso suma urgencia a este ítem.
- Se identificaron las tareas sin restricciones para continuar con el avance del proyecto

Para la revisión de estas restricciones se decidió fijar una reunión semanal los días jueves.

4.4. INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (I.T.E)

Una vez que están liberadas de restricciones las actividades pasan a la lista de Inventario de trabajo ejecutable, Para esta lista se deben contemplar las actividades de la planilla de revisión de restricciones que se observan en la columna con título “¿es ejecutable?”. Es aquí donde se cuantificarán dichas actividades y estas pasan directamente a la programación semanal.

4.5. PLANIFICACIÓN SEMANAL

Todos los días jueves se realizaría una reunión de planificación semanal en conjunto con los supervisores, se hace los días Jueves ya que a pesar de estar de acuerdo en las reuniones, los supervisores mayormente cambian de parecer en terreno por lo que se les da la oportunidad de verificar su “cancha” el día Viernes y objetar si es que fuese el caso. Las reuniones son bastantes productivas ya que al estar presentes todos los involucrados en el proyecto se hacen los comentarios precisos al tema en cuestión, se plantean los inconvenientes y al mismo tiempo las soluciones si las hubiere y todos quedan informados de la situación haciendo que el tiempo invertido sea muy productivo y provechoso.

En esta reunión se tratan los siguientes puntos

- Revisión del P.A.C. de la semana anterior
- Comentarios de los puntos pendientes
- Comentarios de las C.N.C.
- Distribución de las actividades a ejecutar de la semana siguiente
- Revisión de las restricciones en el horizonte de trabajo

4.6. INDICADORES A MEDIR:

Se tomaron los siguientes indicadores para verificar la evolución de la obra

- ✓ P.A.C. (Porcentaje de actividades completadas) Se medirán al final de cada semana y enviará un reporte de este semanalmente a todos los involucrados para que quede registro oficial de ello.
- ✓ C.N.C. (Causas de no cumplimiento) Al igual que el PAC se medirá semanalmente y se registrará por correo la entrega de esta información,
- ✓ P.A.C. de los supervisores, se medirá que porcentaje tiene cada uno y se hará una evaluación.
- ✓ Ritmos semanales por partida

4.7. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos desde la implementación del sistema Último planificador en la obra “Valle Buenos Aires”. Un resultado será del primer control, es decir la primera semana de implementación y por consiguiente se tomarán los resultados obtenidos de cada semana hasta la presente para observar la evolución de estas

4.7.1. PRIMER CONTROL

El primer control se realizó el día viernes 7 de Junio, donde la programación de actividades semanal fue la siguiente:

Tabla 3 Primer trisemanal de actividades

ITEM	PARTIDA	SUPERVISOR		IDENTIFICACION DE VIVIENDAS												
				LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		ADICIONAL		
1	TRAZADO Y NIVELES	JAIME YAÑEZ	Mz. Par	F 43	F 46	F 49	F 52	F 55	F 54	B 53	B 56	B 57	C 58			
2	EXCAVACIONES	JAIME YAÑEZ	Mz. Par	F 42	F 45	F 48	F 51	F 52	F 49	F 46	F 43	F 55	F 54	H 73	H 70	F 40
3	HORMIGÓN EMPLANTILLADO G5	JATHAN BURD	Mz. Par	E 24	E 33	F 39	B 41	B 44	B 47	B 50	H 61	H 64	H 67			
4	COLOCACIÓN ENFIERRADURA PILARES	JAIME YAÑEZ	Mz. Par	B 38		E 24	E 33	F 39	B 41	B 44	B 47	B 50	H 61			
5	RELLENO Y COMPACTACIÓN ENTRE CIMIENTOS e=50cm	JATHAN BURD	Mz. Par	E 30		B 37	E 35	E 36	H 52	H 55	H 58	B 38	E 24			
6	HORMIGÓN CIMIENTO G17 e=50cm	JATHAN BURD	Mz. Par	B 37	E 35	E 36	H 52	H 55	H 58	B 38	E 24	E 33	F 39			
7	EMPLANTILLADO SOBRECIMIENTO	JATHAN BURD	Mz. Par	E 30		B 37	E 35	E 36	H 52	H 55	H 58	B 38	E 24			
8	COLOCACIÓN ENFIERRADURA SOBRECIMIENTO	JAIME YAÑEZ	Mz. Par	E 27		E 30		B 37	E 35	E 36	H 52	H 55	H 58			
9	COLOCACIÓN MOLDAJE SOBRECIMIENTO	JAIME YAÑEZ	Mz. Par	H 49		E 27		E 30		B 37	E 35	E 36	H 52			
10	HORMIGÓN SOBRECIMIENTO G20 e=25cm	JATHAN BURD	Mz. Par	B 31	D 20	D 9	H 45	H 57	H 69	H 72	J 44	J 47	J 50			
11	DESCIMBRE MOLDAJE SOBRECIMIENTO	JAIME YAÑEZ	Mz. Par	B 22	D 19	G 31	H 54	B 31	D 20	D 9	H 45	H 57	H 69			
21	ALBAÑILERÍA 1° PISO	LUIS ZAPATA	Mz. Par	E 32	J 53	B 22	D 19	H 66	H 63	H 54	J 53	J 65	J 59			
23	COLOCACIÓN ENFIERRADURA CADENAS Y VIGAS	LUIS GODOY	Mz. Par	G 15	G 18	G 24	G 27	G 30	G 33	G 39	G 40	G 37	G 34			
24	COLOCACIÓN MOLDAJE PILARES Y CADENAS	LUIS GODOY	Mz. Par	D 17	D 18	G 15	G 18	G 24	G 27	G 30	G 33	G 39	G 40			
25	HORMIGÓN PILARES Y CADENAS G20	JATHAN BURD	Mz. Par					B 4								
26	DESCIMBRE MOLDAJE PILARES VIGAS Y CADENAS	LUIS GODOY	Mz. Par							B 4						

Para entender el formato las filas de letras son identificación de la manzana correspondiente y la fila de números es la identificación del número de la vivienda.

Por ejemplo en el ítem trazados y niveles están programados 10 pareos para esta semana, es decir 20 viviendas avanzando 4 diariamente.

PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS

A continuación se presentará la planilla de la primera medición de este indicado

													CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO							
SEMANA N°													FALTA M.O	FALTA MATERIAL	FALTA EQUIPO O HERRAMIENTA	FALLA SUBCONTRATO	MALE PLANIFICACIÓN	FALTA DE CANCHA	SIN RECEPCIÓN ITO	INDIFICIONES DE PROYECTO
FECHA		03-jun-19 08-jun-19																		
OBRA		SANTA JUANA-VALLE BUENOS AIRES																		
ITEM	PARTIDA	SUPERVISOR	PROG. SEMANA	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	TOTAL	PAC									
1	TRAZADO Y NIVELES	JAIME YAÑEZ	Programado	4	4	4	4	4	0	20	70%	0								
			Real	4	4		4	2		14										
2	EXCAVACIONES	JAIME YAÑEZ	Programado	4	4	4	4	4	0	20	110%	1								
			Real	4	4	4	4		6	22										
3	HORMIGÓN EMPLANTILLADO G5	JONATHAN BI	Programado	4	4	4	4	4	0	20	0%	0								
			Real							0										
4	COLOCACIÓN ENFIERRADURA PILARES	JAIME YAÑEZ	Programado	2	4	4	4	4	0	18	0%	0								
			Real							0										
5	RELLENO Y COMPACTACIÓN ENTRE CIMIENTOS e=50cm	JONATHAN BI	Programado	2	4	4	4	4	0	18	0%	0								
			Real							0										
6	HORMIGÓN CIMIENTO G17 e=50cm	JONATHAN BI	Programado	4	4	4	4	4	0	20	30%	0								
			Real	2	4					6										
7	EMPLANTILLADO SOBRECIMIENTO	JONATHAN BI	Programado	2	4	4	4	4	0	18	11%	0	X							
			Real	2						2										
8	COLOCACIÓN ENFIERRADURA SOBRECIMIENTO	JAIME YAÑEZ	Programado	2	2	4	4	4	0	16	13%	0	X							
			Real	2						2										
9	COLOCACIÓN MOLDAJE SOBRECIMIENTO	JAIME YAÑEZ	Programado	2	2	2	4	4	0	14	14%	0	X							
			Real	2						2										
10	HORMIGÓN SOBRECIMIENTO G20 e=25cm	JONATHAN BI	Programado	4	4	4	4	4	0	20	30%	0	X							
			Real		2			4		6										
11	DESCIMBRE MOLDAJE SOBRECIMIENTO	JAIME YAÑEZ	Programado	4	4	4	4	4	0	20	20%	0	X							
			Real	2	2					4										
21	ALBAÑILERÍA 1º PISO	LUIS ZAPATA	Programado	4	4	4	4	4	0	20	0%	0		X						
			Real							0										
23	COLOCACIÓN ENFIERRADURA CADENAS Y VIGAS	LUIS GODOY	Programado	6	4	6	4	6	0	26	42%	0			X					
			Real	3	2	6				11										
24	COLOCACIÓN MOLDAJE PILARES Y CADENAS	LUIS GODOY	Programado	6	6	4	6	4	0	26	0%	0			X					
			Real							0										
25	HORMIGÓN PILARES Y CADENAS G20	JONATHAN BI	Programado	0	0	2	0	0	0	2	100%	1								
			Real			2				2										
26	DESCIMBRE MOLDAJE PILARES VIGAS Y CADENAS	LUIS GODOY	Programado	0	0	0	2	0	0	2	100%	1								
			Real				2			2										
												cumplidas	3							
												programadas	16							
												PAC	19%							

Como se explica en el punto 1.9.4. Si la actividad se encuentra realizada completamente se le asigna un 1 y si la actividad no se encuentra terminada según lo programado se le asigna un 0.

Las actividades a programadas fueron 16 de las cuales solo se completaron 3 al 100% por lo que el P.A.C. de esta semana se calculó de siguiente manera

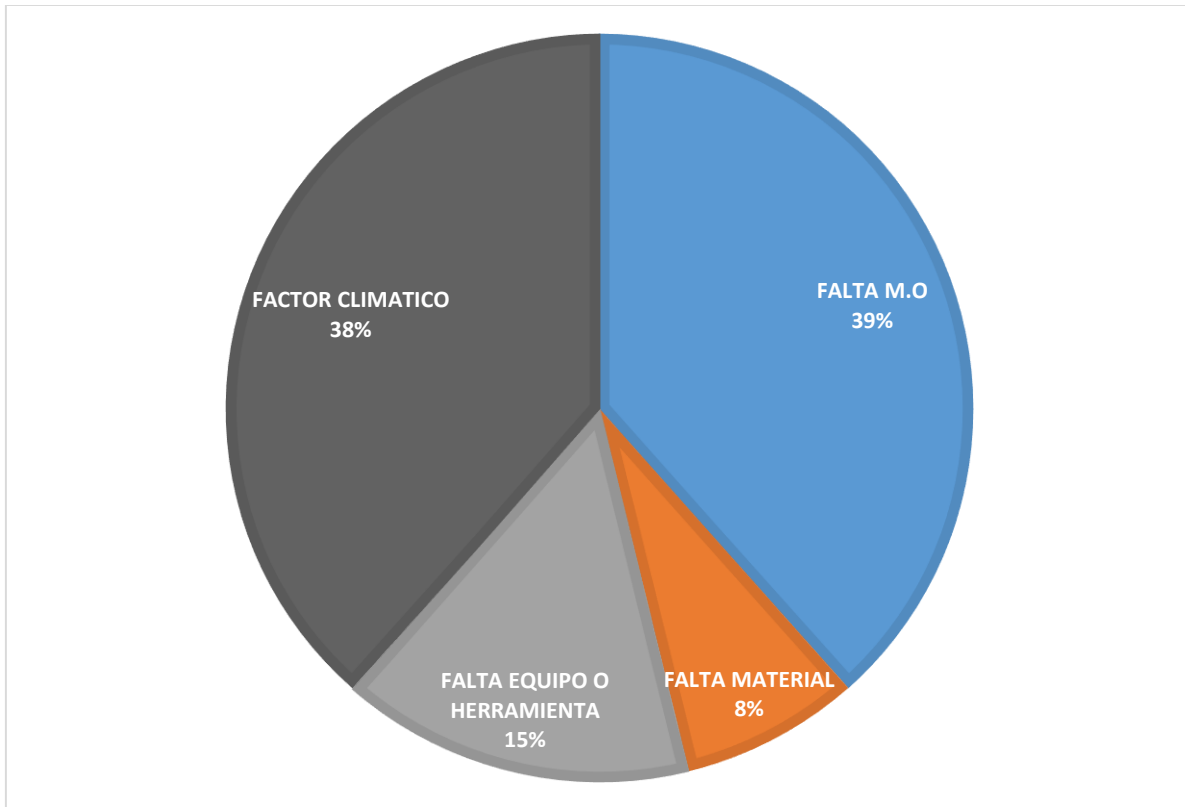
$$P.A.C, semana 30 = \frac{3}{16} = 0.19 \approx 19$$

La principal causa de este bajo porcentaje se le atribuye a las lluvias durante esa semana, un factor totalmente externo

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

Además podemos observar un gráfico con las C.N.C. de esta semana

Gráfico 13 C.N.C. primer control



Como se describe en el punto 1.9.4. Las restricciones por no cumplimiento pueden ser de origen interno o externo

Se puede apreciar que el 38% de las C.N.C. fue por lluvias es decir causas “externas”, las C.N.C que pueden haberse previsto, es decir las “internas” fueron

- ✓ Falta de mano de obra: se lleva el 39% de las C.N.C. esto debido a que los tratos de las partidas se estaban pagando a un muy bajo precio, aún más bajo de lo presupuestado. Por lo que las personas no querían trabajar por tan poco
- ✓ Falta de material: al ejecutar la albañilería no habían materiales para el mortero de pega
- ✓ Falta de equipo: Fue por falta de andamios en obra

PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE SUPERVISORES

Se ha determinado la evaluación de cada supervisor en terreno para medir cómo va el cumplimiento de las tareas que tienen asignadas de cada uno.

Para calcular este porcentaje se han sumado la cantidad de actividades programadas de las que es responsable el supervisor evaluado, y se suman también las actividades realizadas, el cociente entre las programadas dividido por las realizadas no entregarán el porcentaje de actividades completadas por supervisor.

$$\text{Para supervisor 1 : } \frac{x \text{ actividades programadas}}{x \text{ actividades realizadas}} = \text{PAC supervisor}$$

A continuación se observará la planilla realizada en esta semana

SEMANA N°	FECHAS		N°ACTIVIDADES		PPC	LUIS GODOY			JAIME YAÑEZ			JONATHAN BURDILES		
	INICIO	TÉRMINO	PROGRAMADO	REAL	% CUMPLIMIENTO	P	R	%	P	R	%	P	R	%
30	03-06-2019	08-06-2019	280	73	26%	54	13	24%	108	44	41%	98	16	16%

Una vez obtenidos los porcentajes de evaluación de los supervisores, se pudo observar quien específicamente quien está cumpliendo las metas y quién no. Este dato fue de suma importancia para la implementación de esta metodología ya que son los supervisores los encargados de cumplir con los avances comprometidos y se ve reflejado el compromiso que tuvo cada uno. Fue necesario que en las siguientes reuniones se recalcará este concepto sobre todo a los supervisores menos cumplidores.

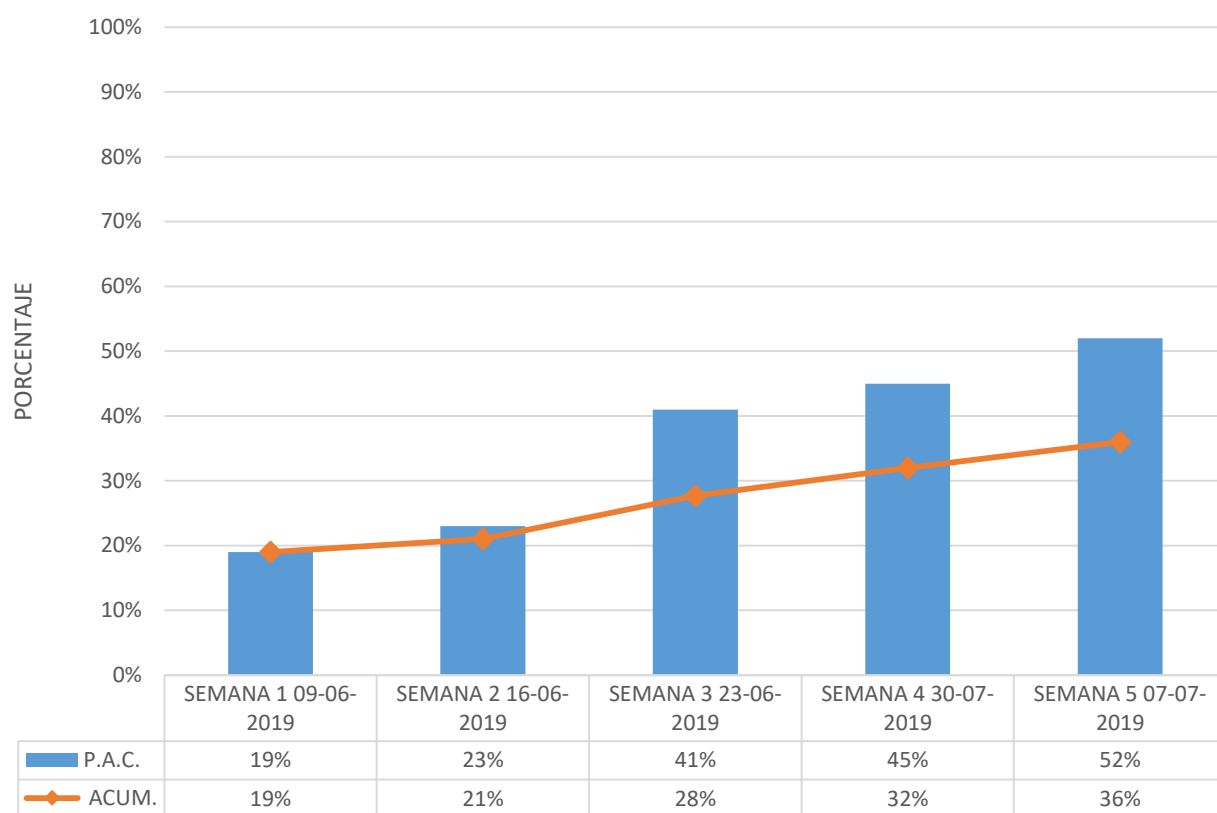
4.7.2. EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

El sistema Last planner comenzó a implementarse la primera semana de Junio, hasta la presente en total han sido 5 semanas que ha durado el proceso.

Se ha realizado un análisis de los indicadores de forma global para estudiar el desarrollo del proceso:

TENDENCIA P.A.C

Gráfico 14 Tendencia P.A.C. semanal



EL P.A.C. se tomó al finalizar cada semana, el promedio de estas 5 semanas medidas fue de un 36% de las cuales los primeros dos controles fueron las peores evaluaciones debido al periodo de adaptación.

TENDENCIA C.N.C

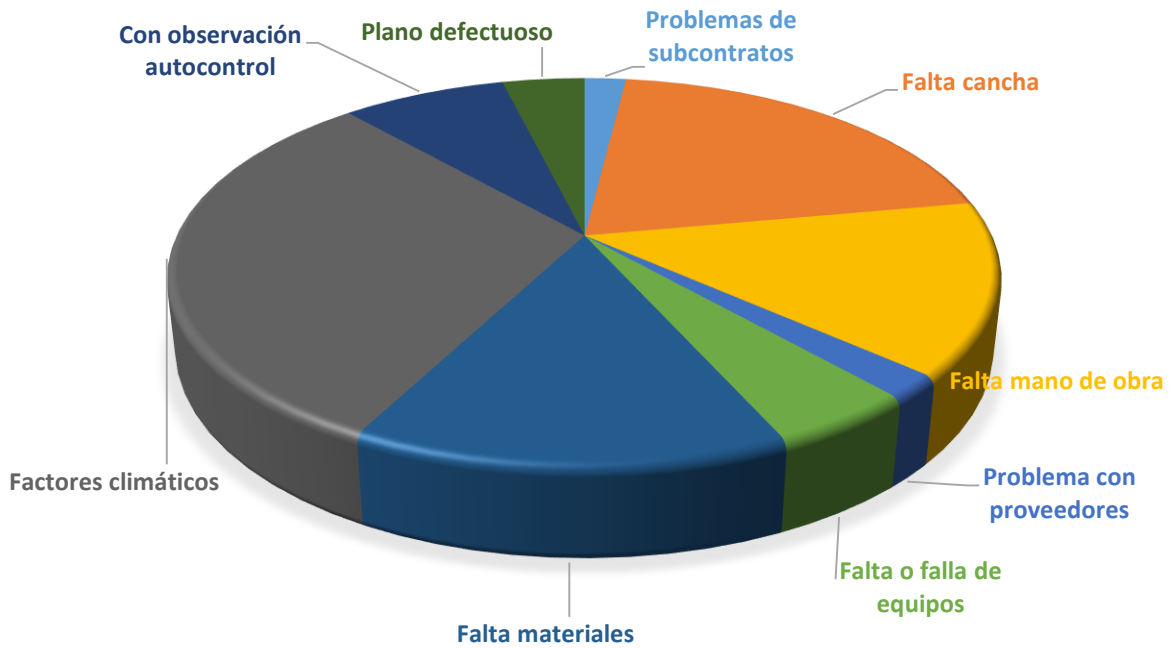
Como ya se ha mencionado, las causas de no cumplimiento se pueden clasificar como internas o externas, se ha detectado cuales fueron las C.N.C. predominantes en este periodo y se sumaron para verificar cual es la más frecuente con el fin de tomar acciones al respecto

Tabla 4 Frecuencia C.N.C

CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO	ORIGEN	FRECUENCIA	%
Problemas de subcontratos	externo	2	1,79%
Falta cancha	interno	21	18,75%
Sin claridad de proyecto	externo	0	0,00%
Falta mano de obra	interno	15	22,32%
Problema con proveedores	externo	2	1,79%
Falta o falla de equipos	interno	5	3,57%
Falta materiales	interno	15	13,39%
Mala ejecución (rehacer)	interno	0	0,89%
Factores climáticos	externo	32	28,57%
Cambio de prioridades	interno	0	0,89%
Con observación autocontrol	interno	8	7,14%
Plano defectuoso	externo	4	0,89%
		112	100,00%

A continuación se observará un gráfico para analizar dinámicamente la frecuencia de las causas de no cumplimiento:

Gráfico 15 Frecuencia C.N.C.



Como podemos observar de un total de 104 Causas observadas en estas 5 semanas, la mayoría de estas son por factores climáticos con un 29%, debido a la fecha y el lugar donde está ubicado el proyecto existe bastante probabilidad de lluvia.

4.8. PLAN DE MEJORA

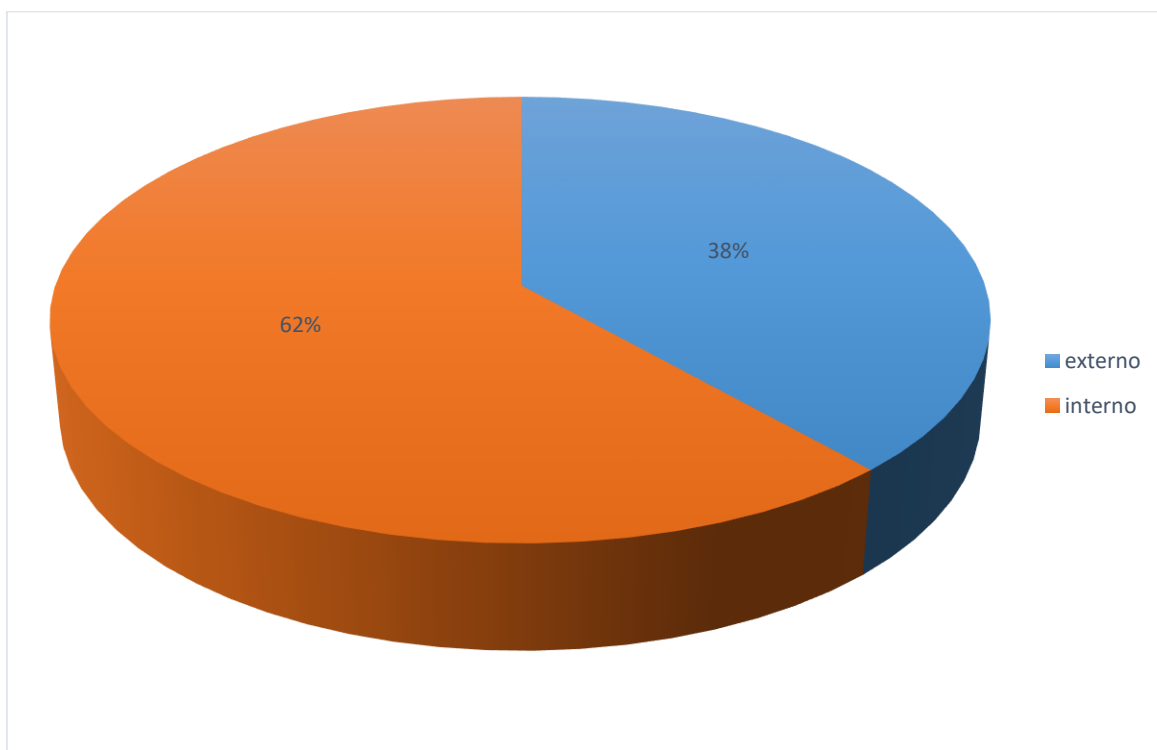
Es necesario definir el plan de mejora como un conjunto de acciones propuestas para mejorar algún servicio reduciendo los problemas identificados.

Para lograr desarrollar un adecuado plan de mejora primeramente es necesario plantearse las siguientes preguntas: ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Por qué?, ¿Quiénes?, ¿Cuándo? Y ¿Cuánto?, Estas preguntas nos servirán de manera indirecta para la elaboración de un plan de trabajo correctivo.

Para este plan se realizó un análisis de las causas de no cumplimiento que es la principal herramienta que tenemos para el comienzo de la elaboración de este plan. Así se llegó a confeccionar un diagnostico que se fue desarrollando a medida que fue evolucionando la implementación del sistema “Last Planner” donde se clasificó cada causa asignándole un origen.

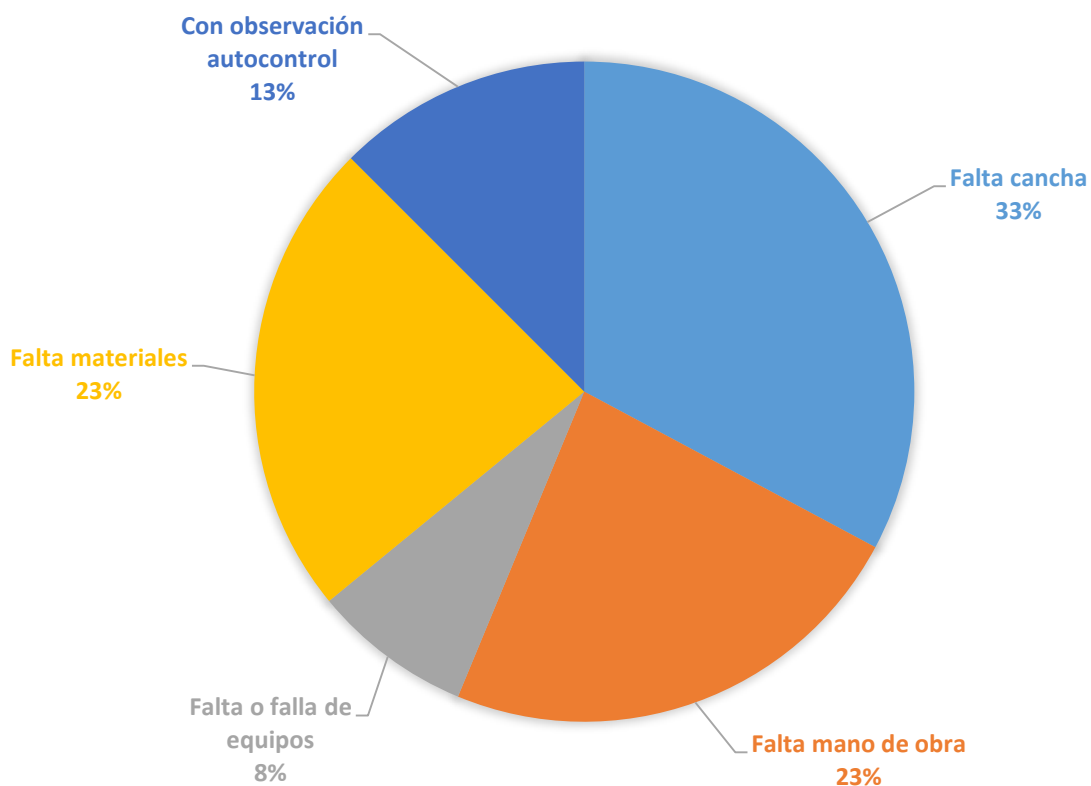
A continuación se mostrará un gráfico con la clasificación de origen de las C.N.C. internas y externas:

Gráfico 16 Origen C.N.C.



Nos damos cuenta entonces que, no todas las restricciones pueden ser de nuestra solución, pero si se calculó que el 62% de estas causas si están bajo el control de la empresa, por lo que se ha acotado esta investigación en buscar las soluciones de las causas internas que restringen las actividades frecuentemente, el resto son causas no controlables por la administración y que son inherentes a la incertidumbre del proyecto.

Gráfico 17 Frecuencia C.N.C. internas



4.9. ANALISIS CAUSA-RAÍZ

Una causa-raíz es la causa inicial de una cadena de causas que llevan a un efecto de interés, antes de determinar cualquier acción correctiva para las actividades incumplidas, es necesario tener en claro cuál es la causa donde se origina el problema. Para ello se ha utilizado el método de los 5 porqués, donde nos preguntamos todas las veces que sea necesario porque se efectúa cada una de las causas de no cumplimiento, hasta llegar a la síntesis de la problemática:

Causa n°1: Falta de cancha:

¿Porque existe falta de cancha?

R: Porque los supervisores han necesitado llegar a una partida y no han tenido campo para trabajar por alguna partida anterior que no se ha terminado

¿Porque no se ha terminado la partida anterior?

R: Porque se sobreestimaron los ritmos de rendimientos de la partida anterior

¿Porque se sobrestimaron los ritmos de rendimientos?

R: La estimación de los rendimientos no es verídica, debido a que la planificación se hace en base a la experiencia del programador y no en conjunto con los supervisores

¿Por qué no se hace la reunión con los supervisores?

R: Porque a los supervisores solo se les informaban las metas a cumplir.

La principal CNC nos indica de las malas asignaciones de calidad que se realizaron, pues el no ejecutar la cantidad programada de una actividad o no tener cancha para realizarla es responsabilidad del planificador y no se puede culpar a causas externas, ya que se determinó programar actividades que no se podían ejecutar

Causa n°2: Falta de mano de obra

¿Por qué hay falta de mano de obra?

R: Porque los trabajadores contratados se están emigrando de la obra

¿Por qué los trabajadores están migrando de su trabajo?

R: Porque les están pagando a muy bajo costo las actividades

¿Por qué están pagando tan poco?

R: Por orden de gerencia, se instruyó bajar precio de los tratos ya que el presupuesto está ajustado

En esta restricción se analizó que el principal problema era que los pagos de los tratos de cada partida estaban siendo muy bajos, incluso más bajos que lo presupuestado, por lo que los trabajadores no querían realizar el trabajo.

Causa n°3: Falta de materiales

¿Por qué hay falta de materiales?

R: Porque los materiales no se solicitan en el periodo que corresponde a la solicitud de materiales

¿Por qué no se solicitan los materiales cuando corresponde?

R: Porque a veces no se prevé que se necesita cierta cantidad de material que se necesita urgente y este no llega a tiempo.

¿Por qué no llega el material urgente a tiempo?

R: Porque el protocolo para solicitar los materiales es largo, ya que hay que pedir visto bueno a los tres jefes de la constructora, y por lo general no están presentes cuando se requiere

Para este caso se investigó que la falta de materiales en obra tenía bastantes responsables puesto que, aunque el material se solicitara con anticipación la llegada de este era principalmente estancada en la aprobación de la compra desde la oficina central, jefatura es quien aprueba todas las compras por lo que solicitan una extensa

información para la aprobación y también debido a que no se encuentran constantemente en oficina.

Causa n°4: Observación de autocontrol

¿Por qué están pendientes las observaciones del autocontrol?

R: Porque No se le ha dado la importancia necesaria a estas observaciones.

¿Por qué no se les da importancia a las observaciones del autocontrol?

R: Porque son problemas que dejan siempre para el final

¿Por qué lo dejan para el final?

R: Porque son de observación propia y no del Inspector técnico

Las observaciones que deja el encargado de autocontrol son de suma importancia puesto es quien debe verificar que la mayoría de las entregas estén en las mejores condiciones para no ser rechazadas por el mandante. En este caso habían bastantes observaciones que se quedaban atrás puesto que no se le estaban dando la prioridad necesaria.

Causa n°5: Falta de equipos

¿Por qué hay falta de equipos?

R: Porque existe una importante cantidad faltante de andamios

¿Por qué faltan los andamios?

R: Porque se solicitaron muy pocos

¿Por qué se solicitaron menos?

R: Porque no se analizó adecuadamente cuantos andamios se ocuparían

Esta causa se dio principalmente por la falta de andamios en las viviendas, debido a que si bien se solicitaron andamios previamente a realizar la actividad, estos no fueron suficientes

4.10. APLICACIÓN PLAN CORRECTIVO

Para aplicar un plan de mejora fue necesario sintetizar las acciones correctivas para comprender exactamente cuál será la acción específica que nos permitirá mejorar la problemática anteriormente mencionada siguiendo los siguientes pasos:

- Definición de los objetivos
- Definición de metas
- Determinación de acciones correctivas
- Asignación de las responsabilidades

Tabla 5 Plan de mejoras

N°	Objetivo	Meta	Acción	Responsable
1	Mejorar la estimación de rendimientos	Que no se produzca la falta de cancha	Mejora en la estimación del ritmo semanal con una ecuación establecida y verídica, realizándose en conjunto con los supervisores para fijar compromiso	Programador supervisores
2	Disponer de la mano de obra suficiente para efectuar actividades	Que no exista falta de mano de obra	Aumentar los pagos de los tratos ofreciendo incentivos a los trabajadores por cumplimiento de plazos.	Supervisores y gerencia
3	Disponer de los recursos suficientes para efectuar las actividades	Que no falten materiales	Mejoramiento en la gestión de adquisición de materiales	Bodega, supervisores, adquisiciones y gerencia
4	Mejorar la liberación de observaciones	Que no se queden observaciones de autocontrol	Priorizar observaciones del autocontrol	Autocontrol, control de calidad
5	Disponer de los equipos y andamios necesarios para efectuar las actividades	Que no falten andamios	Realizar una planificación y modulación anticipada	Oficina técnica, programador

Descripción plan de mejora:

1. Falta de cancha:

- Acción correctiva: mejoramiento del cálculo del ritmo semanal

Primeramente se realizó un análisis con los ritmos que efectivamente debían cumplirse para alcanzar las metas, acción que anteriormente no se realizaba ya que solo se planificaba en base a la intuición del programador encargado. Todo esto además nos permitirá cuantificar la proporción de mano de obra que se necesitará en cada partida y así no cometer errores en la programación semanal

A continuación veremos un ejemplo del cálculo del ritmo de cada partida:

Trazados y niveles = Viviendas restantes (38) / días restantes (24)

$$\text{Ritmo semanal} = \frac{\text{viviendas restantes}}{\text{días restantes}} * 5 \text{ dias} = \frac{38}{24} * 5 = 7,9 \cong 8 \text{ viv/día}$$

Entonces para el ítem de trazados y niveles se necesitará hacer 8 viviendas a la semana para concluir con la fecha estimada.

2. Falta de mano de obra:

- Acción correctiva: Mejoramiento de los tratos

Se tomó la decisión de no seguir bajando el valor de los tratos, muy por el contrario se instruyó a los supervisores incentivar a los trabajadores pagando bonos con lo que restaba si llegaban a las metas propuestas.

3. Falta de materiales:

- Acción correctiva: Mejoramiento en la gestión de adquisiciones

Si bien jefatura no permitió que obra se responsabilizara por la compra de materiales, se permitió la delegación a una persona de confianza que se encargara solo de verificar todas las compras para su aprobación.

4. Observación de autocontrol:

- Acción correctiva : Priorizar observaciones

La solución es más bien sencilla, puesto que solo hubo que poner mayor énfasis a estas observaciones.

5. Falta de equipos:

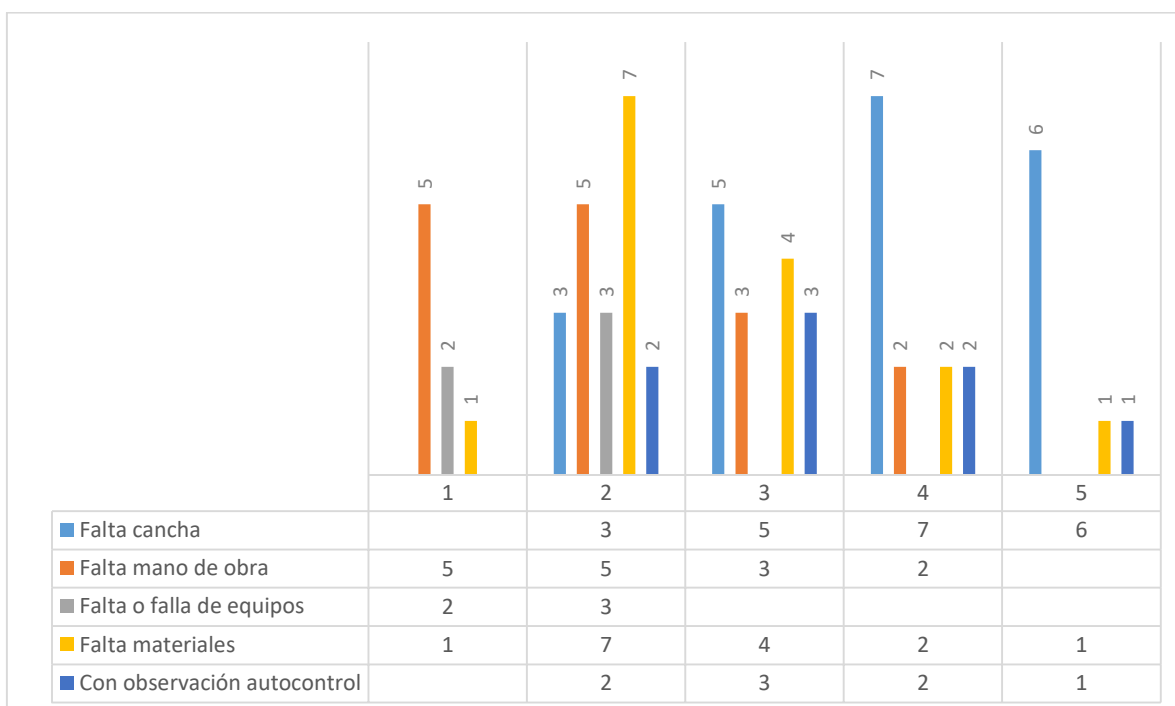
- Acción correctiva : _mejorar la revisión de restricciones

Para esta solución se les instruyó a los supervisores una mejor visualización de los andamios que solicitarían en obra.

EVOLUCIÓN DE LAS C.N.C

A continuación se ha confeccionado un gráfico para observar la evolución de estas C.N.C.

Gráfico 18 Evolución C.N.C. Internas



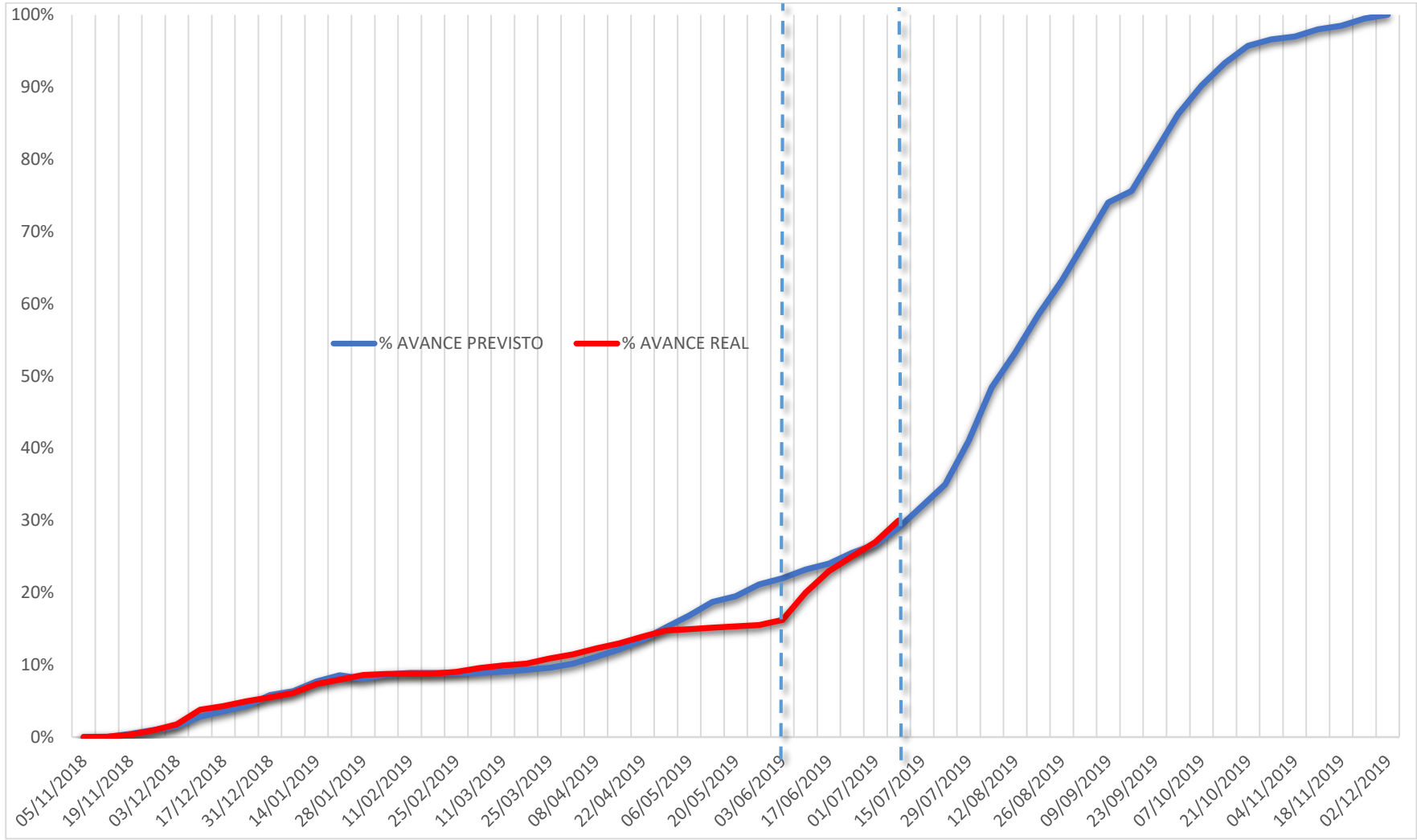
Podemos observar que las restricciones a medida que fueron pasando las semanas fueron disminuyendo según las medidas correctivas anteriormente mencionadas.

De forma evidente el sistema requiere que se sigan tomando medidas correctivas a medida que van surgiendo restricciones.

ANALISIS CURVA S

Para visualizar si las medidas correctivas han tenido algún efecto positivo en el avance global del proyecto a continuación se presentará la última curva S con los avances reales:

Gráfico 19 Avance Proyecto



Podemos observar que el proyecto retomó una ascendencia positiva en el avance real, a esta semana el avance real está un 1% sobre la programación prevista, este efecto también se produjo debido a la reprogramación de la partida de tabiques que comenzarían a instalarse la última semana de Julio, donde se deberá tener la máxima capacidad para alcanzar las metas.

4.11. MEDICION DEL VALOR GANADO

Además del avance físico necesitamos hacer una nueva medición del valor ganado del proyecto para visualizar en qué condiciones se encuentra y comparar con la medición del proyecto del punto 3.2. Medida antes de la implementación del Last Planner System:

Tabla 6 Medición valor ganado

CLASIFICACION	INDICE	CONTROL		Resultado
		31-05-2019	07-07-2019	
DATOS	EV	\$ 1.080.261.974	\$2.089.200.585	
	PV	\$ 1.471.902.890	\$2.019.560.565	
	AC	\$ 2.172.662.146	\$2.404.479.523	
VARIACIONES	CV	\$-1.092.400.172	\$ -315.278.938	Un CV negativo indica que el proyecto está cayendo en un sobre costo.
	SV	\$ -391.640.916	\$ 69.640.019	Un SV negativo indica que el proyecto está retrasado.
INDICES DE RENDIMIENTO	CPI	0,5	0,9	El CPI menor que 1 indica que el proyecto tiene un sobre costo.
	SPI	0,7	1	Un SPI menor que 1 indica que el proyecto está retrasado.

Podemos observar entonces que el proyecto ha mejorado bastante, puesto que la medición nos indica que el proyecto aún tiene un sobre costo pero es mucho menor de lo que se tenía anteriormente ya que los gastos (AC) no han sido grandes, no así el avance que si ha tenido un considerable aumento lo que se ve reflejado en los resultados de esta medición.

CONCLUSIONES

El Last Planner System es una herramienta de planificación que tiene como objetivo principal reducir o eliminar la incertidumbre en la elaboración de una programación basándose en la metodología japonesa Lean, Es de suma importancia tomar total conocimiento de esta metodología recopilando toda la información que nos aportan los libros y las instituciones para entender el trasfondo de la mejora continua. Incluso hay personas que llevan esta teoría como un estilo de vida que permite tener el mayor control y cumplimiento de las metas que se propongan.

La mayor diferencia que podemos concluir que existe entre la metodología tradicional y la metodología Last Planner es que la tradicional no se basa en una planificación preventiva, es más bien una metodología que reacciona al momento de enfrentar la situación o el problema, en cambio el sistema Last Planner intenta que el problema no ocurra determinando con antelación cuales pueden ser las restricciones que eviten que se desarrolle cada actividad.

Teniendo en claro lo anterior, se concluyó en el presente trabajo que igual existe una importante desventaja del LPS y es que es muy difícil implementar esta metodología, sobre todo a un proyecto que ya está en ejecución y planificándose tradicionalmente debido a que es muy difícil cambiar la mentalidad de un equipo entero de trabajo que tiene el hábito de hacer las cosas tradicionalmente y llegar a demostrar que finalmente todos los pasos adicionales son de suma importancia para las mejoras que se pueden lograr. Es por esta razón que el sistema tuvo que emplearse de forma gradual y debido a esto los resultados arrojados fueron ascendiendo pero lentamente.

Entendemos entonces que esta desventaja no está dentro de lo que calificaríamos como un inconveniente del sistema en sí, ya que la problemática principal la producen las personas involucradas, que sienten primeramente que se les impone un nuevo sistema de trabajo y lo visualizan como una carga laboral más, debido a que efectivamente es un paso agregado, pero finalmente cuando se empiezan a ver los resultados es cuando se dan cuenta del valor que les otorga a cada uno de los

trabajadores ya que estandariza todas las cargas laborales por igual, adquiriendo ya no una responsabilidad si no que un compromiso.

Además existe también una desventaja propia del sistema y es que efectivamente el sistema cumple con el objetivo que es disminuir la incertidumbre y los resultados empiezan a mejorar a medida que se va desarrollando el proyecto, esto si se implementa adecuadamente. Las Causas de no cumplimiento en este trabajo fueron un ejemplo de esto, ya que nos arrojaron inmediatamente donde se producía la raíz del problema, pero el inconveniente principal de este proyecto escapo de lo que se podía controlar internamente ya que se generó externamente con el proveedor de los tabiques prefabricados que entregó una estructura diferente a la del plano.

Se concluyó que el planificador no puede prever que ocurran este tipo de situaciones, pero si podemos generar estadísticas que nos puedan informar en una próxima contratación cómo se comportó cada proveedor o subcontrato en el pasado y se le pueda otorgar también un porcentaje de cumplimiento a cada uno, es algo en lo que la empresa comenzará a trabajar para seguir obteniendo mejoras.

Otra conclusión importante es referida al indicador Porcentaje de Actividades completadas (PAC) que refleja un estándar de cumplimiento que apunta solo a la semana en cuestión, no necesariamente refleja el avance físico del proyecto, ya que los resultados del PAC no fueron mayores al 36% sin embargo el avance físico si fue mejorando, no fueron resultados brillantes pero se logró el objetivo.

Finalmente la aplicación de las prácticas Lean en una construcción de viviendas sociales planificada tradicionalmente para intercambiar al sistema Last Planner dio resultados efectivos y logra la eficiencia del trabajo que nos previene de los errores que podamos cometer a pesar de las desventajas que este pueda tener.

BIBLIOGRAFÍA

Productividad total de factores, Hernán Solminihaq, 2017

Aplicaciones Lean a proyectos inmobiliarios de vivienda, Pablo Orihuela

La máquina que cambió al mundo James P. Womack Daniel T. Jones Daniel Roos

The Last planner system of production control, Herman Glenn Ballard, 2000.

Guía de mejoramiento continuo, Luis Fernando Botero, 2004.

Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción, Luis Fernando Botero, 2003

Desarrollando una agenda para impulsar la productividad de Chile Diagnóstico Macro, Presentación a la Comisión de productividad de CPC, 2015.

Informe anual 2018, Comisión Nacional de Productividad, 2018

Introducción a Lean Construction, Juan Felipe Pons Achell, 2014

Application of the new philosophy to construction, Koskela Lauri, 1992

Las claves del éxito de Toyota, Jeffrey Liker

Estudios económicos estadísticos, Banco central de Chile.

Productividad total de factores del sector construcción en Chile 1986-2015, Byron J. Idrovo Aguirre.

LINKOGRAFÍA

<https://programadorprimavera.com/>

<https://www.bcentral.cl/>

<http://www.leanconstructionenterprise.com/>