



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

**TÍTULO: MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN Y
CONTROL EN LAS OBRAS CIVILES CON EL MÉTODO
LAST PLANNER SYSTEM.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO
REQUISITO PREVIO A OPTAR EL GRADO DE
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:
DIEGO MARTÍNEZ CEDEÑO**

**TUTOR:
ING. ANDRÉS CEDEÑO, MCM**

SAMBORONDÓN, MAYO, 2019

CERTIFICACION FINAL DE APROBACION DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante **Diego Roberto Martínez Cedeño** que cursa en la Escuela de Ingeniería Civil, dictado en la Facultad de Arquitectura e Ingeniería civil de la UEES.

CERTIFICO:

Que he revisado el trabajo de tesis con el título: **MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACION Y CONTROL EN LAS OBRAS CIVILES CON EL METODO LAST PLANNER SYSTEM**, presentado por el estudiante **Diego Roberto Martínez Cedeño** con cedula de ciudadanía N °. 0925364218, como requisito previo para optar el Grado Académico de Ingeniería Civil, y considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos los requisitos y méritos suficientes necesarios de carácter académico y científico, para presentarse a la Defensa Final.

Tutor: Ing. Andrés Cedeño, Mcm

Samborondón, mayo de 2019

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Ing. John Martínez e Ing. Sofía Cedeño y mi ángel de cuatro patas que desde el cielo me cuida, por ustedes y para ustedes todo.

AGRADECIMIENTO

Con infinita alegría y gratitud principalmente a mi padre por ser mi ejemplo a seguir y por darme la inspiración para poder realizar el presente trabajo, a mi madre por darme el apoyo necesario cuando fue requerido. Agradezco al Ing. Urbano Caicedo por su apoyo brindado a lo largo de mis años como estudiante de pregrado, de igual forma, agradezco a todos los profesores formaron parte de mi etapa universitaria.

Índice de Contenido

1. Introducción	1
1.1 Formulación del problema	5
1.2 Objetivos de la investigación.....	6
1.3 Justificación	6
2. Marco teórico.....	8
3. Metodología	20
4. Resultados	26
4.1 Evaluación de la planificación existente del proyecto.....	26
4.2 Reunión de Conocimiento del Grupo de Trabajo	38
4.3 Desarrollo de la Planificación Intermedia (P.I.)	38
4.4 Indicadores a Medir	39
4.5 Periodo de implementación del sistema	41
4.6 Análisis de Restricciones	41
4.7 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.....	44
4.8 Entrega de la Planificación Semanal.....	46
4.9 Resultados de la Implementación	52
4.10 Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)	53
4.11 Mediciones de Productividad.....	64
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	68
Bibliografía	71

Índice de Tablas

Tabla 1 Ejemplo de programación de plan maestro	15
Tabla 2 Ejemplo de programación semanal y análisis de restricciones.....	16
Tabla 3 Planificación estructuras	27
Tabla 4 Planificación albañilería	29
Tabla 5 Planificación Estructura Metálica.....	32
Tabla 6 Planificación Cubierta	33
Tabla 7 Planificación Instalación Eléctrica	33
Tabla 8 Planificación Instalación Sanitaria	34
Tabla 9 Planificación Carpintería.....	36
Tabla 10 Planificación Aluminio y Vidrio	36
Tabla 11 Planificación Revestimiento.....	36
Tabla 12 Análisis de Restricciones	42
Tabla 13 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.....	44
Tabla 14 Entrega de la Planificación Semanal	47
Tabla 15 Primer Control: PAC a mitad de la programación semanal.....	53
Tabla 16 Causas de no Cumplimiento detectadas	56
Tabla 17 Causas de no Cumplimiento detectadas	58
Tabla 18 PAC Inicio de Semana	61
Tabla 19 PAC Fin de Semana	63

Índice de Figuras

Figura 1. Planificación tradicional.	10
Figura 2. Planificación bajo el criterio Last Planner System.....	11
Figura 3. Interrelación de actividades planificadas	12
Figura 4. Principios de la programación en cascada.....	13
Figura 5. Comparación planificación estructuras	28
Figura 6. Comparación planificación albañilería	31
Figura 7. Comparación planificación estructura metálica	32
Figura 8. Comparación planificación instalación sanitaria.....	35
Figura 9. Comparación planificación estructuras	37
Figura 10. Plan Única.....	49
Figura 11. Fachada frontal y lateral.....	50
Figura 12. Plano general.....	51
Figura 13. Corte A y B.....	52
Figura 14. Causas de no Cumplimiento detectadas	57
Figura 15. Causas de no Cumplimiento detectadas	59
Figura 16. CNC internas y externas primer control.....	60
Figura 17. PAC inicio de semana	62
Figura 18. PAC fin de semana.....	63
Figura 19. Distribución de trabajo aplicadores de cerámica.....	65
Figura 20. Distribución de trabajo pilaretes de cerramiento.....	65
Figura 21. Distribución de trabajo muros de cerramiento	66

Resumen

Last Planner System (LPS) es una metodología de construcción creada por Ballard y Howell en 1990 con la finalidad de planificar y controlar los proyectos de construcciones civiles de manera eficiente, asociando tres fases fundamentales siendo estas: el se debe, el se puede y el se hará.

LPS introduce conceptos innovadores para poder realizar una planificación detallada llevando de lo general a lo específico a través de un análisis de cada una de las actividades que conforman un proyecto de construcción, cada fase se realiza un análisis previo requerido para poder conocer si una determinada actividad es posible de realizar conforme sea requerido.

Para el respectivo control de obra se implementan herramientas innovadoras como el Porcentaje de Actividades Completas y en caso de no cumplir con lo planificado se encuentran las Causas de NO cumplimiento

Los conceptos de LPS fueron aplicados a una vivienda representativa de viviendas de interés social localizadas en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. La implementación de la metodología LPS se implementó tanto en la planificación como en el control de las actividades, pasando por cada una de las etapas LPS e implementado el PAC con sus respectivos CNC. Además, se llevó a cabo una medición de productividad con la finalidad catalogar la calidad de los trabajos realizados.

Abstract

Last Planner System (LPS) is a construction methodology created by Ballard and Howell in 1990 with the purpose of planning and controlling the civil construction projects in an efficient way, associating three fundamental phases being these: the must, the can and the It will be done.

LPS introduces innovative concepts to be able to carry out a detailed planning taking from the general to the specific through an analysis of each of the activities that make up a construction project, each phase is carried out a previous analysis required to be able to know if a certain activity It is possible to perform as required.

For the respective work control, innovative tools are implemented, such as the Percentage of Complete Activities, and in case of not complying with the plan, there are the Causes of NO compliance

The concepts of LPS were applied to a housing representative of low-income housing located in the city of Guayaquil, Ecuador. The implementation of the LPS methodology was implemented both in the planning and in the control of the activities, going through each of the LPS stages and implementing the PAC with their respective CNC. In addition, a productivity measurement was carried out in order to catalog the quality of the work carried out.

1. Introducción

La industria de la construcción es un sector muy importante en la economía del país, sin embargo, presenta problemas bien conocidos en el medio como: baja productividad, mala calidad del producto, retrasos en los tiempos establecidos y pérdidas económicas.

El desarrollo del sector de la construcción es directamente influenciado por la mejora de la calidad en los procesos constructivos de un determinado proyecto (Román, 2015).

El paso del tiempo ha obligado a realizar mejoras considerables y significativos a la hora de gestionar los recursos (mano de obra y materiales), a su vez, obtener un mejor rendimiento en las cuadrillas de trabajo en los proyectos civiles y además, cumplir con los plazos estipulados y reducir los costos (Herrera, 2017).

Según Román (2015), la construcción no ha presentado mayor registro de incremento en su productividad en relación a otros sectores, se utilizó como ejemplo la modernización de la industria manufacturera con respecto a sus innovaciones. El continuo desarrollo de nuevas técnicas y principios ha permitido que la construcción pueda utilizar estas nuevas e innovadoras técnicas, provocando una nueva forma de visualizar la producción en proyectos de construcción, dejando de lado la forma tradicional.

Las aplicaciones de estas nuevas técnicas son de mucha utilidad en los proyectos de construcción, sobre todo en los proyectos de vivienda en producción masiva. En estos proyectos se debe manejar un orden tanto en la planificación, construcción y control en la ejecución con la finalidad de entregar un producto de calidad, reducir pérdidas y finalizar la construcción de las viviendas en el plazo estimado.

En el manejo de un proyecto constructivo de producción masiva de viviendas usan las herramientas comúnmente implementadas de la administración como son: planificación, organización, dirección y control.

La planificación es una herramienta de gran beneficio en los proyectos de construcción, con el objetivo de alcanzar las metas trazadas. La función de la planificación es una de las más importantes para obtener éxito en la dirección y control del proyecto, además, ayuda de manera preventiva ante los posibles acontecimientos en el proyecto (Serpell & Alarcon, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS, 2006).

Para la elaboración detallada de una planificación en un proyecto, se debe tener claro lo que se va a realizar con este proceso. Según la American Management Association *“la planificación consiste en determinar lo que se debe hacer, como se lo debe hacer, que acción debe tomarse, quien es el responsable de ella y por qué”*.

Planificar de manera adecuada es uno de los métodos más eficientes para aumentar la productividad minimizando las esperas; las actividades son desarrolladas según su importancia para el proyecto y relacionar entre si el resto de actividades que faltan por realizar.

Dentro de la planificación se encuentra el método del camino critico (CPM), este método tiene como objetivo fijar el tiempo de ejecución de un proyecto calculando el camino crítico en un diagrama lógico. La secuencia de actividades que deben estar concluidas en relación a la planificación para poder finalizar el proyecto en la fecha estimada se denomina camino crítico. Cuando una actividad crítica se retrasa afecta directamente a la fecha estimada para la finalización (Serpell & Alarcon, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS, 2006).

Con la finalidad de reducir pérdidas, aumentar los rendimientos en los trabajos y que la planificación no se vea afectada cuando ocurran imprevistos surge la idea de introducir los conceptos del Sistema Último Planificador (Last Planner System, LPS). Este sistema surge de la filosofía Construcción Sin Perdidas (Lean construction) que introduce principios con la finalidad de mejorar la productividad y tener un flujo de actividades más controlado (Botero & Alvarez, 2005).

Lean construction es una metodología de construcción creada con el objetivo de minimizar lo que por lo general se presenta en los procesos productivos como son las pérdidas. Esta metodología considera la producción de actividades como un flujo tanto de materiales como de información; este debe ser continuo ya que de esa manera se mejoraría la producción y se agregaría valor al proyecto constructivo definiendo valor como toda actividad que acerque al objetivo final del proyecto (Campero & Alarcon, 2014).

Además del objetivo de minimizar las pérdidas, Lean Construction considera también entregar un producto o proyecto de calidad e implementar la menor cantidad de recursos en la construcción, para alcanzar este objetivo se implementa el término de valor. Este objetivo se puede lograr alterando el desarrollo de una actividad, en la manera que cada actividad sea dividida en tantas subactividades sea posible y relacionarlas con otras actividades desarrolladas en el mismo tiempo (Román, 2015).

Lean Construction tiene diversos principios con el objetivo de reducir pérdidas y entregar un producto de calidad. Ballard y Howell diseñaron una metodología con la finalidad de planificar y controlar avances de obra. Denominaron a la metodología el último planificador (Last Planner System, LPS) introduciendo variantes fundamentales en la planificación y el control de los proyectos de construcción (Botero & Alvarez, 2005).

Last Planner System requiere del proyecto la información necesaria para la implementación de esta metodología. Considerando esto, los proyectos de construcción

constan de tres etapas: preliminar, ejecución y recepción. La etapa preliminar es donde se realizan los diseños arquitectónicos, estructurales, sanitarios y de otras ingenierías. Una vez terminada la etapa preliminar (aspectos técnicos, legales y administrativos) se empieza a realizar la gestión del proyecto para su ejecución (administración, logística, planificación de recursos y actividades constructivas); y concluir el proyecto en su etapa de recepción (liquidaciones, documentación de recepción).

En base a esta información Last Planner System genera una nueva planificación más explícita con el objetivo de disminuir la incertidumbre de lo que se debería hacer y lo que posteriormente se hará en la etapa de ejecución; para que disminuya la incertidumbre, se debe realizar una recopilación y coordinación de información generada en la etapa preliminar en conjunto con los supervisores a cargo del proyecto civil. Con la recopilación de información se puede realizar proyecciones con información más precisa del tiempo de trabajo para que durante la ejecución se puedan plantear plazos cortos (1 semana) e intermedios de trabajo (4 a 6 semanas) (Olivares, 2017).

Last Planner System se dirige a aumentar la veracidad de la planificación y por consiguiente aumentar los rendimientos. Esta metodología brinda herramientas para la planificación y para el control de obra. La metodología fue desarrollada para trabajar directamente con el último planificador (es quien decide lo que finalmente se hará), este podría ser desde superintendente de obra hasta maestro mayor (Andrade & Arrieta, 2011).

En el Ecuador se construyen varios proyectos habitacionales de interés social tanto gubernamentales como privados, generalmente estos proyectos no se construyen en base a una metodología constructiva, puesto que, cada proyecto de construcción es realizado acorde a la experiencia y criterio del personal a cargo. La ausencia de una metodología constructiva no permite realizar controles ni registros detallados del proceso constructivo, aumentando la posibilidad de pérdidas y disminución de la productividad.

La presente investigación busca solucionar los problemas de la construcción mediante la elaboración de un sistema metodológico aplicando los conceptos de Last Planner System aplicada a una producción masiva de viviendas de interés social.

El proyecto habitacional se encuentra ubicado en el Km 16 de la vía a Daule, en este proyecto se construyen casas de interés social, puesto que, el valor de la vivienda no supera los 135 salarios básicos unificados. Estas viviendas son de una sola planta, con un área de construcción de $55,50m^2$, $96m^2$ de area de lote con tres dormitorios, un baño, sala comedor y cocina; son construídas en hormigón armado y con mampostería de bloque enlucida. El proyecto habitacional se denomina ‘Mi Lote’ que es promovido por el Municipio de Guayaquil.

Se espera que la aplicación de Last Planner System genere una planificación más detallada, facilite el control de obra, mejore la coordinación de trabajos y asignación de recursos, evitando retrasos en la entrega de las viviendas, mejorando los rendimientos en obra y reduciendo perdidas tanto en los costos directos como indirectos.

1.1 Formulación del problema

En los proyectos de construcción masiva de viviendas existen grandes posibilidades de sufrir imprevistos y retrasos en los tiempos de ejecución durante el proceso constructivo. La implementación de nuevos criterios ayudaría a reducir posibles retrasos en el tiempo de ejecución, por lo tanto, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo puede mejorarse la producción de viviendas de interés social si se utiliza la metodología Last Planner System orientada al control y seguimiento del proceso constructivo?

1.2 Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Analizar el uso de la metodología LPS en la planificación y control en el proceso constructivo de una muestra representativa de viviendas de interés social, para definir los criterios que mejoren su producción en serie.

Objetivos específicos

- Revisar la información existente del proyecto, así como también evaluar la planificación existente.
- Diseñar la planificación detallada bajo los criterios LPS.
- Seguimiento y control del proceso constructivo para poder obtener datos reales de la producción.
- Analizar los resultados obtenidos en el seguimiento de la planificación LPS durante el proceso constructivo.

1.3 Justificación

La presente investigación espera aportar criterios innovadores que faciliten la planificación, el seguimiento y control del proceso constructivo en obra a las personas o empresas que se dedican a la construcción y fiscalización de obras civiles, siguiendo los conceptos del método Last Planner System (LPS). Adicionalmente, se cuenta con los recursos y conocimientos necesarios para dar respuesta a la problemática. Las herramientas LPS que serán utilizadas en una muestra representativa de viviendas en proyecto de construcción masiva de viviendas de interés social para establecer nuevos criterios de planificación son: revisión previa de toda la información necesaria en el proyecto, validar la planificación anterior, diseñar una planificación detallada LPS, realizar el seguimiento y

control de obra; posteriormente comparar y validar resultados para poder establecer los mejores criterios de planificación. Se espera a su vez, dejar la pauta para futuras investigaciones en relación a la implementación LPS, su aplicación en obras de mayor envergadura y en combinación con diferentes plataformas informáticas.

2. Marco teórico

Last Planner System Fue desarrollado en los años 90' por los profesores Ballard y Howell, quienes son los fundadores de uno de los institutos especializado en diseño y construcción más reconocido a nivel mundial, el Lean Construction Institute.

Dentro de este método, se busca planificar las actividades semanales de forma colaborativa. Los responsables de las diferentes actividades deben comprometerse a unas mediciones o unidades a entregar en un periodo determinado (Ballard, 2000). Su principio básico figura en el aumento del cumplimiento de las actividades de construcción a través de la disminución de la incertidumbre asociada a la planificación (Lean Construction Enterprise, 2018).

El sistema Last Planner se basa en la integridad de la planificación, en hacer de todos los integrantes del proceso un solo conjunto y que sea manejado con responsabilidad, ya que de esta manera se mejorará el rendimiento de cada uno para el proyecto final. Siempre hay un alto margen de incertidumbre en la ejecución de un proyecto de construcción, a razón de innumerables percances que pueden darse tales como: movilización de trabajadores, falta de materiales, falta de mano de obra, poco compromiso de las autoridades de alto rango en la obra, etc. (Herrera & Reyes, Los pros y contras al implementar el sistema Last Planner en un proyecto de edificación: un caso de estudio, 2017).

De esta manera, los principios básicos de Last Planner System que desarrolló Ballard y que los describe Nieto, Ruz, & Nieto (2009), son los siguientes:

- Las actividades no deben empezar antes de que todos los requerimientos, para la ejecución de estas, sean satisfactorios.
- Se debe evaluar y monitorear la realización de las actividades.

- Las causas por la que una actividad no se pueda efectuar deben ser reconocidas y eliminadas.
- Se debe evitar el desgaste de productividad reasignando actividades cuando las inicialmente fijadas no se pueden producir.
- Debe perpetrar una programación a corto plazo, fundamentando aquellas actividades cuyas restricciones para ser ejecutadas, hayan sido eliminadas.

Para ello, esta metodología (Last Planner) asocia 3 fases fundamentales en la planificación: lo que se debería hacer, lo que se puede hacer y lo que finalmente se hará; por otra parte en la metodología tradicional el debería hacerse es planificado por todas aquellas personas que van a intervenir en la realización de una determinada actividad (jefes de obra, maestros mayores, entre otros) donde los recursos necesarios para la ejecución de dicha actividad se encuentran prestos para su utilización sin tener en cuenta si se puede hacer.

El último planificador como también es conocida esta metodología, será ponderado acorde al cumplimiento de la planificación, pero existen impedimentos para cumplir con la planificación como: la falta de información del flujo de actividades del proyecto tanto para el cumplimiento en los materiales como en los prerrequisitos de las actividades en secuencia, lo que vuelve casi imposible que el “se hará” sea igual al “se debe”. Para el Sistema de Ultimo Planificador, planificar es determinar lo que debería hacerse para completar un proyecto y decidir lo que se hará teniendo en cuenta que, debido a ciertas restricciones no todas pueden hacerse (Porrás, Sánchez, & Galvis, 2014).

En la Figura 1 se detalla la planificación tradicional que describió Ballard con la información previa y los objetivos del proyecto; se considera que todos los recursos están disponibles.

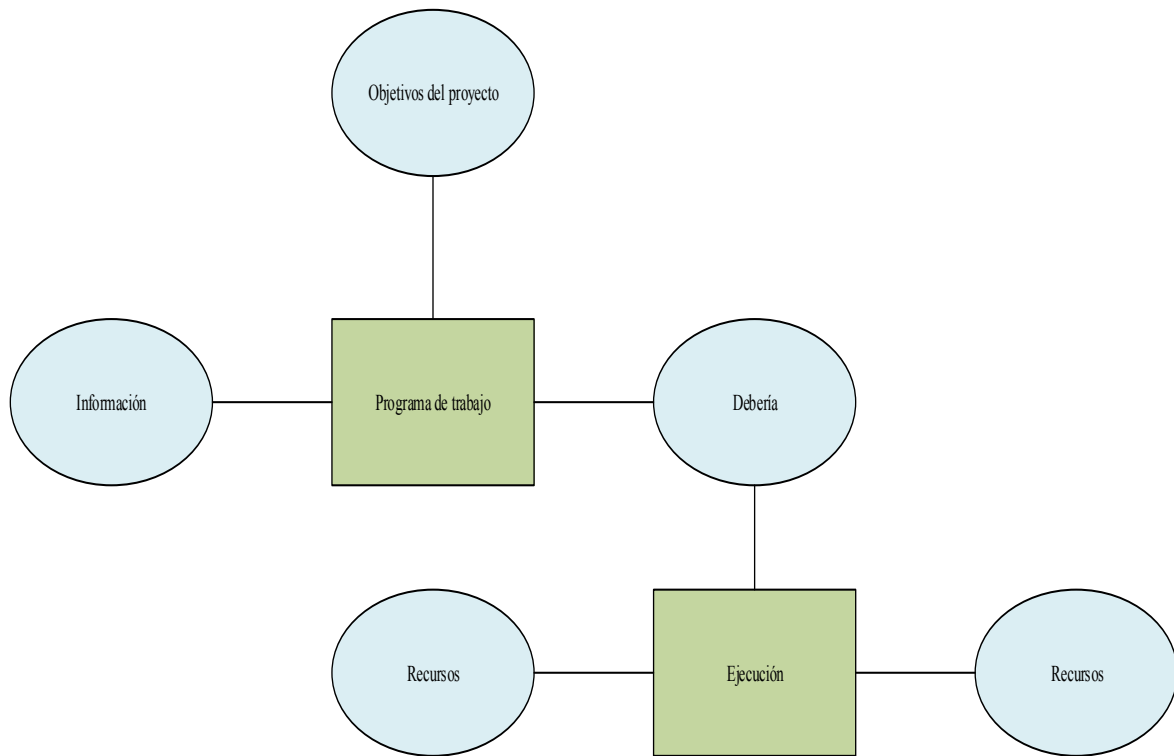


Figura 1. Planificación tradicional.
Adaptado de Ballard (2000)

Adoptando los principios de Last Planner System determinada por Ballard, se genera una planificación aún más detallada, incluso ésta toma en cuenta el “debe hacerse” considerando el “sí se puede”; es decir, si se cuenta con los recursos necesarios, posteriormente el “se hará” será una actividad posible de realizar. Sólo así se puede construir todo un proceso constructivo que ayude al proyecto a ser dirigido de forma correcta.

La Figura 2 ilustra cómo sería la planificación bajo los criterios de la metodología de Last Planner System.

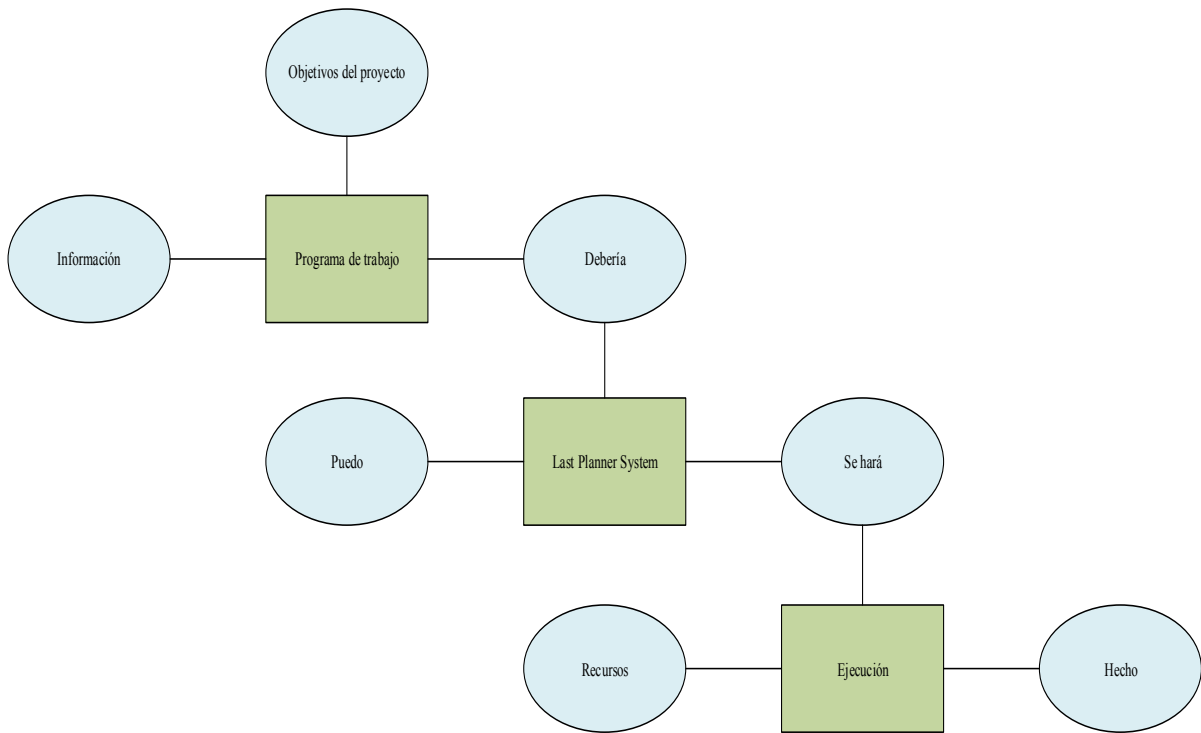


Figura 2. Planificación bajo el criterio Last Planner System
Adaptado de Ballard (2000)

Dentro de esta metodología se considera fijar tiempos en todos los procesos, para que de esta manera se cumplan sin mayores retrasos, contemplando también al personal involucrado en ello. Con el Last Planner System al tomar en consideración el “puedo” y lograr el “se hará”, se atraviesa la fase de la ejecución, en donde se proyectan todos los recursos que se requieren en la obra para así poder desarrollarlo. El mantener un orden de los procesos hace que los tiempos lleguen a cumplirse con mayor efectividad que empleando el método tradicional.

Tomando en cuenta esto, que es la interrelación de las actividades planificadas entre sí, se considera él “puede” y él “se hará” como subconjuntos del “se debe”, siendo el caso que el proyecto esté siendo ejecutado sin realizar una valoración de lo que realmente se puede

hacer. Esto aísla la correcta estructura del proyecto, por lo que queda de lado la fase de análisis de los procesos a plantearse.

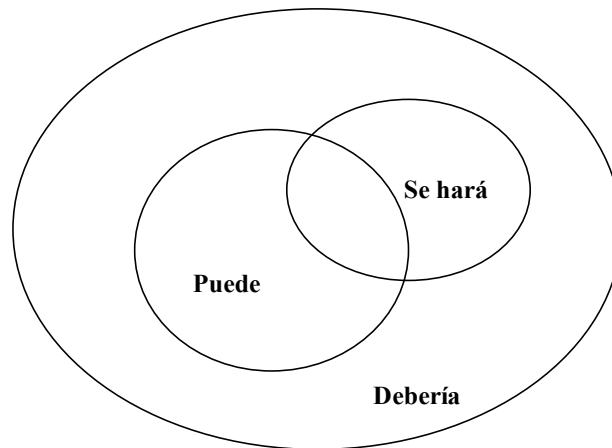


Figura 3. Interrelación de actividades planificadas
Adaptado de Campero y Alarcón (2014)

Con el objetivo de solucionar esta problemática (la mencionada en la Figura 3), la metodología Last Planner System implementa la programación en cascada, que tiene como finalidad, dar una programación con plazos dispuestos por semanas y que harán la unión entre las actividades y recursos.

Desarrollo de la programación en cascada en el Last Planner. -

En la Figura 4 se muestra la programación a largo plazo donde señala lo que “se debe hacer” y; la programación a mediano plazo que sería lo que “se puede hacer”, en esta fase se prepara la actividad acorde a los recursos y actividades pre requeridas, y el plan semanal, es decir, lo que se finalmente “se hará”.

Un modelo de planificación en cascada que se basa en el principio del trabajo sistemático, donde la planificación se realiza en el nivel más bajo de jerarquía de

planificadores es decir la última persona o grupo que tiene ver con la supervisión de los trabajos en obra (el último planificador) (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014).

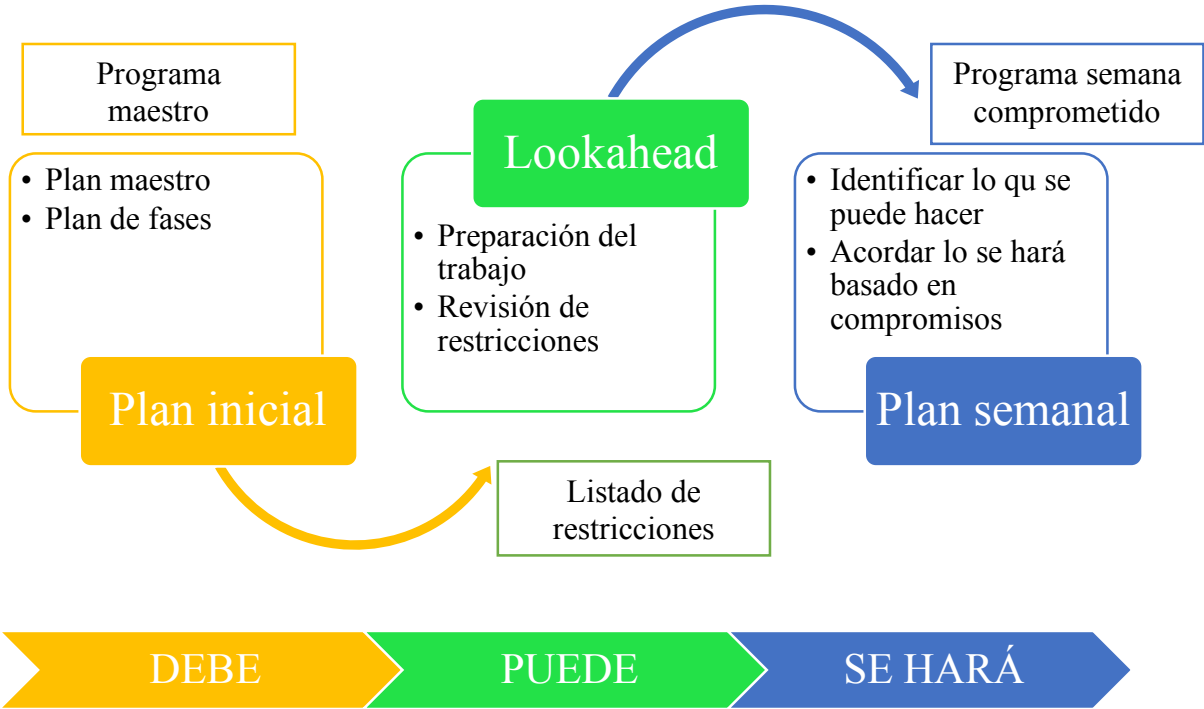


Figura 4. Principios de la programación en cascada. Adaptado de Campero y Alarcón (2014)

Con la aplicación de la programación en cascada propuesto por Campero y Alarcón, se genera un orden desde lo que “se debería hacer”, realizando una evaluación a los recursos necesarios para poder realizar la actividad, es decir, el “se puede” y así poder realizar (se hará) la actividad de manera efectiva y con éxito. Dentro de estos tres ejes del “debe”, “puede” y “se hará”, se implica fases de cumplimiento, en el que se puede evidenciar en la figura 4, en el que se parte del plan inicial con el programa maestro, siguiendo por Lookahead que son las restricciones que se pueden suscitar y el plan semanal en donde se colocan los compromisos a cumplirse.

La Programación en Cascada es una técnica de presentación progresiva del Programa de Obra a los mandos que han de cumplirlo, permitiendo de esta forma un seguimiento del programa inicial y creando un clima de colaboración entre todo el equipo que compone una obra (Yépez, 2017).

El plan inicial está compuesto por el plan maestro y por el plan de fases. El plan maestro es la planificación inicial de un proyecto, donde se genera el presupuesto y la secuencia constructiva con la que se irá ejecutando. El plan maestro debe contener información real sobre el rendimiento en la obra, ya que sólo en ese caso se pudieran supervisar actividades que representan la verdadera forma de trabajo, siendo la única manera para que el Last Planner System sea válido.

En esta etapa de inicio se definen todas las actividades del proyecto, es decir, el “debe”. En el plan maestro están incluidas cada de una de las actividades del proyecto, pero de manera general, en donde se establecen tiempos de ejecución de cada etapa y de cada actividad. Además, se define a los responsables de cada actividad, proveedores y aspectos logísticos generales del proyecto (Huertas & Torres, 2017)

El plan maestro se desarrolla en función de los objetivos previamente planteados del proyecto. Para poder definir la secuencia de actividades de trabajo se subdivide las actividades en cuantas partes sea posible, de esa manera se genera un flujo estable de trabajo y una secuencia de control. Además, en esta etapa se debe demostrar que las actividades son factibles de realizar, teniendo la capacidad de poder completar las actividades a tiempo e identificar posibles problemas a futuro.

Cada una de las actividades del plan maestro serán evaluadas a detalle y convertidas en el programa intermedio. El plan maestro describe actividades de manera general y es necesario generar detalles en las actividades. El programa maestro se segrega en fases, con actividades conformadas por varias tareas específicas.

Tabla 1 Ejemplo de programación de plan maestro

ACTIVIDAD	MESES							
	OCT.	NOV.	DIC.	ENER.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.
Obras provisionales	◆							
Movimientos de tierras			S2 ◆					
Calzaduras			S2 ◆					
Cimentación			S2 ◆					
Muro de contención				S2 ◆ SI ◆				
Columnas y placas				S2 ◆ SI ◆ P1 ◆	2P ◆ 3P ◆ 4P ◆	5P ◆ 6P ◆ 7P ◆		
Vigas y losas				S2 ◆ SI ◆ P1 ◆	2P ◆ 3P ◆ 4P ◆	5P ◆ 6P ◆ 7P ◆		
Tabiquería					1P ◆	S2 ◆ 2P ◆ 3P ◆	4P ◆ 5P ◆	6P ◆ 7P ◆
Tarrajeos						SI ◆ 1P ◆ 2P ◆	3P ◆ 4P ◆	5P ◆ 6P ◆
Pisos					S2 ◆		1P ◆ 2P ◆	3P ◆ 4P ◆

Fuente: Orihuela & Ulloa (2011)
 Elaborado por: Diego Martínez, 2018

La segregación de fases debe ser realizada durante la planificación inicial y paulatinamente serán más específicas según su proximidad a la ejecución. La programación por fases es incluir más detalles al plan maestro, ejecutado por los responsables principales del proyecto, la programación por fases es necesaria solo cuando son obras grandes. En obras grandes o complejas se suelen realizar reuniones semanales de coordinación para el análisis del avance del programa y para planificar y discutir los trabajos a realizar en la semana siguiente. Dependiendo del proyecto es recomendable implicar en las reuniones a los subcontratistas (Yépez, 2017).

Dentro del proceso de la ejecución semanal de la obra, se debe tomar en cuenta el análisis de restricciones, que es el que ayuda a identificar justamente los posibles factores que generen los cuellos de botella de los procesos constructivos, para el desarrollo de la identificación de las restricciones que limitan el cumplimiento del cronograma propuesto en el plan maestro.

Los factores más incidentes en los procesos constructivos de una obra son las siguientes:

- Trabajo previo: Partidas antecesoras que se encuentran sin culminarse para la continuación de los trabajos
- Mano de obra: Cuadrillas sin cantidad de personal obrero necesario para las actividades designadas.
- Materiales: Requerimiento de materiales pendientes en obra.
- Equipos y Herramientas: Requerimiento de equipos y herramientas pendientes para la ejecución de las partidas asignadas.
- Información: No se cuentan con detalles necesarios para la ejecución como son planos, especificaciones técnicas, etc.
- Programación: No se tiene una revisión de las programaciones planteadas para estas actividades.
- Espacio: No se cuenta con espacio físico disponible para realizar los trabajos programados.
- Externo: Agentes externos o motivos ajenos a la obra (Ingeniería y Construcción, 2018).

Tabla 2 Ejemplo de programación semanal y análisis de restricciones

ACTIVIDAD	ENERO						Und	Metrado	RESTRICCIONES						Liberado	
	Sem 11-03								Información	Actividad precedente	Espacio	Mano de obra	Material	Equipos		Condiciones externas
	17	18	19	20	21	22										
Columnas y palcas																
Fierro Columnas y placas							kg	4000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Encofado Columnas y placas							m2	250	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Concreto Columnas y placas							Sótano 1 m3	23	ok	ok	ok	ok	Falta agregados	ok	ok	No
Losas, Vigas y Escaleras																
Fierro Losas, Vigas y Escaleras							kg	2900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Encofado Losas, vigas y Escaleras							m2	255	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Ladrillo de Techo							und	2900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Concreto Losas, Vigas y Escaleras							Sótano 1 m3	70	ok	ok	ok	ok	Falta agregados	ok	ok	No

Fuente: Orihuela & Ulloa (2011)
Elaborado por: Diego Martínez, 2018

Finalizadas tanto la etapa del plan maestro como la programación por fases, se encuentra la tercera etapa, que es la planificación intermedia. En las etapas pretéritas se generaron presupuestos y la secuencia constructiva de las actividades, mientras que en esta etapa se da un detalle mayor del presupuesto y se genera una revisión de este. El objetivo en esta etapa es el control en el flujo de actividades, es decir, la verificación de planos, recursos (materiales, equipos y mano de obra) y prerequisites necesarios para que el flujo de actividades programadas sea constante.

La planificación intermedia aplica solo para actividades en un rango de 5 a 6 semanas, en la finalidad de preparar las actividades próximas a realizar y si hay algo que impide la realización de una actividad solucionarlo lo antes posible. En esta etapa se deja un mayor detalle para entrar a la fase de programación semanal.

El mayor detalle se presenta en la planificación semanal, es decir, en los días previos a ejecutar un trabajo. En esta fase se ven involucrados supervisores de obra, residentes de obra, maestro mayor y todas las personas que estén involucradas de manera directa en la ejecución de una determinada actividad. El resultado en esta etapa es una planificación en común para todos los que intervengan en la actividad.

En esta etapa se aplica el principio de subdivisión de actividades, Serpell y Alarcón surgieron de que en esta etapa se utilice la Estructura de Subdivisión del Proyecto (ESP). La ESP tiene su inicio en el grado más alto del proyecto señalando las principales actividades, mismas actividades que serán divididas y posteriormente subdivididas hasta poder obtener un nivel de detalle que permita tener una planificación detallada como se muestra en la figura 5. De esta manera, se establecen los requerimientos de trabajo, que serán llamados paquete de trabajos o subactividades.

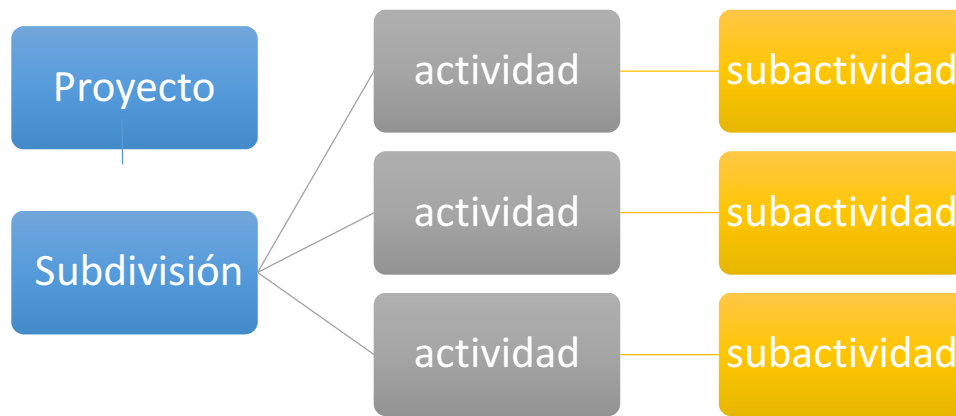


Figura 5. Subdivisión de actividades

Fuente: Serpell & Alarcon (2009)

Los bultos de trabajo son niveles bajos de actividades, facilitando y haciendo énfasis en la implementación de la información proporcionada desde la planificación. La ESP se puede organizar de diferentes maneras, acorde a lo que demande el proyecto, en las diferentes áreas como pueden serlo: proyecto, localización, actividades, procesos, entre otros (Serpell & Alarcon, 2009)

Dentro de la planificación semanal, también se encuentra el porcentaje de Actividades Completadas (PAC); el PAC es usado con la finalidad de medir el porcentaje de actividades realizadas con éxito, además de conocer qué porcentaje no tuvo éxito, conocer los motivos por los cuales no fueron realizadas con éxito para ser mejoradas en la siguiente semana a planificar (Huertas & Torres, 2017). Es un buen indicador de la calidad de las asignaciones en la programación semanal (Portilla, 2015).

La manera de medir los efectos de la implementación del sistema Last Planner en la obra son: controlando la productividad de cada participante en las reuniones, y por otro lado el avance físico en la obra desarrollada semanalmente en terreno, así se podrá tener una relación en porcentajes para cada semana; todo esto es posible por medio de la medición del PAC comparándolo con el avance real en terreno semanalmente. También entra en

participación las principales restricciones que aquejan para cada semana a través de las causas de no cumplimiento (CNC) (Herrera & Reyes, Los pros y contras al implementar el sistema Last Planner en un proyecto de edificación: un caso de estudio, 2017). El parámetro CNC funcionan para conocer cuáles han sido los motivos que más se han repetido de no poder cumplir los procesos y así poder corregir para las siguientes semanas en donde es el proceso de retroalimentación (Orihuela & Ulloa, 2011).

En esta etapa se valora lo antes planteado en las etapas previas, es decir, se relaciona lo que se debe hacer para continuar con la secuencia definiendo el tiempo en que se ejecutará, se genera una valoración de los recursos necesarios como disponibles. El máximo detalle de cómo se llevará a cabo una actividad aumenta la probabilidad de que la esta actividad sea ejecutada con éxito y mantener un flujo de actividades estable. La actividad sólo se considerará completada, si se da por finalizado dicha acción (Portilla, 2015).

El PAC se transforma en una poderosa herramienta para identificar los focos que pueden servir como mejoras al procedimiento y efectuar soluciones, ya que los principios de los no cumplimientos no sólo pueden ser por fallas en la mano de obra, materiales o causas externas, sino también, que estas fallas en la ejecución del trabajo programado pueden proceder de deficiencias a nivel organizacional, procesos o funciones. Sólo observando estos problemas, se puede generar un flujo de trabajo continuo a hacer las modificaciones necesarias (Portilla, 2015).

3. Metodología

La presente investigación tiene como objetivo general la aplicación de los conceptos Last Planner System (LPS) a una muestra representativas de viviendas de interés social, las viviendas están dentro de un proyecto habitacional que cuenta con el aval del municipio de Guayaquil. La implementación de LPS tanto en la etapa de planificación como ejecución espera reducir los tiempos de ejecución, reducir la incertidumbre de lo que “se debería hacer” con respecto a lo que finalmente “se hará” y mejorar la organización en obra.

Para poder obtener resultados e interpretarlos es necesario pasar por varias fases previas, siendo estas: la valoración de la información existente del proyecto, realizar una planificación detallada LPS, seguimiento del cumplimiento de la planificación y finalmente la interpretación de los resultados obtenidos.

En la recopilación de datos e información se realizó una extensa revisión bibliográfica de tesis de grado y maestría, artículos publicados en revistas científicas, entre otros. Esta revisión bibliográfica se llevó a cabo para poder obtener la mayor cantidad de información con relación a LPS, misma información fue leída, redactada y dirigida hacia el objetivo general de la investigación. Esta fase se conoce los principios LPS, sus ventajas y su forma de aplicación en las diferentes etapas de un proyecto constructivo.

Durante la construcción de una parte las viviendas, la compañía constructora utilizó una metodología de construcción tradicional, definiendo como metodología tradicional asignar recursos a lo planificado (sin mayores detalles de planificación). La ausencia de una metodología de construcción estandarizada disminuye la probabilidad de poder cumplir con los objetivos del proyecto en el tiempo determinado.

La compañía constructora responsable del proyecto suministró la información del proyecto (tablas de cantidades, análisis de precios unitarios y cronograma de actividades), misma información que es fundamental para poder hacer una valoración o análisis del estado

real del proyecto. Una vez realizada la valoración se aplican los conceptos LPS para mejorar la planificación mediante el análisis por fases de cada una de las actividades a realizar, LPS aporta una planificación detallada desde lo general hasta lo específico (personal a cargo, fechas de ejecución y terminación).

La planificación detallada está sujeta al tiempo, LPS divide las actividades en 3 etapas: plan inicial, plan intermedio y plan semanal. Siendo el plan inicial la fase más general donde se definen tiempos y costos del proyecto, además, se establecen los criterios LPS como establecer un flujo constante de actividades, las que no pueden comenzar sin que todos los requisitos para su realización estén listos. La etapa intermedia presenta un detalle leve donde se realiza una proyección de lo que se podría hacer en un margen de tiempo de 4-6 semanas antes de ejecutar una determinada actividad, en esta etapa se analizan las posibles restricciones que pueden suceder y una revisión previa de los trabajos próximos a realizar. El plan semanal es donde entra la mayor cantidad de detalles, desde la organización de las cuadrillas de trabajo hasta la logística del suministro de materiales, este plan se lleva a cabo la semana previa a realizar los trabajos.

Con la finalidad de realizar un óptimo control y seguimiento de la planificación a la hora de la ejecución LPS implementa el porcentaje de actividades completadas (PAC); el PAC es la división del número de actividades completadas y el total de actividades previamente planeadas, el resultado se expresa en porcentaje. Además, con el PAC es posible determinar las responsabilidades del supervisor a cargo de una o varias actividades.

Durante el proceso de construcción serán aplicados los criterios LPS, los principios como: mantener un flujo estable de actividades, mantener un orden para los pedidos de materiales y una redistribución en las cuadrillas de trabajo. Con la aplicación de los criterios LPS se podrán determinar responsabilidades tanto a las cuadrillas de trabajo como al personal técnico (supervisores, maestros de obra, entre otros).

Acorde a los principios LPS la planificación inicial en el presente proyecto estará conformada por 14 actividades con sus respectivos costos como se muestra en la figura 6, las mismas que serán subdivididas en actividades más pequeñas conforme sean requeridas en relación a la planificación. La vivienda tiene un costo total de \$ 28.575,10.

Obras civiles	\$ 318,31
Estructuras	\$ 3.690,40
Albañilería	\$ 7.906,65
Estructura metálica	\$ 3.034,25
Cubierta	\$ 1.628,92
Instalación eléctrica	\$ 1.767,89
Instalación sanitaria	\$ 930,19
Carpintería	\$ 965,65
Aluminio y vidrio	\$ 822,03
Revestimientos	\$ 2.708,37
Pintura	\$ 1.409,07
Tumbado	\$ 918,37
Excavaciones	\$ 107,65
Obras complementarias	\$ 2.367,34
Total	\$ 28.575,10

Figura 6. Actividades de la etapa de planificación inicial

Fuente. Autor

La fase intermedia en el proyecto serán las actividades próximas por realizarse en 4 semanas, es decir, los 14 rubros queden divididos en cuantas actividades sean necesarias, de esta forma su análisis se facilita y con tiempo necesario para poder concluir todos los prerrequisitos. En este caso de estudio serán divididos en 62 rubros en la etapa intermedia.

En la fase intermedia cada una de las actividades que estén próximas a realizarse en las siguientes 3 semanas pasarán por el debido análisis de restricciones, con la finalidad de conocer si es posible ser realizada en el tiempo planificado y si no están listas para ser realizada, tener el tiempo necesario para poder solucionar los inconvenientes sin alterar la planificación.

Con la finalidad de poder mantener un flujo de actividades constante se implementará un modelo de análisis de restricciones, conformado por posibles causas de restricciones como

lo que pueden hacer: falta de materiales, falta de personal capacitado, actividades pre requeridas no listas, entre otros. Como lo indica la figura 7.

Análisis de restricciones				
Actividad	Materiales	Mano de obra	Actividades prerequeridas	Otras
1	x		x	
2		x	x	
3	x	x		
4	x			x

Figura 7. Análisis de restricciones a utilizar.

Fuente: autor

Finalizada la etapa intermedia se procede a generar el máximo nivel de detalles de planificación en la etapa semanal, en esta etapa se tomará un concepto de la planificación de proyectos que la Estructura de Subdivisión de Actividades (ESP). Adoptando los conceptos de ESP cada una de las actividades se volverán sub-actividades o bultos de trabajos, esta subdivisión será de mucha ayuda al momento de manejar con eficiencia la planificación (control de rendimientos, asignación de recursos, entre otros).

Las 62 actividades determinadas en la etapa intermedia serán subdivididas cuantas veces sea necesario, considerando que, algunas actividades se podrán subdividir más que otras, se genera la planificación detallada. En la planificación detallada se considerarán los recursos tanto humanos como de materiales en todas las actividades.

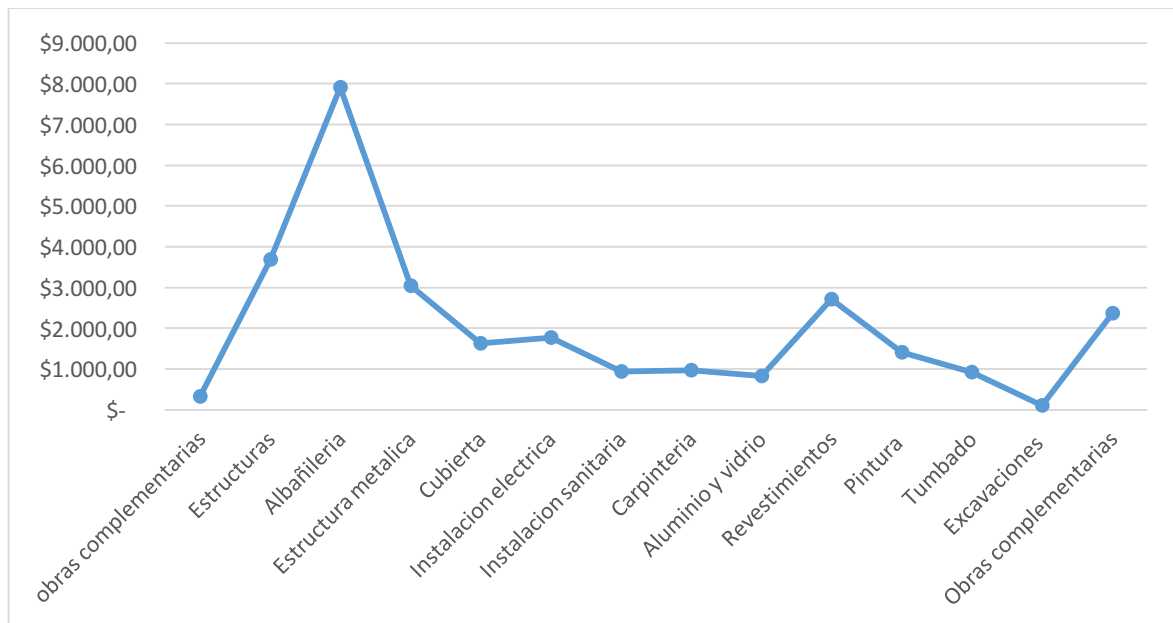
Dentro de estas 62 actividades se encuentran 6 actividades eléctricas y 6 sanitarias, estas 12 actividades serán consideradas como subcontratadas. Al ser consideradas subcontratadas se enfocará en el control de avance acorde a la planificación inicial y se realizará una agenda de reuniones con los tópicos a tratar acorde a los tiempos de ejecución con la finalidad de llevar un control efectivo a los subcontratistas.

Los resultados obtenidos del seguimiento del proceso constructivo serán recogidos y tabulados para realizar gráficos, facilitando la comprensión de los resultados.

4. Resultados

4.1 Evaluación de la planificación existente del proyecto

Uno de los de primeros pasos o etapas a ser cumplidas para el desarrollo del estudio, es el análisis previo de la información existente de planificación del proyecto Mi Lote desarrollado en la ciudad de Guayaquil:



En la figura se puede observar las etapas de construcción implementadas para el proyecto, las cuales ascienden a un total de 14 con sus respectivos valores. En promedio cada actividad tiene un valor de 2.401,08 USD, no obstante, dependiendo de la cuantía de cada una de estas, pueden variar entre 107,65 USD y 7.906,65 USD. Una de las actividades que representan una mayor inversión es la albañilería que tiene un valor de 7.906,65 USD, las estructuras también tienen un peso significativo en la construcción dividiéndose en dos grupos principalmente, estructuras y estructura metálica con 3.690,40 USD y 3.034,25 USD respectivamente, que dan un total de 6.724,66 USD. Los revestimientos también tienen un peso importante dentro de la construcción con un total de 2.708,37 USD, seguido de las obras

complementarios que ascienden a 2.367,34 USD. Las instalaciones eléctricas son fundamentales para los acabados de la construcción y por lo tanto tienen un valor alto con 1.767,89 USD, con un similar nivel se encuentra la cubierta y la pintura con 1.628,92 USD y 1.409,07 USD respectivamente. Las demás etapas en las cuales se ha dividido el proyecto de construcción tienen valores menores a los mil dólares entre los cuales se tiene; a las excavaciones con 107,35 USD, obras complementarias de instalación con 318,31 USD, aluminio y vidrio con 822,03 USD, tumbado con 918,37 USD, instalación sanitaria con 930,19 USD y carpintería con 965,65 USD.

Para tener una mejor aproximación a los procesos de construcción del proyecto se tienen los valores desglosados por etapa con tiempos aproximados de ejecución.

Las estructuras tienen un conjunto de 6 actividades que se realizan en aproximadamente 13 días con un valor de 3,690 USD, con una distribución de tiempo de construcción y dinero de la siguiente manera:

- Cimentación de plintos, tiempo de construcción: 3 días / costo: 513,55 USD
- Riostras, tiempo de construcción: 2 días / costo: 409,17 USD
- Hierro más chicotes, tiempo de construcción: 1 día / costo: 1.735,83 USD
- Pilares de hormigón, tiempo de construcción: 3 días / costo: 541,97 USD
- Pilaretes, tiempo de construcción: 2 días / costo: 221,04 USD
- Vigas de amarre de hormigón, tiempo de construcción: 2 días / costo: 267,85 USD

Tabla 3 Planificación estructuras

Nº	ESTRUCTURAS	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
----	-------------	--------	----------	-------------	----------	----------

1	CIMENTACION (PLINTOS) 12 plintos	M3	2,46	208,76	513,55	3 días
2	RIOSTRAS 12 vigas	M3	1,96	208,76	409,17	2 días
3	HIERRO MAS CHICOTES	Kg.	699,93	2,48	1.735,83	1 día
4	PILARES DE HORMIGON	U	9	60,33	542,97	3 días
5	PILARETES	ml	18	12,28	221,04	2 días
6	VIGAS DE AMARRE HORMIGON	M3	0,97	276,13	267,85	2 días
Total					3.690,40	13 días

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Consecuentemente, para poder establecer dentro de la línea de tiempo la duración y el valor de cada actividad se establece una figura en donde se puede identificar las actividades que se realizan dentro de las estructuras.

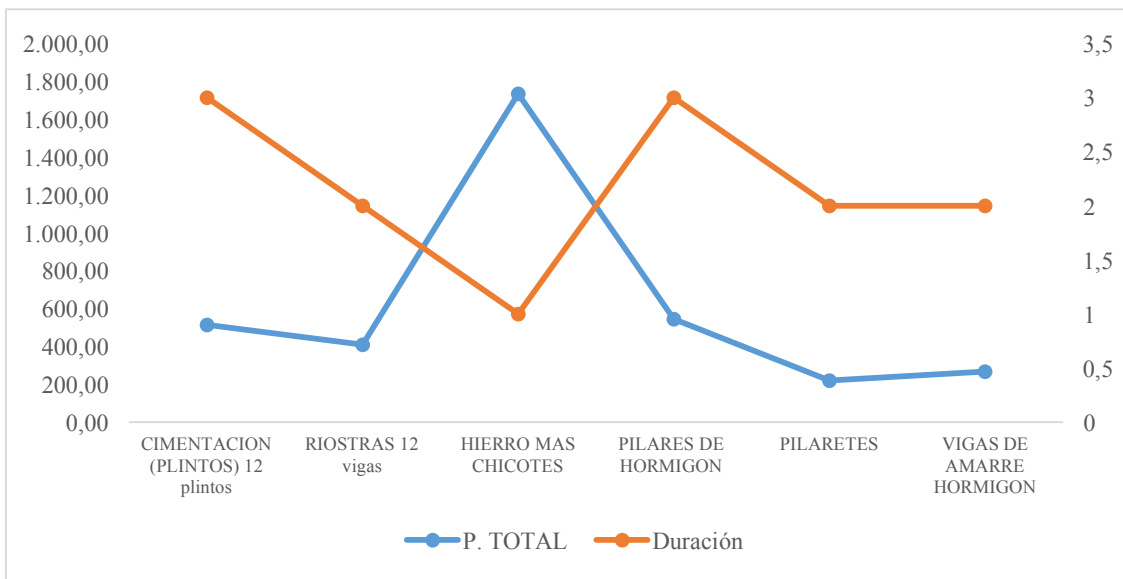


Figura 5. Comparación planificación estructuras

Fuente: (Mi Lote, 2018)

En cuanto a la duración, las dos actividades que tienen una mayor duración son la cimentación de plintos y la fundición de los pilares de hormigón con 3 días de duración cada

uno, no obstante, son los de menor cuantía, pues tienen un valor de 513,55 USD y 542,97 USD respectivamente, esto en contraste con la actividad de menor duración que es la instalación de hierro más chicotes que dura 1 día con un valor de 1.735,83 USD. Esto muestra una relación que puede aproximar el comportamiento de la planificación tradicional, en donde se tiene que el tiempo tiene una relación inversamente proporcional al valor, es decir, a mayor valor menos días de duración, mientras que a menor valor más días de duración, por lo tanto, el objetivo de la aplicación de Last Planner será disminuir el tiempo de construcción y consecuentemente los costos que esto implica.

La siguiente etapa dentro de la construcción del proyecto Mi Lote es la albañilería, la cual conlleva un total de 14 actividades que se realizan en un tiempo aproximado de 21 días, por un valor de 7.906,65 USD.

Tabla 4 Planificación albañilería

Nº	ALBAÑILERIA	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
1	BASES PARA MEDIDORES	U	1	135,57	135,57	1 día
2	CAJA DE REGISTROS AA.SS. INT	U	2	58,01	116,02	1 día
3	CONTRAPISO 8 CM	M2	55,55	14,77	820,47	1 día
4	DINTELES	ml	10,5	12,15	127,58	1 día
5	CONTRAPISO BAJO MESON	ml	3,66	14,76	54,02	1 día
6	CUADRADO DE BOQUETE DE PUERT. VENT.	ml	56,4	4,36	245,90	2 días
7	ENLUCIDO DE FILOS	ml	36	4,36	156,96	2 días
8	ENLUCIDO EXTERIOR VILLA 1P	M2	86,46	10,37	896,59	2 días
9	ENLUCIDO INTERIOR	M2	167,78	10,37	1.739,88	2 días
10	MESON DE HORMIGON	ml	3,7	37,86	140,08	1 día
11	CANALON	ml	8,3	41,92	347,94	1 día
12	LOSETA EN FACHADA	ml	7,5	46,59	349,43	2 días

13	PAREDES EN VILLA DE 1P	M2	144,23	18,43	2.658,16	3 días
14	CERAMICA EN FACHADA	M2	2,4	49,19	118,06	1 día
TOTAL					7.906,65	21 días

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Las actividades de albañilería conforman uno de los rubros más significativo y de mayor peso dentro de las etapas de construcción y por lo tanto merece especial atención, pues en este tipo de acciones emprendidas por la mano de obra es posible tener una mejor planificación, más eficiente, mediante aplicación del método Last Planner. No obstante, dentro de la planificación tradicional se tiene a las actividades de mayor cuantía siendo estas; paredes en villa de 1p con 2.658,16 USD, enlucido interior con 1.739,88 USD, enlucido exterior villa 1p con 896,59 USD y contrapiso 8 cm con 820,74 USD, en cuanto a su duración su promedio de ejecución es de 2 días. Por otra parte, en base a la duración se tiene a las actividades que requieren mayor tiempo, estas son; paredes en villa de 1p con una duración de 3 días, es la actividad con mayor tiempo de ejecución, seguido de loseta fachada con una duración de 2 días, luego el enlucido interior tiene una duración similar de 2 días, le sigue el enlucido exterior villa 1p con una duración de 2 días también, y cuadrado de boquete y enlucido de filos tienen una igual duración de dos días. El resto de las actividades se realiza en promedio en 1 día.

Luego de esta descripción, para poder determinar dentro de la línea de tiempo la duración y el valor de cada actividad se establece una figura en donde se puede identificar las actividades que se realizan en albañilería.

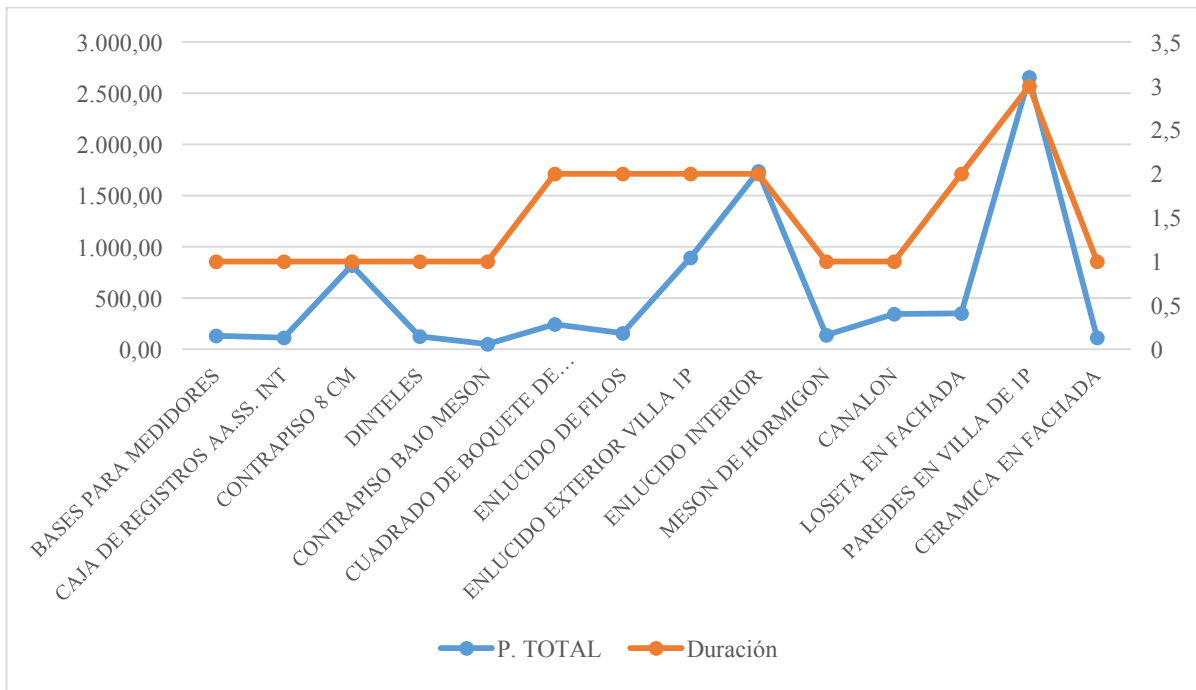


Figura 6. Comparación planificación albañilería

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Al comparar tantos los valores con el tiempo de ejecución de cada actividad, se evidencia un comportamiento similar, es decir, que el tiempo es proporcional al valor de las actividades realizadas, por lo tanto, se encuentra una situación diferente a la descrita anteriormente por la etapa de estructuras. No obstante, será importante disminuir los tiempos de ejecución mediante la aplicación del método Last Planner, con el objetivo de tener un mejor rendimiento de la mano de obra utilizada para la consecución de los acabados de la vivienda principalmente, considerando que el tiempo promedio de ejecución de cada uno es de 1,5 días y el valor promedio es de 564,76 USD, cifras referenciales para la optimización de la hora hombre trabajada y la utilización de materiales para la construcción.

La siguiente etapa es la instalación de la estructura metálica, la cual tiene un total de 3 actividades que se realizan en aproximadamente 4 días, con un total de 3.034,25 USD.

Tabla 5 Planificación Estructura Metálica

Nº	ESTRUCTURA METALICA	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
1	CUBIERTA EST. METALICA	Kg.	461,01	3,41	1.572,04	2 días
2	REJAS EN VENTANAS	M2	6,64	163	1.082,32	1 día
3	PUERTA METALICA DECORATIVA 0.80X2.00	U	1	379,89	379,89	1 día
TOTAL					3.034,25	4 días

Fuente: (Mi Lote, 2018)

La actividad de mayor valor es la aplicación de cubierta metálica con 1.572,04 USD y cuya duración también es la de mayor tiempo de ejecución con 2 días, le sigue la instalación de rejillas en ventanas y puerta decorativa metálica con un valor para cada una de 1.082,32 USD y 379,89 USD respectivamente, con un tiempo de duración de 1 día. Aunque estas actividades son reducidas tiene un comportamiento similar a la aplicación de albañilería, pues el valor es proporcional al tiempo en el que se ejecuta cada acción. En promedio cada actividad se realiza en 1,3 días, con un valor promedio de 1.011,42 USD. Estas referencias se utilizan como bases para mejorar los tiempos de ejecución y consecuentemente el valor de cada actividad mediante el método de Last Planner.

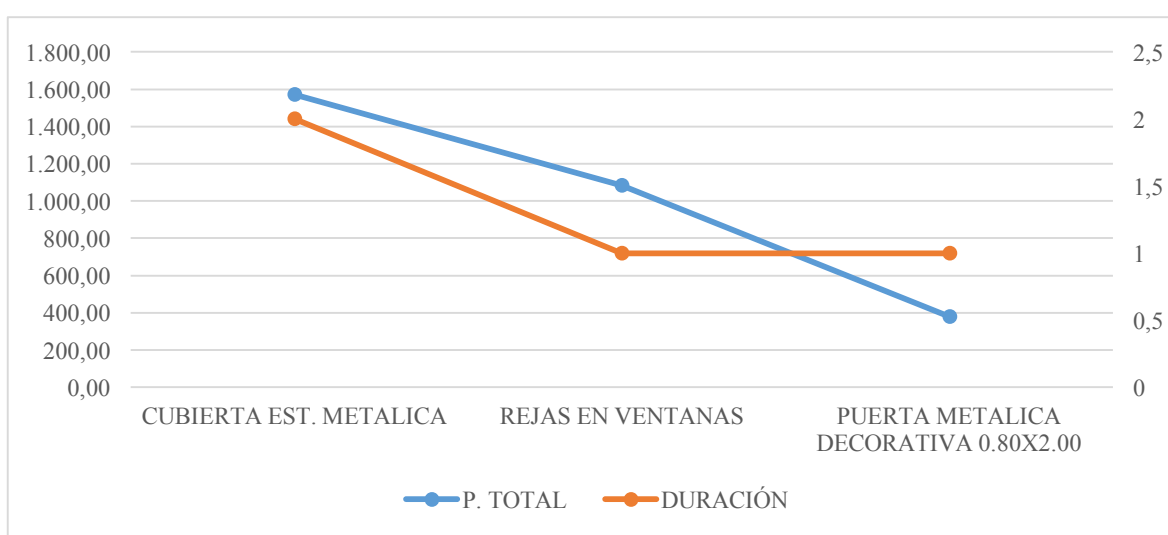


Figura 7. Comparación planificación estructura metálica

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Como se aprecia en la figura, tanto los valores como el tiempo de ejecución son proporcionales, aunque estos pueden ser mejorados para que la inversión pueda ser eficiente en relación al costo y duración. El objetivo es reducir costos y tiempos de construcción mediante la aplicación de Last Planner.

La instalación de la cubierta conlleva únicamente a la ejecución de una actividad que tiene una duración de 2 días, con un valor total de 1.628,92. Consecuentemente, el objetivo a través de esta información será disminuir los tiempos de ejecución para incrementar la eficiencia de la mano de obra empleada.

Tabla 6 Planificación Cubierta

N°	CUBIERTA	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
1	CUBIERTA ETERNIT	M2	66,27	24,58	1.628,92	2 días

Fuente: (Mi Lote, 2018)

La siguiente etapa es la instalación eléctrica, la cual consta de 6 actividades con una duración de 6 días con un valor total de 1.767,79 USD.

Tabla 7 Planificación Instalación Eléctrica

N°	INSTALACION ELECTRICA	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
1	PUNTO DE LUZ DE 110V (INC. INTERRUPTOR)	U	9	29,36	264,24	1 día
2	PUNTO DE 240V	U	2	32,79	65,58	1 día
3	ACOMETIDA ELECTRICA	ml	6	52,44	314,64	1 día
4	PUNTO DE TOMACORRIENTE (INC. TOMA)	U	13	27,38	355,94	1 día
5	CAJA PANEL 8-16	U	1	179,16	179,16	1 día
6	CABLEADO INTERIOR DE VILLA	VILLA	1	588,33	588,33	1 día
TOTAL					1.767,89	6 días

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Los valores de cada actividad no sobrepasan los 1.000 USD, y cada una de estas tiene una duración de 1 día. Por lo tanto, es necesario aplicar un estudio detallado de la hora hombre empleada en cada actividad para establecer la duración por horas, y no generalizar la ejecución por día. Esto debe aplicarse mediante el método de Last Planner.

La siguiente etapa dentro del proyecto Mi Lote es la instalación sanitaria, la cual tiene 6 actividades con una duración de 8 días con un valor total de 930,19 USD.

Tabla 8 Planificación Instalación Sanitaria

Nº	INSTALACION SANITARIA	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
1	AA.SS. DESAGUE	PTO	5	34,2	171,00	2 días
2	AGUA POTABLE	PTO	5	43,66	218,30	2 días
3	LLAVE DE DUCHA	U	1	43,15	43,15	1 día
4	LAVAPLATOS MAS ACCESORIO	U	1	204,9	204,90	1 día
5	INODORO MAS ACCESORIOS	U	1	157,96	157,96	1 día
6	LAVAMANOS DE PEDESTAL MAS ACCESORIO	U	1	134,88	134,88	1 día
TOTAL					930,19	8 días

Fuente: (Mi Lote, 2018)

En cuanto a la duración las actividades que tiene un mayor tiempo de ejecución son la instalación de desagüe con 2 días de duración para la ejecución, seguido la instalación de tubería para el agua potable tiene una duración similar de 2 días. En cuanto al valor las actividades de mayor cuantía son la instalación de la tubería de agua potable y del lavaplatos con sus respectivos accesorios, con 218,30 USD y 204,90 USD respectivamente. La mayor parte de actividades no sobrepasan los 200 USD y en promedio emplean 1,33 días. El propósito de la aplicación del método de Last Planner es mejorar los tiempos de ejecución de cada actividad y consecuentemente, proyectar una disminución de costos para la optimización del proyecto de forma más ordenada.

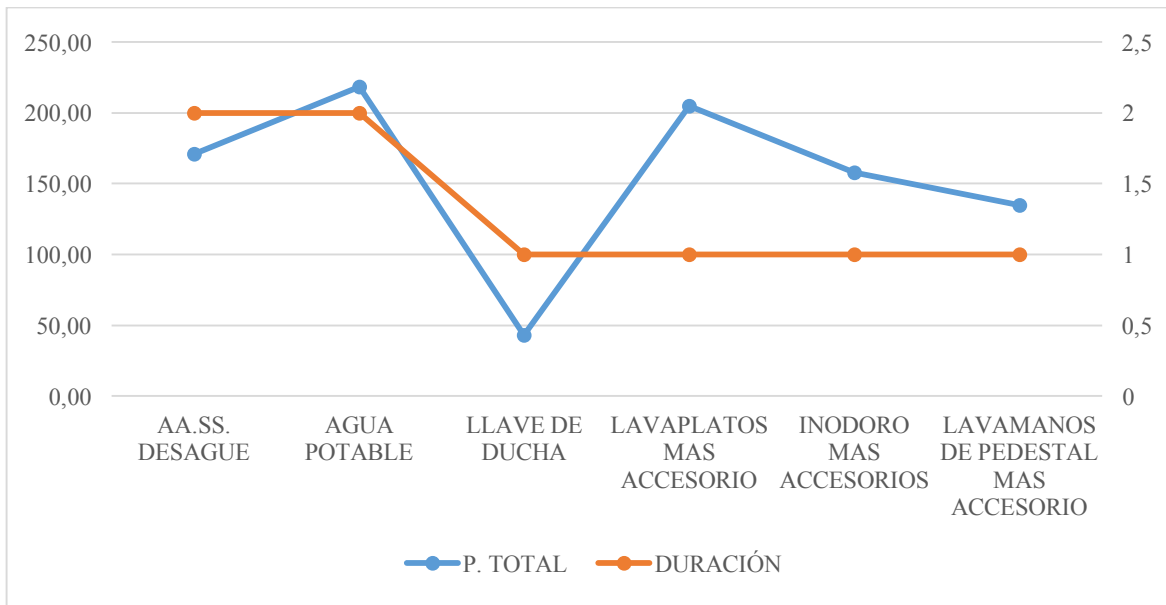


Figura 8. Comparación planificación instalación sanitaria

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Al realizar la comparación entre el tiempo de duración y el valor de cada actividad no se encuentra un comportamiento diferenciador a los demás expuestos anteriormente, no obstante, como se estableció en la etapa de instalación eléctrica es necesario desglosar el tiempo de duración en horas para tener una medición mucho más exacta de cada acción a la cual se le asigna un costo que es menor en cuanto a la hora hombre empleada.

Siguiendo con la evaluación de la planificación establecida hasta el momento con el proyecto Mi Lote, se tiene a continuación las actividades de carpintería, la cual consta de un solo procedimiento, mismo que dura alrededor de un día de trabajo, con un total de 965,65 USD. El objetivo de la aplicación del Last Planner es la disminuir los tiempos de instalación en este caso de puertas de madera y ejecutar actividades adicionales que puedan realizarse en complemento a las principales, como la instalación de chapas y bisagras.

Tabla 9 Planificación Carpintería

N°	CARPINTERÍA	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
1	PUERTA DE MADERA	U	5	193,13	965,65	1 día

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Las actividades de aluminio y vidrio también son importantes dentro de la finalización de los acabados de la vivienda, por tanto, se tiene un tiempo de instalación de los marcos de aluminio y las ventanas de vidrio de 1 día, que asciende a valor total de 822,03 USD. Esta actividad complementaria puede optimizarse para que sea ejecutada en menos de un día mediante la aplicación de Last Planner.

Tabla 10 Planificación Aluminio y Vidrio

N°	ALUMINIO Y VIDRIO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
40	VENTANA DE ALUMINIO Y VIDRIO	M2	6,64	123,8	822,03	1 día

Fuente: (Mi Lote, 2018)

El siguiente conjunto de actividades se concentra en los revestimientos o comúnmente denominado acabados, los cuales tienen un tiempo de ejecución de 7 días, con un valor total de 2.708,37 USD, es uno de los rubros más significativos dentro de todas las actividades de construcción.

Tabla 11 Planificación Revestimiento

N°	REVESTIMIENTOS	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	DURACIÓN
1	PISO DE CERÁMICA 40X40	M2	50,6	36,85	1.864,61	3 días
2	MESONES DE GRANITO	ml	3,7	134,24	496,69	2 días
3	CERAMICA EN BAÑOS (PISO Y PARED)	M2	8,62	33,46	288,43	1 día
4	RASTRERA	ml	14,2	4,13	58,65	1 día
TOTAL					2.708,37	7 días

En cuanto al detalle de las actividades de revestimiento, se tiene con el mayor valor la instalación de pisos de cerámica con un total de 1.864 USD con un tiempo de ejecución de 3 días (la de más larga duración), seguido se encuentra la instalación de los mesones de granito con un valor de 496,66 USD y un tiempo de ejecución de 2 días. Finalmente, se tiene a la instalación de cerámica de baño y rastretera con un valor de 288,43 USD y 58,65 USD respectivamente con una duración cada una de 1 día.

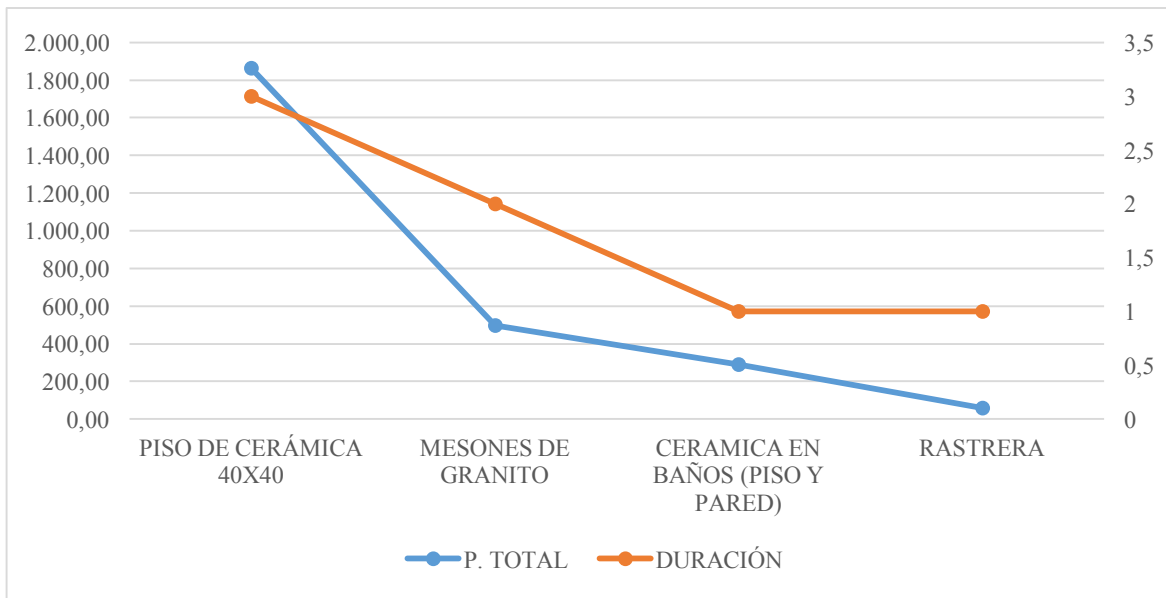


Figura 9. Comparación planificación estructuras

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Al realizar la comparación entre costo y tiempo se tiene una relación proporcional, por lo tanto, se busca disminuir el flujo de las dos variables con la aplicación del método Last Planner, con lo cual se tendría un decrecimiento de los tiempos de ejecución y posteriormente de los costos. En este sentido a través de la evaluación actual se tiene un punto de partida para mejorar

4.2 Reunión de Conocimiento del Grupo de Trabajo

Lo fundamental al iniciar la implementación de cualquier método de trabajo es conocer al grupo con el cual se interactuará. Para esto, es necesario reunir al grupo de trabajo que está involucrado en la implementación del sistema “Last Planner”. Para esto debe realizarse una reunión en donde se explique brevemente cuáles son los principios que están detrás del sistema, cómo se implementa, qué indicadores se medirán y qué resultados se esperan obtener. Los integrantes de esta reunión se recomienda que sean el administrador del proyecto, el jefe de obra, el jefe de terreno y el asistente técnico. En base al marco teórico se deben explicar el desarrollo de las diferentes etapas del plan a aplicarse.

Haciendo énfasis en las actividades que tienen restricciones que impiden que estas se realicen, para lo cual se sugiere realizar un seguimiento a cada una de estas restricciones para liberarlas y permitir la ejecución de la actividad en las fechas programadas. También es necesario explicar la dinámica de los indicadores que se medirán y de los resultados que se esperan obtener. La idea es introducir progresivamente al equipo de trabajo a los conceptos del sistema y, para que a medida que se pongan en práctica a la vez adquirieran experiencia. En otras palabras, se deben definir tareas que permitan poco a poco ir implementando diferentes elementos del sistema.

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

El proceso de planificación intermedia busca tener un horizonte de planificación mayor a una semana con el objetivo de adelantarse a los problemas que se pueden presentar al momento de ejecutar una actividad en su fecha programada. El intervalo de tiempo establecido para analizar las actividades se establece en 4 semanas ya que el tiempo de respuesta por parte de los proveedores de materiales se ajusta a este lapso de tiempo. Posterior a esto, debe desarrollarse el programa marco para determinar qué actividades están programadas durante las próximas cuatro semanas. Cada actividad se ingresa a una planilla

en donde se detallan las fechas de inicio y término programadas, las restricciones de cada actividad, el responsable de su ejecución y de su seguimiento. Las restricciones consideradas para las actividades deben realizarse en base a un control de calidad y se sugiere revisar semanalmente los siguientes puntos:

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

Para revisar estos puntos, durante la implementación es necesario establecer una reunión de forma semanal los días miércoles con el jefe de obra del proyecto. Se debe focalizar la transmisión de conocimientos en el equipo que trabaja en terreno ya que son las personas que organizan los recursos y las estrategias de trabajo.

4.4 Indicadores a Medir

Los indicadores son una manera eficiente de crear una perspectiva de los factores que influyen en la aplicación del sistema en la evolución de la obra. El control se enfoca entonces en las actividades claves de la obra: estructuras, albañilería, carpintería, aluminio y vidrio, revestimientos, pintura, tumbado, excavaciones y obras complementarias:

- Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y Causas de No Cumplimiento (CNC). Los dos se miden entre semana y al final de cada semana. El objetivo es valorar a mitad de semana en curso el nivel de actividades desarrolladas satisfactoriamente, para reconocer aquellas tareas que no han sido iniciadas o no han alcanzado el avance proyectado de acuerdo con lo planificado y de esta forma integrar la información y datos suficientes para aplicar acciones correctivas que corrijan el tiempo de entrega.
- Proporciones de hierro, moldaje y cemento aplicados cada semana para desarrollar la curva de producción o progreso físico. Esta curva se contrasta con la curva de producción teórica, la cual es una referencia en relación con los tiempos de ejecución, de acuerdo con lo planificado en el esquema de barras. De esta forma se logra compararla de manera gráfica con la curva teórica, y sacar conclusiones efectivas que ayuden a determinar si existen atrasos o adelantados con referencia al proyecto total. Los dos estados son positivos, puesto que si se identifica un retraso se tendrá el tiempo suficiente para rectificarlo y en el caso de tener adelantos se convierte en una forma de incentivo para el equipo de trabajo.
- Productividad de los trabajadores que desarrollan las actividades principales analizadas. Se determinan las características de las actividades efectuadas por los trabajadores, catalogándolas como productivas, no productivas, contributorias o detenciones. En teoría si se logra equilibrar el flujo de trabajo, la productividad de los trabajadores debe incrementarse y esto precisamente es lo que se verifica o constata con estas evaluación y valoraciones.

Todos los índices evaluados semana a semana se sistematizan para construir estadísticas de comportamiento, y así poder tener un mejor control y seguimiento del proyecto de construcción.

4.5 Periodo de implementación del sistema

El periodo total de implementación fue de 5 semanas que abarcaron desde el día 6 de abril de 2019 hasta el 5 de mayo de 2019. El calendario relacionado con el proyecto se realiza los días laborables de la semana, es decir, de lunes a viernes, excluyendo los días feriados. Previo al análisis de resultados de ejecución se considera fundamental establecer que en el transcurso de la implementación del sistema todos los componentes anteriormente descritos se ejecutaron de acuerdo con la nueva planificación, es decir, mediante Last Planner con el objetivo de optimizar tiempos. Adicionalmente, se debe destacar que la reunión de trabajo debe realizarse para socializar la nueva metodología de trabajo, con la participación de todos los involucrados.

4.6 Análisis de Restricciones

Cada actividad que se encuentra integrada dentro de la Planificación Intermedia tiene restricciones relacionadas que limitan su desarrollo, para lo cual se asignan responsables cuyo objetivo principal es liberarlas. Esto requiere a ejecución de dos procesos: revisión y preparación.

- La revisión se basa en establecer la entrada de las actividades al período de lookahead dependiendo si sus restricciones tienen la posibilidad ser liberadas dentro del periodo de ejecución determinado y a la probabilidad de solucionarlas antes del inicio programado.
- La Preparación dentro de los parámetros del proyecto se fundamenta en gestionar las acciones necesarias para liberar o dar solución a las restricciones identificadas dejando la actividad lista para iniciar. En el momento que se tenga la certeza de que la restricción fue liberada, se puede incluir estas actividades al Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).

Algunas de las restricciones que se han encontrado en el proyecto Mi Lote y que son generales también en el sector de la construcción son por diseño, asociada a la falta de planos y detalles; materiales, mano de obra, equipos, prerequisites legales, relacionada a las actividades que están inconclusas y que anteceden a la actividad que se va a ejecutar, entre otras causas que varían de acuerdo al proyecto en ejecución.

Tabla 12 Análisis de Restricciones

CODIFICACIÓN	ACTIVIDADES	RESTRICCIONES							LIBERACIÓN
		Información	Actividad precedente	Espacio	Mano de Obra	Material	Equipo	Condiciones Externas	
MLR-1	INSTALACION PROVISIONAL	x		x			x		Sí
MLR-2	TRAZADO Y REPLANTEO		x				x	x	Sí
MLR-3	CIMENTACION (PLINTOS) 12 plintos		x		x				Sí
MLR-4	RIOSTRAS 12 vigas		x			x			Sí
MLR-5	HIERRO MAS CHICOTES		x	x			x	x	Sí
MLR-6	PILARES DE HORMIGON	x		x	x				Sí
MLR-7	PILARETES	x	x		x		x	x	Sí
MLR-8	VIGAS DE AMARRE HORMIGON			x					Sí
MLR-9	BASES PARA MEDIDORES	x		x		x	x		No
MLR-10	CAJA DE REGISTROS AA.SS. INT								Sí
MLR-11	CONTRAPISO 8 CM			x					Sí
MLR-12	DINTELES	x		x			x		Sí
MLR-13	CONTRAPISO BAJO MESON		x				x	x	Sí
MLR-14	CUADRADO DE BOQUETE DE PUERT. VENT.		x		x				Sí

MLR-15	ENLUCIDO DE FILOS		x			x			No
MLR-16	ENLUCIDO EXTERIOR VILLA 1P		x	x			x	x	Sí
MLR-17	ENLUCIDO INTERIOR	x		x	x				Sí
MLR-18	MESON DE HORMIGON	x	x		x		x	x	Sí
MLR-19	CANALON			x					Sí
MLR-20	LOSETA EN FACHADA	x		x		x	x		Sí
MLR-21	PAREDES EN VILLA DE 1P	x		x			x		No
MLR-22	CERAMICA EN FACHADA		x				x	x	No
MLR-23	CUBIERTA EST. METALICA		x		x				No
MLR-24	REJAS EN VENTANAS		x			x			No
MLR-25	PUERTA METALICA DECORATIVA 0.80X2.00		x	x			x	x	No
MLR-26	CUBIERTA ETERNIT	x		x	x				No
MLR-27	PUNTO DE LUZ DE 110V (INC. INTERRUPTOR)	x	x		x		x	x	Sí
MLR-28	PUNTO DE 240V			x					Sí
MLR-29	ACOMETIDA ELECTRICA	x		x		x	x		Sí
MLR-30	PUNTO DE TOMACORRIENTE (INC. TOMA)	x		x			x		No
MLR-31	CAJA PANEL 8-16		x				x	x	Sí
MLR-32	CABLEADO INTERIOR DE VILLA		x		x				Sí
MLR-33	AA.SS. DESAGUE		x			x			Sí
MLR-34	AGUA POTABLE		x	x			x	x	Sí
MLR-35	LLAVE DE DUCHA	x		x	x				Sí
MLR-36	LAVAPLATOS MAS ACCESORIO	x	x		x		x	x	Sí
MLR-37	PUERTA DE MADERA			x					Sí

MLR-38	VENTANA DE ALUMINIO Y VIDRIO	x		x		x	x		No
MLR-39	PISO DE CERÁMICA 40X40	x		x			x		No
MLR-40	MESONES DE GRANITO		x				x	x	No
MLR-41	ARREGLO DE TERRENO		x		x				Sí
MLR-42	PAREDES CERRAMIENTO		x			x			Sí
MLR-43	PILARETES DE CERRAMIENTO		x	x			x	x	Sí

Elaborado por: el autor

4.7 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable

Cada actividad que queda liberada de las restricciones pasa a ser ejecutable y el conjunto de éstas forman el Inventario de Trabajo Ejecutable. En esta tabla se agregan todas las tareas liberadas, con su correspondiente fecha de inicio y finalización. Como éstas pueden ser una gran cantidad imposible de ejecutar en la misma semana, en otra columna se coloca una casilla para ser marcada en caso de que la actividad entre a la planificación semanal.

Tabla 13 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable

ACTIVIDADES	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	RESPONSABLE
ESTRUCTURAS	06/04/2019	06/04/2019		x				Jefe de Obra
CIMENTACION (PLINTOS) 12 plintos	07/04/2019	07/04/2019			x			Jefe de Obra
RIOSTRAS 12 vigas	08/04/2019	08/04/2019			x			Jefe de Obra
VIGAS DE AMARRE HORMIGON	12/04/2019	12/04/2019				x		Jefe de Obra
ALBAÑILERIA	13/04/2019	13/04/2019				x		Jefe de Obra
BASES PARA MEDIDORES	14/04/2019	14/04/2019					x	Jefe de Obra
CAJA DE REGISTROS AA.SS. INT	15/04/2019	15/04/2019			x			Jefe de Obra

CARPINTERIA	09/04/2019	09/04/2019	x					Jefe de Obra
PUERTA DE MADERA	10/04/2019	10/04/2019			x			Jefe de Obra
ALUMINIO Y VIDRIO	11/04/2019	11/04/2019		x				Jefe de Obra
VENTANA DE ALUMINIO Y VIDRIO	12/04/2019	12/04/2019			x			Jefe de Obra
REVESTIMIENTOS	13/04/2019	13/04/2019		x				Jefe de Obra
PISO DE CERÁMICA 40X40	14/04/2019	14/04/2019			x			Jefe de Obra
MESONES DE GRANITO	15/04/2019	15/04/2019			x			Jefe de Obra
CERAMICA EN BAÑOS (PISO Y PARED)	16/04/2019	16/04/2019		x				Jefe de Obra
RASTRERA	17/04/2019	17/04/2019			x			Jefe de Obra
PINTURA	18/04/2019	18/04/2019			x			Jefe de Obra
SELLADO DE VILLA	19/04/2019	19/04/2019				x		Jefe de Obra
EMPASTADA PAREDES INTERIORES	20/04/2019	20/04/2019				x		Jefe de Obra
PINTURA INTERIOR	21/04/2019	21/04/2019		x				Jefe de Obra
PINTURA EXTERIOR	22/04/2019	22/04/2019			x			Jefe de Obra
TUMBADO	23/04/2019	23/04/2019			x			Jefe de Obra
TUMBADO DE YESO TIPO LOSA	24/04/2019	24/04/2019		x				Jefe de Obra
EXCAVACIONES	25/04/2019	25/04/2019		x				Jefe de Obra
EXCAVACIÓN A MANO	26/04/2019	26/04/2019		x				Jefe de Obra
RELLENO INTERIOR CON MATERIAL PRESTAMO	27/04/2019	27/04/2019		x				Jefe de Obra
RELLENO INTERIOR MAT. DEL LUGAR	28/04/2019	28/04/2019			x			Jefe de Obra
OBRAS COMPLEMENTARIAS	29/04/2019	29/04/2019			x			Jefe de Obra
ARREGLO DE TERRENO	30/04/2019	30/04/2019				x		Jefe de Obra
PAREDES CERRAMIENTO	01/05/2019	01/05/2019				x		Jefe de Obra
PILARETES DE CERRAMIENTO	02/05/2019	02/05/2019					x	Jefe de Obra
MUROS DE CERRAMIENTOS	03/05/2019	03/05/2019			x			Jefe de Obra
VARIOS	04/05/2019	04/05/2019		x				Jefe de Obra
CONTROL DE BODEGA	05/05/2019	05/05/2019			x			Jefe de Obra
DESALOJO	06/05/2019	06/05/2019		x				Jefe de Obra
ENSAYO DE RESISTENCIA	07/05/2019	07/05/2019			x			Jefe de Obra
LIMPIEZA (O. GRUESA)	08/05/2019	08/05/2019			x			Jefe de Obra
GUARDIANIA	09/05/2019	09/05/2019				x		Jefe de Obra
LAVARROPA	10/05/2019	10/05/2019			x			Jefe de Obra

Elaborado por: el autor

4.8 Entrega de la Planificación Semanal

Una vez filtradas las actividades del Inventario de Trabajo Ejecutable, se constituye la Planificación Semanal. Ésta es una tercera fase, donde aparece la actividad programada, el responsable de la actividad y el subcontrato integrado.

En esta tabla de control también se integran otros elementos, donde luego en el análisis de resultados se completará con el porcentaje de realización y las causas de no cumplimiento.

Todos los lunes se realiza una Reunión de Coordinación donde se les entrega a cada responsable la Planificación Semanal (Jefe de Obra, Capataces y Supervisores de Subcontratos). Los puntos más importantes por tratar eran los siguientes:

- Examen del PAC de la semana anterior.
- Acotaciones y análisis relacionadas con las causas de no cumplimiento.
- Revisión y distribución de la Planificación Semanal siguiente
- Revisión de restricciones del horizonte de trabajo

La asistencia de estas reuniones es de carácter obligatorio, para que todos estuviesen en conocimiento de las tareas programadas y tuvieran la posibilidad de exponer los inconvenientes que pudiesen tener. Es importante para la implementación de este sistema que todos se sientan involucrados, para generar compromiso y así tener buenos resultados.

Tabla 14 Entrega de la Planificación Semanal

ACTIVIDADES	FECHA DE INCIO	FECHA DE FINALIZACIÓN	RESPONSABLE	SUBCONTRATO	CUMPLIMIENTO	Causa de no Cumplimiento	
						Clasificación General	Detalles
ESTRUCTURAS	06/04/2019	06/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
CIMENTACION (PLINTOS) 12 plintos	07/04/2019	07/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
RIOSTRAS 12 vigas	08/04/2019	08/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
VIGAS DE AMARRE HORMIGON	12/04/2019	12/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
ALBAÑILERIA	13/04/2019	13/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
BASES PARA MEDIDORES	14/04/2019	14/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
CAJA DE REGISTROS AA.SS. INT	15/04/2019	15/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
CARPINTERIA	09/04/2019	09/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
PUERTA DE MADERA	10/04/2019	10/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
ALUMINIO Y VIDRIO	11/04/2019	11/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
VENTANA DE ALUMINIO Y VIDRIO	12/04/2019	12/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
REVESTIMIENTOS	13/04/2019	13/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
PISO DE CERÁMICA 40X40	14/04/2019	14/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
MESONES DE GRANITO	15/04/2019	15/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
CERAMICA EN BAÑOS (PISO Y PARED)	16/04/2019	16/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
RASTRERA	17/04/2019	17/04/2019	Jefe de Obra	No	No		<i>No se consiguieron los materiales asignados para el proyecto</i>
PINTURA	18/04/2019	18/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
SELLADO DE VILLA	19/04/2019	19/04/2019	Jefe de Obra	Si	Si		
EMPASTADA PAREDES INTERIORES	20/04/2019	20/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		

PINTURA INTERIOR	21/04/2019	21/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
PINTURA EXTERIOR	22/04/2019	22/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
TUMBADO	23/04/2019	23/04/2019	Jefe de Obra	Si	Si		
TUMBADO DE YESO TIPO LOSA	24/04/2019	24/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
EXCAVACIONES	25/04/2019	25/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
EXCAVACIÓN A MANO	26/04/2019	26/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
RELLENO INTERIOR CON MATERIAL PRESTAMO	27/04/2019	27/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
RELLENO INTERIOR MAT. DEL LUGAR	28/04/2019	28/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
OBRAS COMPLEMENTARIAS	29/04/2019	29/04/2019	Jefe de Obra	No	Si		
ARREGLO DE TERRENO	30/04/2019	30/04/2019	Jefe de Obra	Si	Si		
PAREDES CERRAMIENTO	02/05/2019	02/05/2019	Jefe de Obra	No	Si		
PILARETES DE CERRAMIENTO	02/05/2019	02/05/2019	Jefe de Obra	No	Si		
MUROS DE CERRAMIENTOS			Jefe de Obra	No	No		<i>No se tiene la mano de obra necesaria para la construcción del cerramiento</i>
	03/05/2019	03/05/2019					
VARIOS	04/05/2019	04/05/2019	Jefe de Obra	Si	Si		
CONTROL DE BODEGA	05/05/2019	05/05/2019	Jefe de Obra	No	Si		
DESALOJO	06/05/2019	06/05/2019	Jefe de Obra	No	Si		
ENSAYO DE RESISTENCIA	07/05/2019	07/05/2019	Jefe de Obra	No	Si		
LIMPIEZA (O. GRUESA)	08/05/2019	08/05/2019	Jefe de Obra	No	Si		
GUARDIANIA	09/05/2019	09/05/2019	Jefe de Obra	No	Si		
LAVARROPA	10/05/2019	10/05/2019	Jefe de Obra	No	Si		

Elaborado por: el autor

Para ilustrar el desarrollo de las actividades se presentan los planos y perspectivas del proyecto “Mi Lote”.

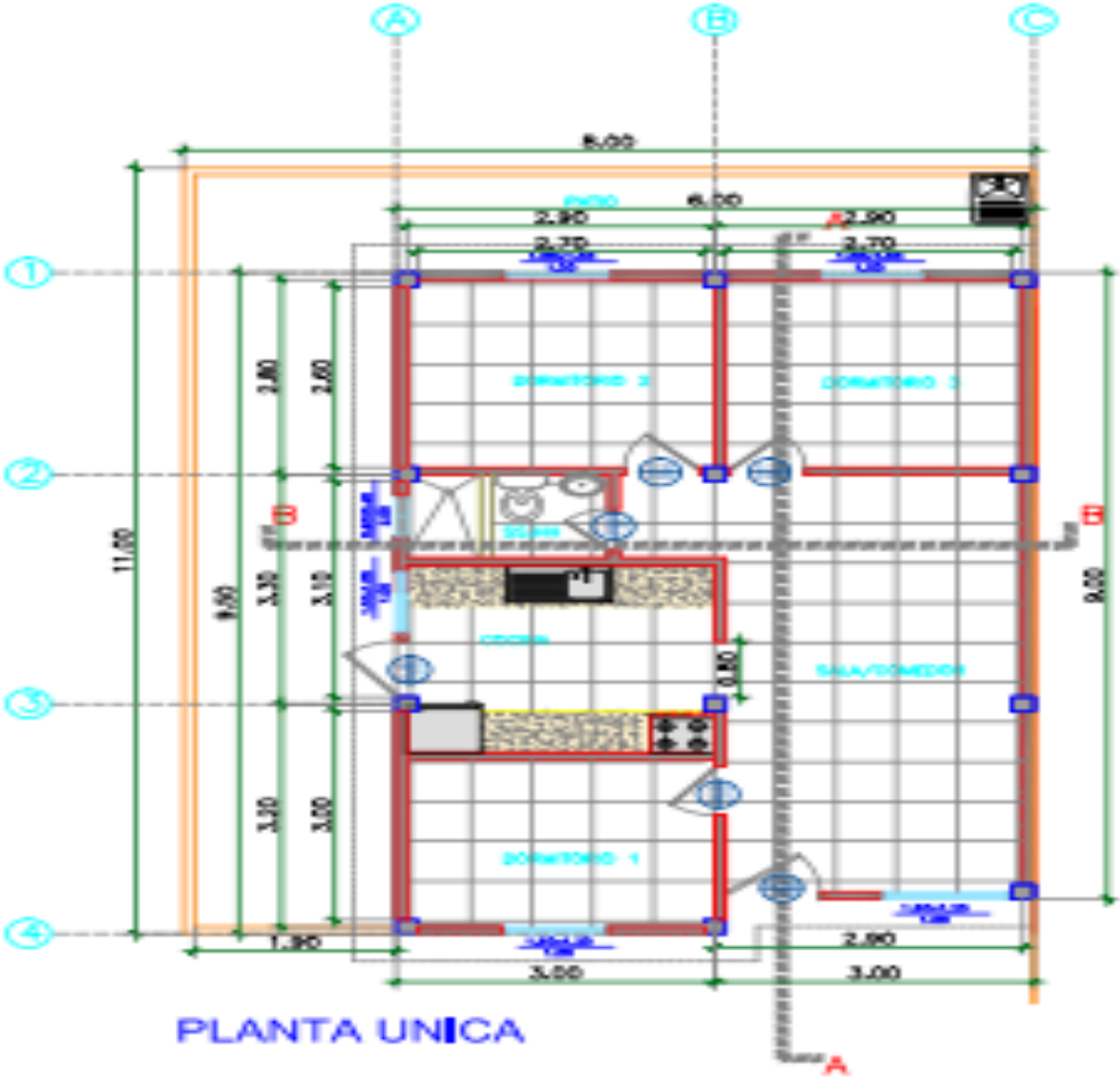
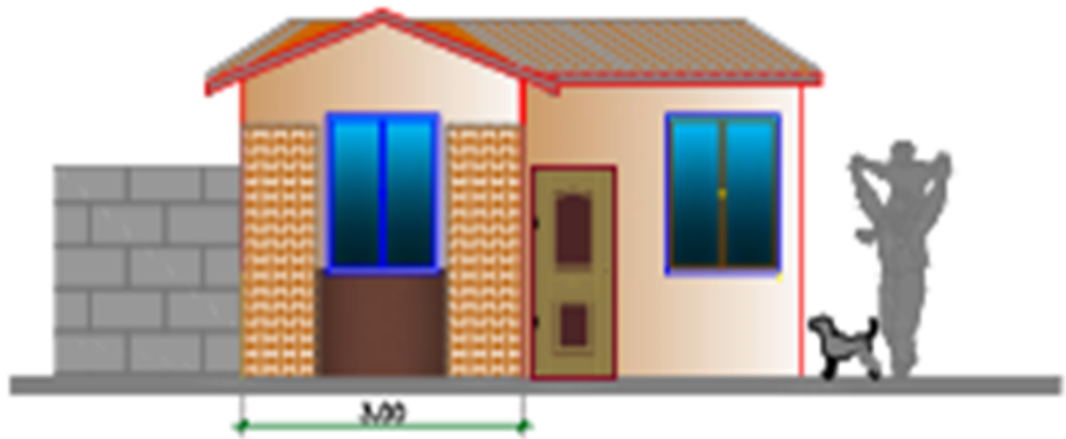
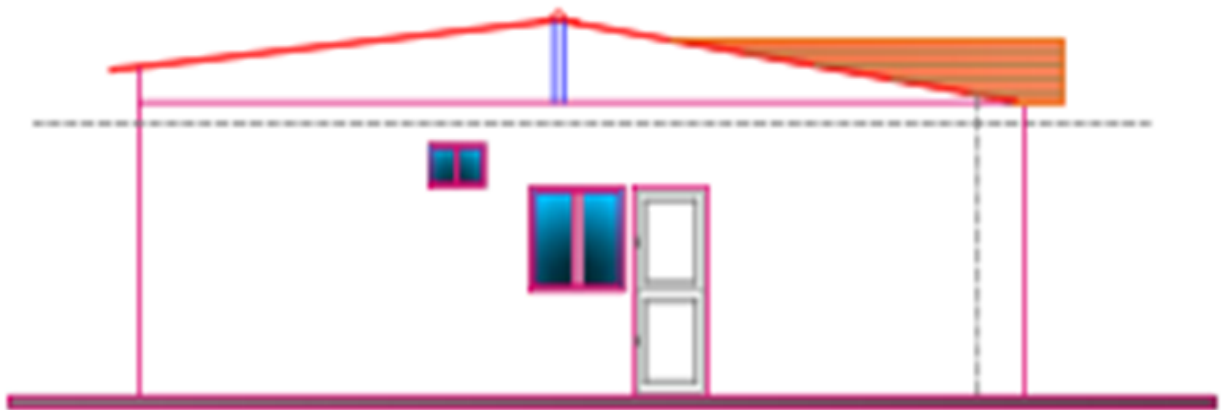


Figura 10. Plan Única
Fuente: Proyecto Mi Lote



FACHADA FRONTAL



FACHADA LATERAL

Figura 11. Fachada frontal y lateral

Fuente: Proyecto Mi Lote

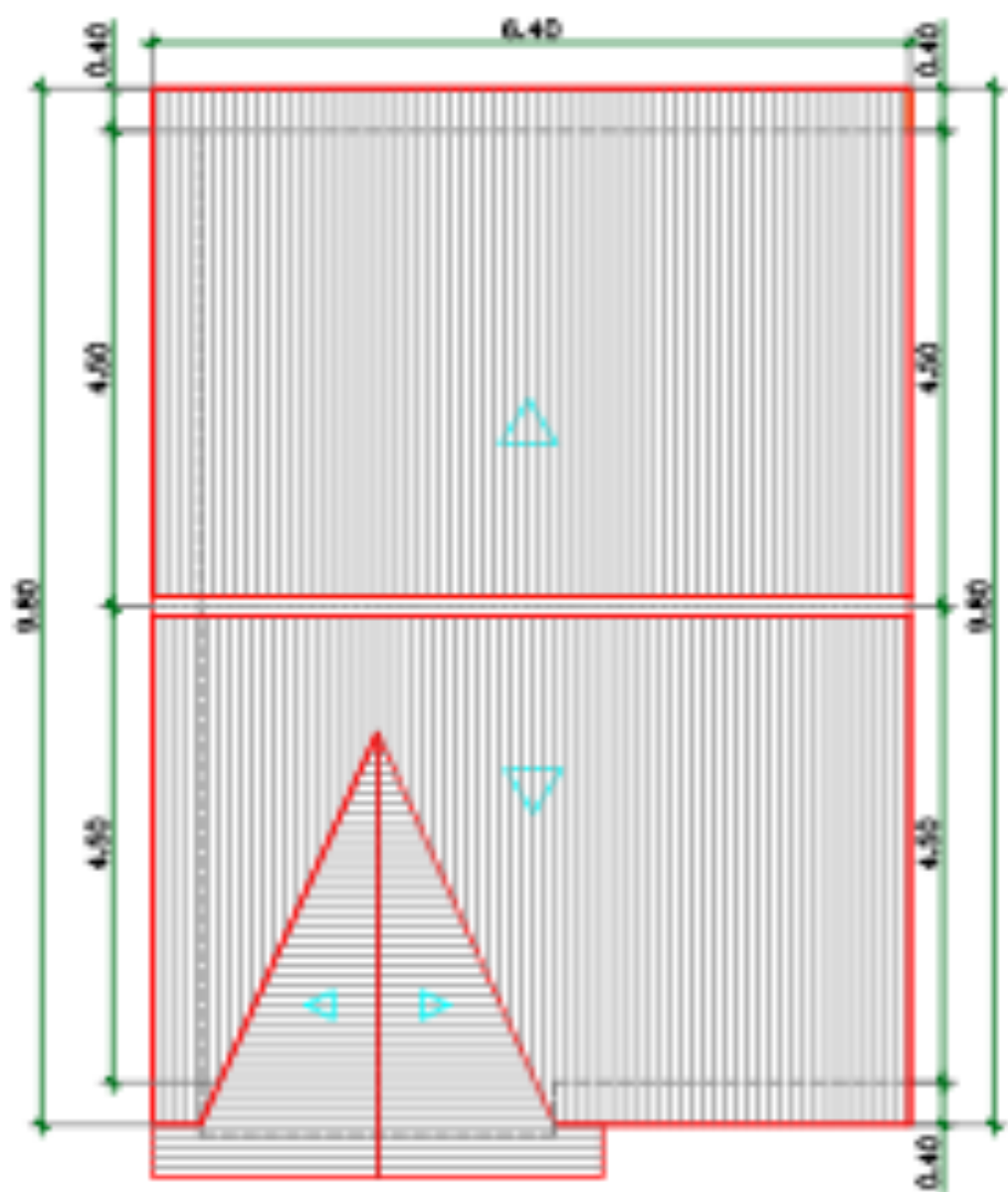


Figura 12. Plano general

Fuente: Proyecto Mi Lote

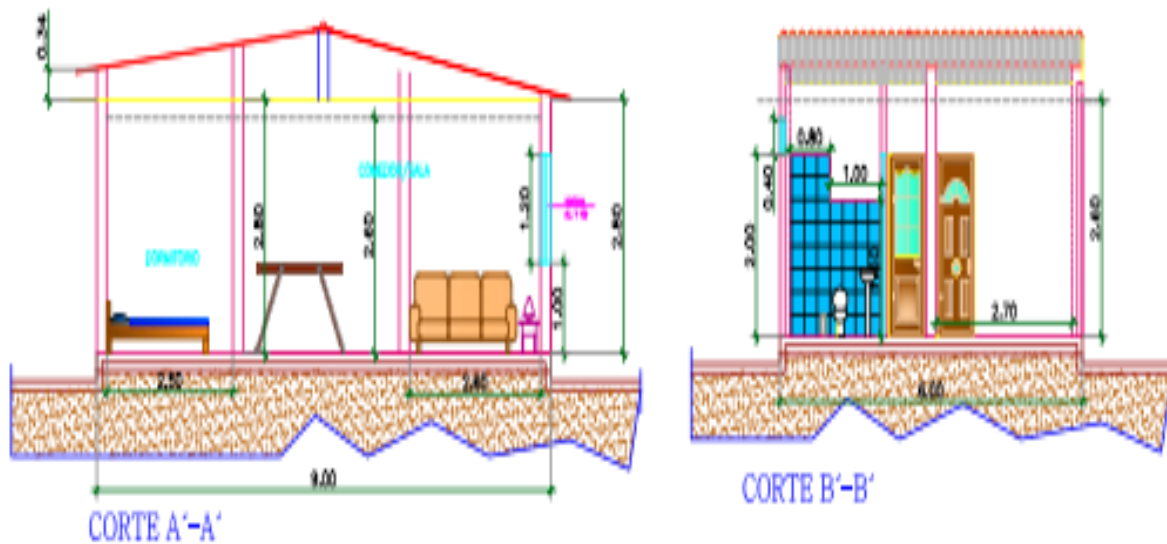


Figura 13. Corte A y B

Fuente: Proyecto Mi Lote

4.9 Resultados de la Implementación

Continuando con la implementación de la metodología de Last Planner, se muestran los resultados logrados a través de los procesos de esta forma de planificación. Los resultados se basan en la medición de los indicadores PAC y CNC que fueron detalladas anteriormente, para un mejor dimensionamiento de su alcance se convierten en el factor clave que diferencia a este método en particular de otros, pues permite verificar el cumplimiento para tomar acciones sobre la marcha que permitan mejorar los tiempos de entrega.

4.10 Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

Como se mencionó anteriormente, de forma semanal se aplica la medición de la proporción o nivel de actividades planificadas y ejecutadas. En este proyecto, considerando que las reuniones están programadas para que se realicen de forma semanal, específicamente los miércoles por la mañana, considerando que la semana de trabajo inicia el miércoles y terminan el martes de la próxima semana. Todos los miércoles se realiza la planificación para la semana que inicia. En el transcurso de la semana se deben realizar dos controles del PAC:

Primer Control: PAC a mitad de la programación semanal. -

El primer control se realiza los lunes de cada semana por la mañana, antes de iniciar la jornada laboral y se comprueba lo realizado los días anteriores de acuerdo con la planificación, para tener un levantamiento de información de la mano de los trabajadores. Esta valoración es denominada PAC primera fase y consecuentemente, el control y seguimiento se lo realiza de la siguiente forma.

Tabla 15 Primer Control: PAC a mitad de la programación semanal

ACTIVIDADES	INCIO	FIN	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	RESPONSABLE	PAC	% Avance		Motivos
										Real	Teórico	
ESTRUCTURAS	06/04/2019	06/04/2019		x				Jefe de Obra	1	100	100	
CIMENTACION (PLINTOS) 12 plintos	07/04/2019	07/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
RIOSTRAS 12 vigas	08/04/2019	08/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
VIGAS DE AMARRE HORMIGON	12/04/2019	12/04/2019				x		Jefe de Obra	1	100	100	
ALBAÑILERIA	13/04/2019	13/04/2019				x		Jefe de Obra	1	100	100	

BASES PARA MEDIDORES	14/04/2019	14/04/2019					x	Jefe de Obra	1	100	100	
CAJA DE REGISTROS AA.SS. INT	15/04/2019	15/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
CARPINTERIA	09/04/2019	09/04/2019	x					Jefe de Obra	1	100	100	
PUERTA DE MADERA	10/04/2019	10/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
ALUMINIO Y VIDRIO	11/04/2019	11/04/2019		x				Jefe de Obra	1	100	100	
VENTANA DE ALUMINIO Y VIDRIO	12/04/2019	12/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
REVESTIMIENTOS	13/04/2019	13/04/2019		x				Jefe de Obra	0	85	100	Falta de material
PISO DE CERÁMICA 40X40	14/04/2019	14/04/2019			x			Jefe de Obra	0	89	100	Piso irregular (aumento proceso nivelación)
MESONES DE GRANITO	15/04/2019	15/04/2019			x			Jefe de Obra	0	70	50	Retraso en acabado de pisos
CERAMICA EN BAÑOS (PISO Y PARED)	16/04/2019	16/04/2019		x				Jefe de Obra	0	65	70	Retraso en acabado de pisos
RASTRERA	17/04/2019	17/04/2019			x			Jefe de Obra	0	50	75	Lluvia
PINTURA	18/04/2019	18/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
SELLADO DE VILLA	19/04/2019	19/04/2019				x		Jefe de Obra	1	100	100	
EMPASTADA PAREDES INTERIORES	20/04/2019	20/04/2019				x		Jefe de Obra	1	100	100	
PINTURA INTERIOR	21/04/2019	21/04/2019		x				Jefe de Obra	1	100	100	
PINTURA EXTERIOR	22/04/2019	22/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
TUMBADO	23/04/2019	23/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
TUMBADO DE YESO TIPO LOSA	24/04/2019	24/04/2019		x				Jefe de Obra	0	92	100	Lluvia
EXCAVACIONES	25/04/2019	25/04/2019		x				Jefe de Obra	0	81	60	Lluvia
EXCAVACIÓN A MANO	26/04/2019	26/04/2019		x				Jefe de Obra	1	100	100	
RELLENO INTERIOR CON MATERIAL PRESTAMO	27/04/2019	27/04/2019		x				Jefe de Obra	1	100	100	

RELLENO INTERIOR MAT. DEL LUGAR	28/04/2019	28/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
OBRAS COMPLEMENTARIAS	29/04/2019	29/04/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
ARREGLO DE TERRENO	30/04/2019	30/04/2019				x		Jefe de Obra	1	100	100	
PAREDES CERRAMIENTO	01/05/2019	01/05/2019				x		Jefe de Obra	0	90	100	Falta de material
PILARETES DE CERRAMIENTO	02/05/2019	02/05/2019					x	Jefe de Obra	0	93	80	Lluvia
MUROS DE CERRAMIENTOS	03/05/2019	03/05/2019			x			Jefe de Obra	0	86	80	Plintos desajustados
VARIOS	04/05/2019	04/05/2019		x				Jefe de Obra	1	100	100	
CONTROL DE BODEGA	05/05/2019	05/05/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
DESALOJO	06/05/2019	06/05/2019		x				Jefe de Obra	1	100	100	
ENSAYO DE RESISTENCIA	07/05/2019	07/05/2019			x			Jefe de Obra	1	100	100	
LIMPIEZA (O. GRUESA)	08/05/2019	08/05/2019			x			Jefe de Obra	0	90	100	Lluvia
GUARDIANIA	09/05/2019	09/05/2019				x		Jefe de Obra	0	93	60	Falta de material
LAVARROPA	10/05/2019	10/05/2019			x			Jefe de Obra	0	95	70	Falta de personal

Elaborado por: el autor

A partir de la semana del 20 de abril de 2019, se genera un control de los niveles de culminación de las actividades efectuadas a la mitad de semana. En el formato de control se marca con 1 en el caso de que la actividad presente un nivel de avance real mayor o igual que el nivel de avance teórico de acuerdo con la planificación, y un 0 si no se cumple esta condición. Al establecer este parámetro, las actividades que pueden ser adelantadas se convierten en un ahorro tanto de tiempos como de recursos económicos y financieros, y a la vez se consideran dentro del porcentaje de actividades completadas. Con relación al proyecto “Mi Lote”, las 29 actividades que se realizan para la construcción de vivienda, esta comienza el 6 de abril de 2019, no obstante, se pudo comenzar dos días antes para lograr completar las actividades al 100%. En consecuencia, al realizar el control el lunes en la mañana se podía

tener un avance casi complemento en físico, pero sin la planificación, no se puede conseguir este ahorro de tiempo y recursos. En este sentido se identifica con 1 a la actividad que puede mejorarse. Adicionalmente, como lo fundamental es aplicar acciones correctivas eficientemente, por otra parte, las actividades que presentan un avance real menor al planificado se detalla la causa de no cumplimiento (CNC). Las CNC simbolizan las razones por las cuales la programación de trabajo semanal no puede ser cumplido de forma satisfactoria.

- Deficiente planificación
- Problemas en trámites legales (prerrequisitos)
- Planos con fallas técnicas
- Falta de trabajadores
- Incumplimiento de los contratistas
- Retrasos en la entrega de insumos por parte de los proveedores
- Deficiencias técnicas en los equipos
- Deficiente desempeño de los trabajadores
- Alteraciones en los tiempos y estructura del proyecto
- Cambio en la asignación de recursos
- Clima adverso

Tabla 16 Causas de no Cumplimiento detectadas

ACTIVIDADES	INCIO	FIN	% PAC	PAC Acumulado
REVESTIMIENTOS	13/04/2019	13/04/2019	85	100
PISO DE CERÁMICA 40X40	14/04/2019	14/04/2019	89	100
MESONES DE GRANITO	15/04/2019	15/04/2019	70	50
CERAMICA EN BAÑOS (PISO Y PARED)	16/04/2019	16/04/2019	65	70
RASTRERA	17/04/2019	17/04/2019	50	75
TUMBADO DE YESO TIPO LOSA	24/04/2019	24/04/2019	92	100
EXCAVACIONES	25/04/2019	25/04/2019	81	60
PAREDES CERRAMIENTO	01/05/2019	01/05/2019	90	100
PILARETES DE CERRAMIENTO	02/05/2019	02/05/2019	93	80
MUROS DE CERRAMIENTOS	03/05/2019	03/05/2019	86	80

LIMPIEZA (O. GRUESA)	08/05/2019	08/05/2019	90	100
GUARDIANIA	09/05/2019	09/05/2019	93	60
LAVARROPA	10/05/2019	10/05/2019	95	70

Elaborado por: el autor

En promedio las actividades que tienen retrasos en el avance muestran un promedio de cumplimiento del 83%, lo que no representa un problema importante, puesto que puede mejorarse a través de acciones correctivas que deben aplicarse de forma inmediata para cumplir con los tiempos preestablecidos. Una de las actividades que presenta un mayor retraso es la aplicación de la rastrera con el 50% de avance, afectada principalmente por las condiciones climáticas, para lo cual se debe procurar instalarla pasado las 3 de la tarde, hora en la cual las lluvias cesan. También la aplicación de cerámica presenta niveles similares, con un avance del 65%, siendo los principales factores que influyen en su retraso los pisos irregulares que deben ser igualados para que la cerámica pueda adherirse de forma correcta, por lo tanto, es necesario que en el momento que se realicen las fundiciones de piso se procure tener superficies homogéneas, para tener un mayor ahorro de tiempo.

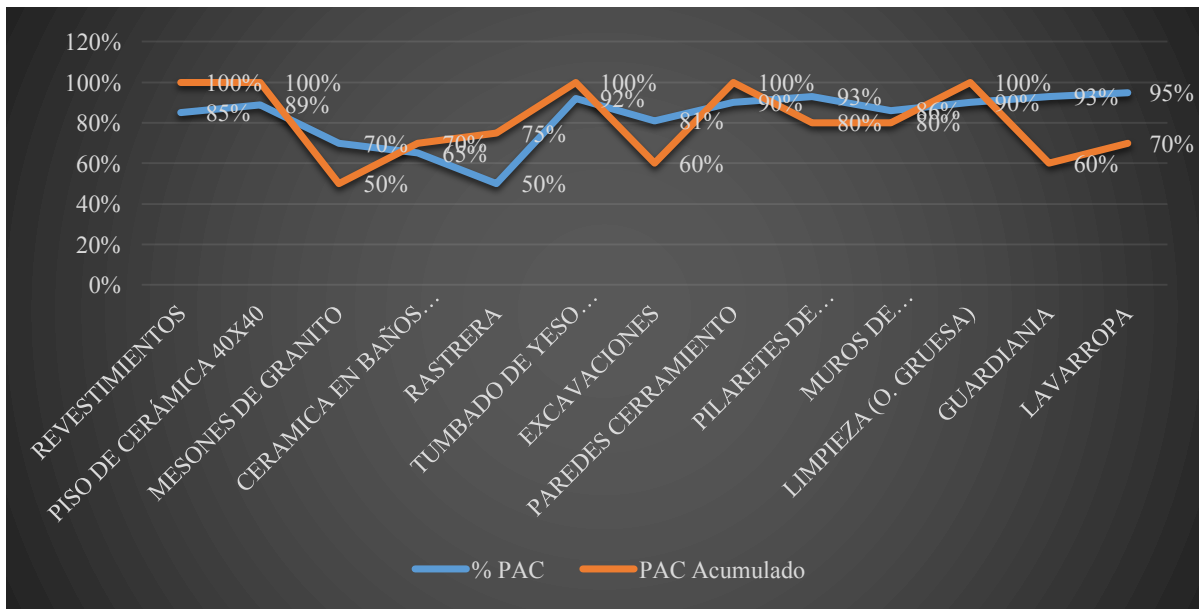


Figura 14. Causas de no Cumplimiento detectadas

Fuente: (Mi Lote, 2018)

Como se observa en la figura, el desarrollo de las actividades en su mayoría tienen un gran avance, no obstante, el objetivo de la aplicación de la metodología Last Planner es mejorar el uso del tiempo y consecuentemente optimizar costos. En este sentido el propósito es establecer como base para los primeros avances en 90%. Para tener un margen de maniobra que permita aplicar acciones correctivas para llegar al 100% de cumplimiento.

Tabla 17 Causas de no Cumplimiento detectadas

Causa de no Cumplimiento	Origen del no Cumplimiento	Frecuencia	Porcentaje
Deficiente planificación	Interno	2	6%
Problemas en la tramitación legal (prerrequisitos)	Externo	5	16%
Planos con fallas técnicas	Interno	0	0%
Falta de trabajadores	Externo	1	3%
Incumplimiento de los contratistas	Externo	0	0%
Retrasos en la entrega de insumos por parte de los proveedores	Interno	0	0%
Deficiencias técnicas en los equipos	Interno	0	0%
Deficiente desempeño de los trabajadores	Interno	2	6%
Alteraciones en los tiempos y estructura del proyecto	Interno	0	0%
Cambio en la asignación de recursos	Externo	2	6%
Clima adverso	Externo	9	28%
TOTAL		21	65%

Elaborado por: el autor

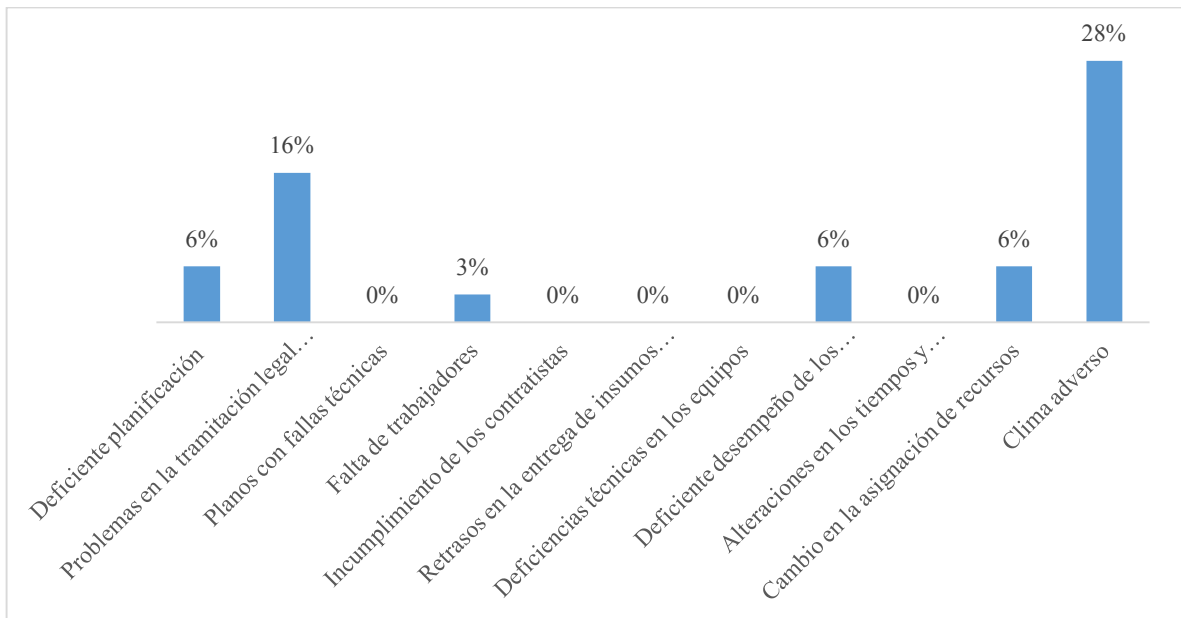


Figura 15. Causas de no Cumplimiento detectadas

Fuente: (Mi Lote, 2018)

De acuerdo con lo que se puede observar, de las 21 causas de no cumplimiento posibles en 8 semanas de evaluación, la mayor parte de las CNC se pueden suscitar principalmente, por el clima adverso (28%), trámites legales (16%), la deficiente planificación (6%), el deficiente desempeño de los trabajadores (6%) y el cambio en la asignación de recursos (6%). Estas pueden ser factores potenciales de riesgo que pueden afectar de forma significativa, por lo tanto, se requiere tener un conjunto de acciones que puedan disminuir los efectos de estos problemas; en el caso del clima adverso se pueden planificar horarios rotativos en el día y la noche, para evitar que las lluvias paren por completo las actividades de excavación y cimentación principalmente. También es importante que los trámites legales puedan ser agilizados mediante la intervención oportuna de las autoridades, las cuales son las encargadas de recopilar toda la documentación necesaria para poner en marcha proyectos habitacionales con fines sociales. La deficiente planificación por su parte responde a una programación simple y que obedece a un trabajo sin estructura, por consiguiente, con el sistema Last Planner esta deficiencia puede ser mejorada sustancialmente. El deficiente desempeño de los trabajadores es solucionable con la

capacitación y retribución justa, es decir, mediante el reconocimiento económico adecuado por el desarrollo de sus actividades. Finalmente, el cambio en la asignación de recursos puede ser evitado mediante la programación de los costos y materiales que deben tener un dimensionamiento integral para eliminar desperdicios inversiones ineficientes.

De todas las causas de no cumplimiento, el 45% son originadas por factores internos y un 55% por factores externos. Esto significa que el 45% de las actividades pueden no realizarse de acuerdo con lo planificado debido a elementos que pueden ser gestionados por el desarrollador del proyecto “Mi Lote”, las cuales se consideran internas. Las demás actividades no se realizan de acuerdo con la programación por razones que pueden depender del administrador o de la constructora a cargo, esto se consideran elementos externos.

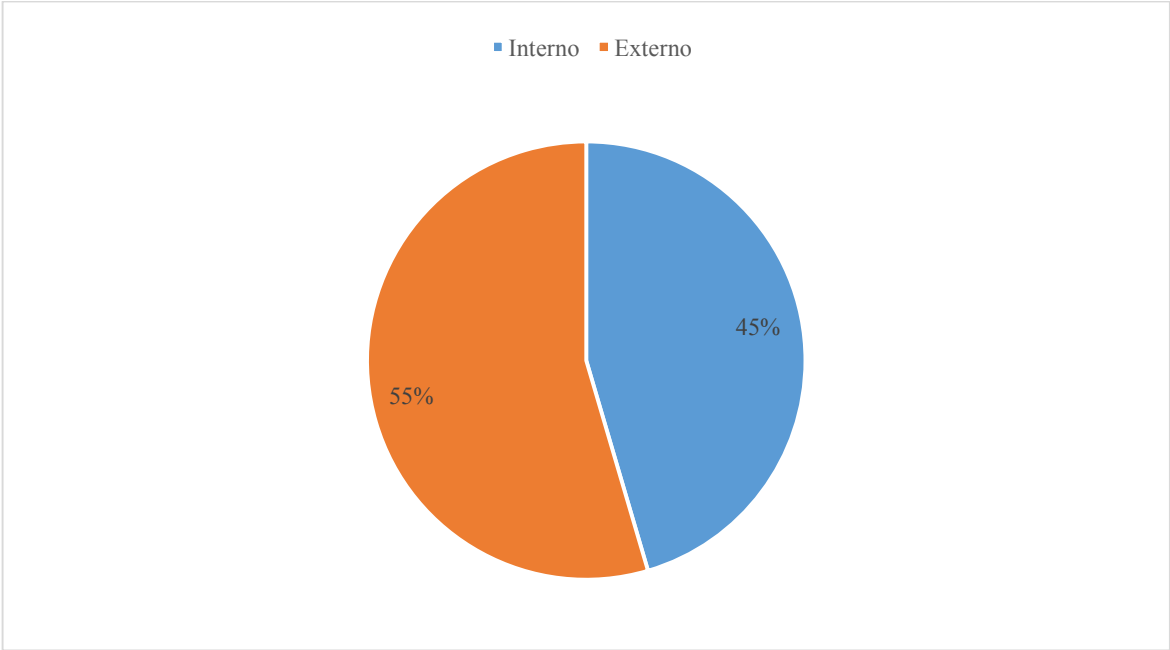


Figura 16. CNC internas y externas primer control

Elaborado por: el autor

Segundo Control: PAC al término de la semana. –

Los factores analizados en el primer control que se realizan los días lunes, el segundo control se realiza a finales de semana, es decir, los días viernes, dentro de la planificación semanal. La diferencia de este control es que el segundo PAC, se comienza dos semanas antes que el primer seguimiento, en otras palabras, los datos que se obtienen desde finales de marzo hasta inicios de junio. La estructura de control es similar a la establecida para el primer PAC. La diferencia radica en las fechas establecidas para el control, que en este caso fue el viernes en las primeras horas del día.

Tabla 18 PAC Inicio de Semana

ACTIVIDADES	INCIO	FIN	% PAC	PAC Acumulado
REVESTIMIENTOS	25/03/2019	25/03/2019	60	80
PISO DE CERÁMICA 40X40	01/04/2019	01/04/2019	70	80
MESONES DE GRANITO	15/04/2019	15/04/2019	70	45
CERAMICA EN BAÑOS (PISO Y PARED)	16/04/2019	16/04/2019	55	60
RASTRERA	17/04/2019	17/04/2019	40	70
TUMBADO DE YESO TIPO LOSA	24/04/2019	24/04/2019	80	80
EXCAVACIONES	25/04/2019	25/04/2019	73	50
PAREDES CERRAMIENTO	01/05/2019	01/05/2019	79	80
PILARETES DE CERRAMIENTO	02/05/2019	02/05/2019	83	70
MUROS DE CERRAMIENTOS	03/05/2019	03/05/2019	75	70
LIMPIEZA (O. GRUESA)	08/05/2019	08/05/2019	80	80
GUARDIANIA	09/05/2019	09/05/2019	80	50
LAVARROPA	10/05/2019	10/05/2019	90	60

Elaborado por: el autor

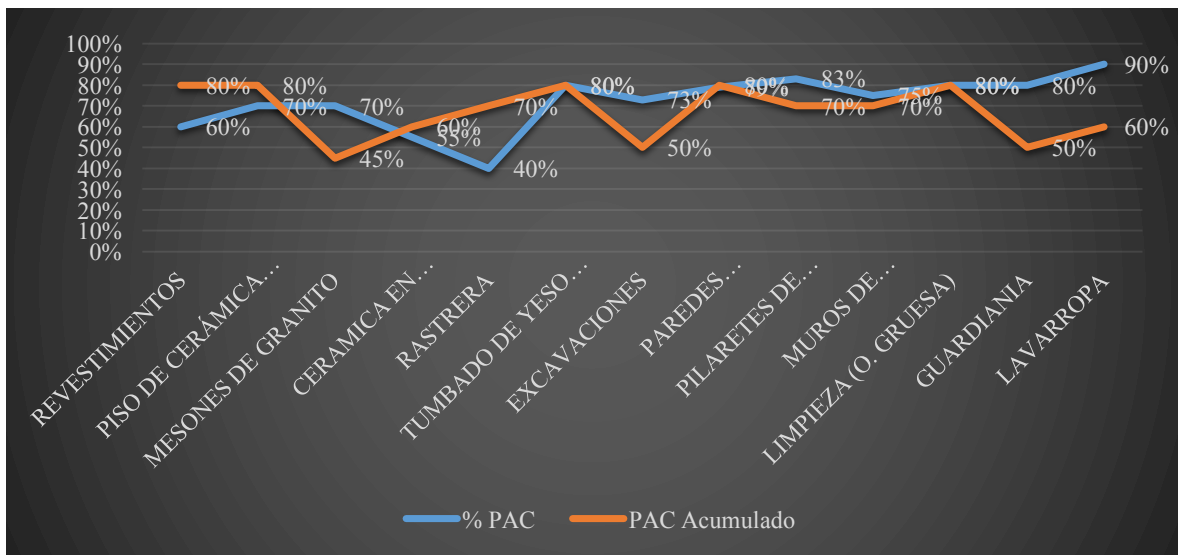


Figura 17. PAC inicio de semana

Elaborado por: el autor

La media del PAC promedio luego de las 10 semanas de análisis es del 72%. Los valores que se pueden lograr en las dos primeras semanas de aplicación, muestran un menor avance, esto considerando que se toman medidas de análisis dos semanas antes de lo previsto, lo que es normal puesto que es una etapa de adaptación. Adicionalmente, el sistema no se aplica de forma inmediata, es complicado que el equipo de trabajo se adapta a las nuevas actividades que tiene que realizar. Consecuentemente, aún en la última semana, el sistema no puede ser ejecuta al 100%. Dentro de las CNC más habituales se establecen nuevamente el clima adverso con el 37%, adicionalmente se destaca la asignación de recursos con el 11%, así también se presentan más problemas de trámites legales con un 19%, mayor al anterior registro, también el deficiente desempeño de los trabajadores tiene un porcentaje mayor con el 7%, se agrega a este conjunto de CNC las deficiencias técnicas en los equipos.

Las soluciones planteadas al igual que en el primer control son las mismas en los casos del clima, los trámites, el desempeño del trabajador y la asignación de recursos, no obstante, se le añaden problemas en los planos con fallas técnicas para lo cual es necesario que se mejoren los diseños de la vivienda para disminuir el riesgo de incumplimiento.

Tabla 19 PAC Fin de Semana

Causa de no Cumplimiento	Origen del no Cumplimiento	Frecuencia	Porcentaje
Deficiente planificación	Interno	2	7%
Problemas en la tramitación legal (prerrequisitos)	Externo	5	19%
Planos con fallas técnicas	Interno	1	4%
Falta de trabajadores	Externo	1	4%
Incumplimiento de los contratistas	Externo	0	0%
Retrasos en la entrega de insumos por parte de los proveedores	Interno	0	0%
Deficiencias técnicas en los equipos	Interno	2	7%
Deficiente desempeño de los trabajadores	Interno	2	7%
Alteraciones en los tiempos y estructura del proyecto	Interno	1	4%
Cambio en la asignación de recursos	Externo	3	11%
Clima adverso	Externo	10	37%
TOTAL		27	60%

Elaborado por: el autor

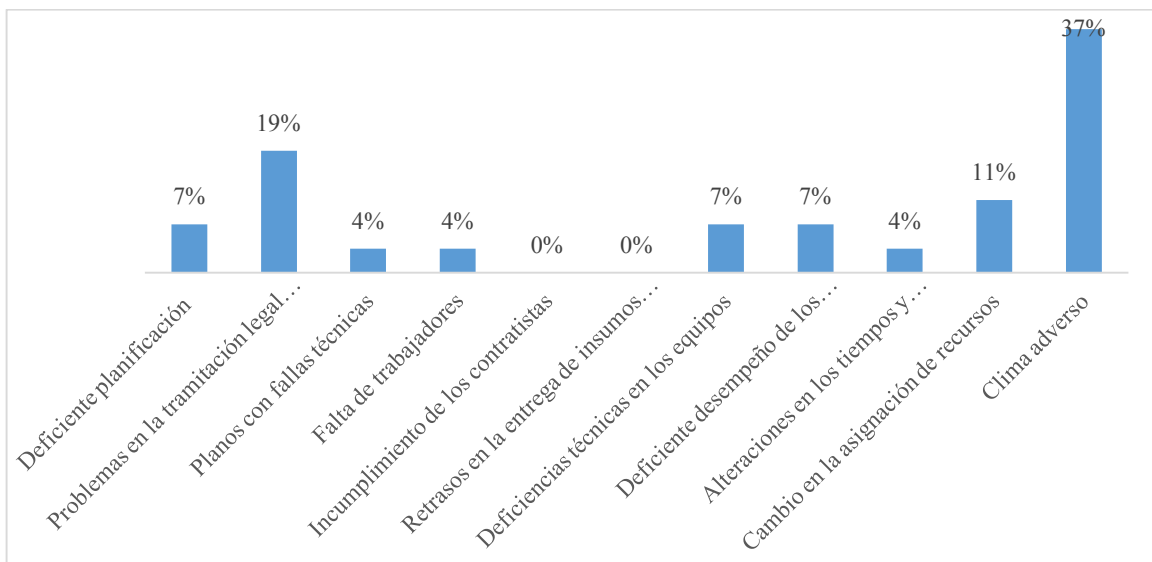


Figura 18. PAC fin de semana

Elaborado por: el autor

4.11 Mediciones de Productividad

Teóricamente se establece que si mejora el flujo de trabajo, el personal tendrá de forma constante actividades a ejecutar. Esto hace pensar que la productividad del personal debería incrementar en función del tiempo de ejecución del sistema Last Planner. Para hacer un contraste o comparación se busca medir la productividad en las actividades que generan mayores problemas dentro de la aplicación. La metodología es tomar muestras aleatorias de los trabajadores por tarea asignada y establecer qué tipo de actividad se deben ejecutar en ese momento. Como se había mencionado, las clases de actividad que el personal puede efectuar son; trabajo productivo, no productivo, contributorio y detenciones autorizadas. Para el análisis se toma como referencia a las actividades de revestimientos y excavaciones que son las que generan un mayor conflicto por el tiempo y materiales.

Para el cálculo se toma alrededor de 300 muestras, con el objetivo de tener un conjunto de datos parejos que reflejen un resultado acorde a los condicionamientos del proyecto “Mi Lote”. Los resultados se muestran en figuras que ayudan a entender de mejor forma el tipo de trabajo del personal operativo del proyecto.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los instaladores de cerámica para pisos tienen un mayor número de tareas productivas que otras áreas, obteniendo un 73%. Esto se debe a que responden a una empresa proveedora de este tipo de servicios, por lo cual para tener un mayor avance en sus proyectos requieren de más actividad laboral, para obtener mayores beneficios. Por lo tanto, se puede establecer que existen mayores controles por parte de los supervisores de esta área para que no se produzcan desperdicios de tiempo, esto en consideración del trabajo que garantiza la empresa proveedora, por lo cual su objetivo es terminar lo más pronto posible para tener más áreas por cubrir y que su remuneración sea mayor. Se asume que la presencia del supervisor debe ser permanente en el campo, con lo cual existe un mayor control y por ende una mejor generación de trabajo. Esto se ve expresado en los porcentajes de actividades productivas realizadas.

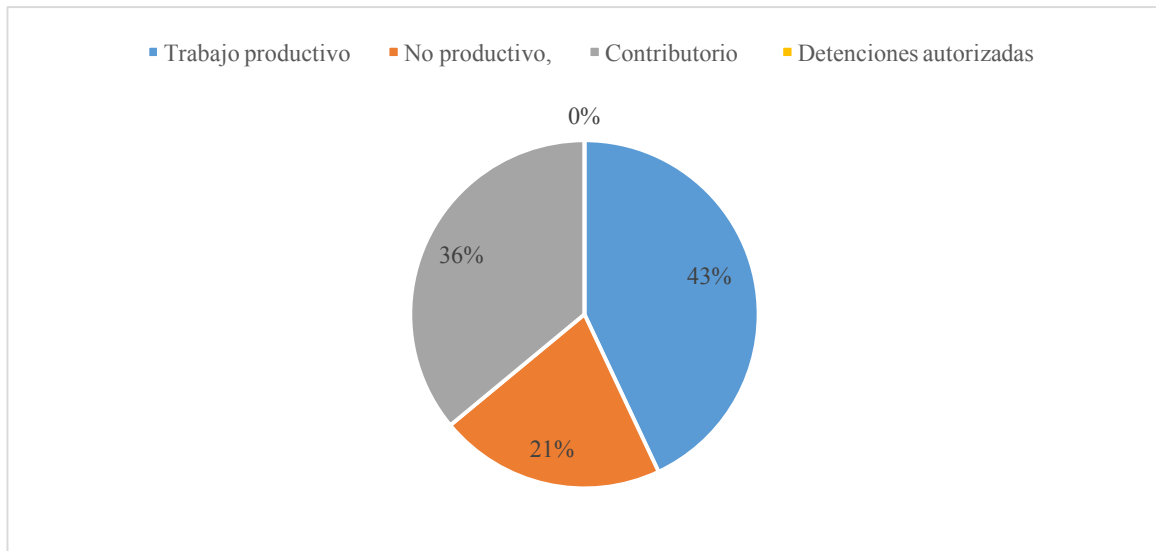


Figura 19. Distribución de trabajo aplicadores de cerámica

Elaborado por: el autor

Los pilaretes de cerramiento presentan un porcentaje significativo de actividades productivas efectuadas, pueden presentar un nivel elevado de detenciones autorizadas. No obstante, esto puede considerarse como normal dentro de este tipo de tareas, pues al utilizar hormigón el cual es producido por una hormigonera automática, se debe esperar entre 20 y 25 minutos para tener una carga nueva.

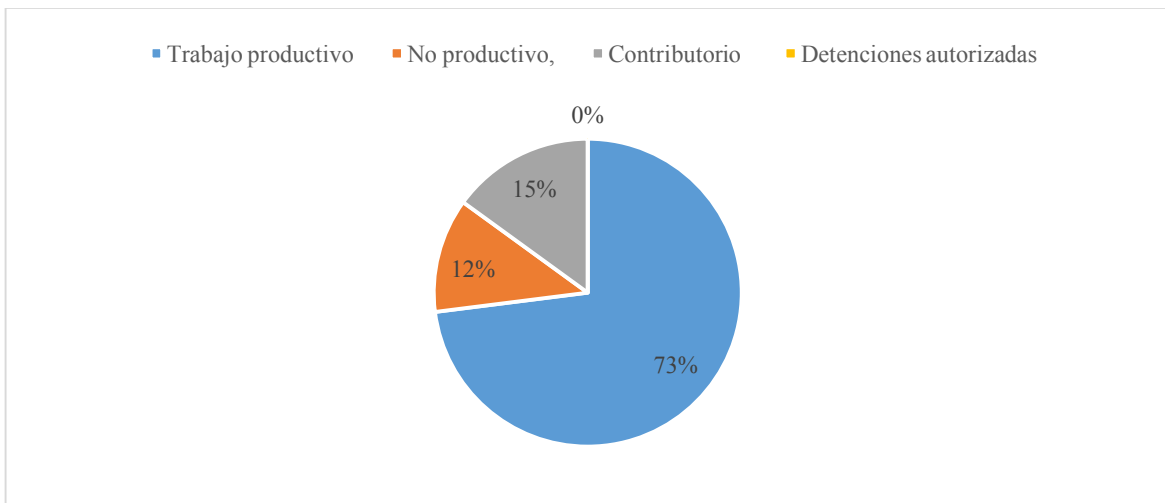


Figura 20. Distribución de trabajo pilaretes de cerramiento

Elaborado por: el autor

Otra de las actividades que requieren de un análisis diferencial por el aporte de trabajo que generan, son los muros de cerramiento, que tienen un nivel alto de tareas contributivas. Esto se basa en el trabajo colaborativo que se requiere para poner en pie los muros, y al ser una actividad pesada necesita de varios trabajadores para cumplir con esta labor, por lo tanto, constantemente se están intercalando tareas para mejorar los tiempos de avance.

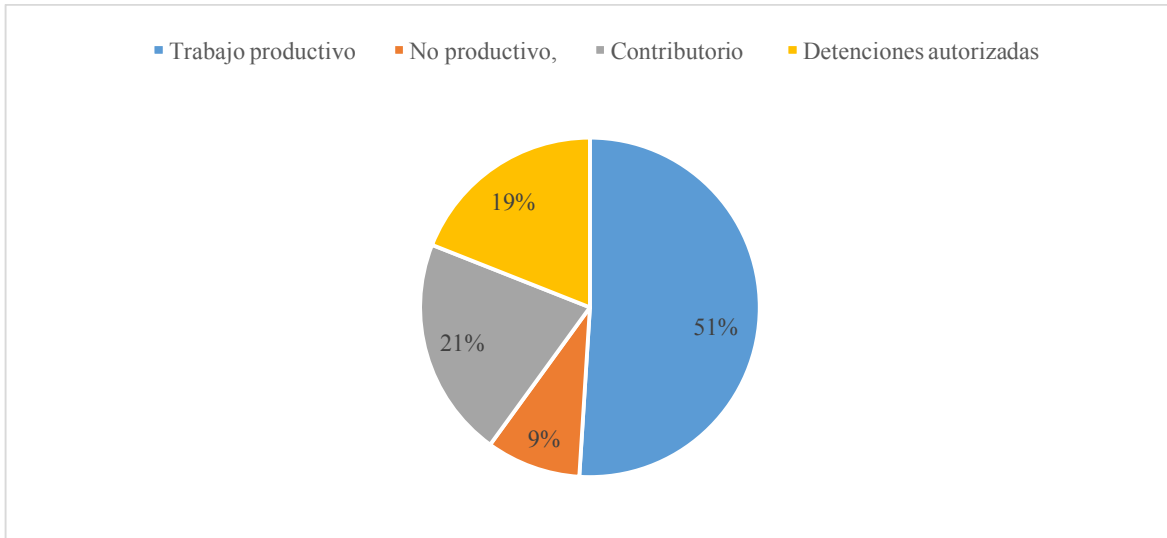


Figura 21. Distribución de trabajo muros de cerramiento

Elaborado por: el autor

De forma general, se aprecia que las actividades analizadas en los tres niveles pueden tener el mismo origen de retraso, en donde los trabajadores se encontraban conversando o estaban distraídos. Antes de efectuar las mediciones o levantamiento de información se debe conversar con los supervisores de obra para y a la vez capacitar e informar a los trabajadores, para que tengan conocimiento de que es lo que se quiere evaluar y no tengan distorsiones en su forma de trabajo, lo que afectaría notoriamente a los índices de trabajo que se buscan obtener, siendo el objetivo principal mejorar los tiempos de ejecución de actividades de obra. Esto podría desencadenar que los trabajadores que están efectuando actividades no productivas al notar que se acerca la persona encargada de la evaluación de forma inmediata

puede comenzar a realizar actividades para que no pueda ser perceptible de su pérdida de tiempo. Por lo tanto, lo que se evalúa en el campo no siempre muestra lo que sucede realmente. No obstante, aunque la productividad no evidencia completamente lo que los trabajadores realizan durante todo el día, de forma general es una herramienta útil para identificar qué es lo que está sucediendo en el terreno.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- De acuerdo a las características del sistema Last Planner, mediante su aplicación se busca tener una mejor estructura programada de las actividades que se realizan en base a proyectos de construcción, con el propósito de tener un rendimiento óptimo tanto de los recursos como del tiempo invertido. Con la aplicación del método en el proyecto “Mi Lote” se establece un horizonte de tiempo capaz de ser cumplido eficientemente considerando posibles retrasos o vicisitudes que puedan presentarse debido a incumplimientos por parte de los proveedores o por contratiempos derivados del clima que pueden poner en riesgo el desarrollo del proyecto. Con estas previsiones se busca entonces tener operativo al personal dentro de horarios laborables, para así tener un mayor rendimiento horas / hombre.
- Al aplicar el sistema Last Planner se identificó un conjunto de factores que pueden incidir en el desarrollo del proyecto de vivienda, siendo uno de estos el clima que responde a la temporada de invierno donde lluvias permanentes que añadido con la humedad generan dificultades en las excavaciones, cimentación y acabados externos sufren retrasos considerables, que retrasar seriamente el cumplimiento de calendario impuesto, para lo cual se plantea realizar horarios rotativos en la noche y el día para poder avanzar de acuerdo a lo planificado.
- El ahorro de tiempo y recursos que propone Last Planner es interesante y se muestra como uno de los beneficios de este método, que puede ser replicado en un futuro inmediato en proyectos de tipo público o privado, pues el aprovechamiento eficiente de los recursos y el tiempo llevan consigo una menor inversión y un retorno rápido de la misma, generando beneficios en todo nivel. Conseguir que un proyecto de construcción se mantenga fluido es una situación compleja cuyos riesgos se pueden

disminuir o eliminar a través de una planificación eficiente que pueda engranar tanto al personal como a las actividad y procesos dispuestos para la puesta en marcha de proyectos habitacionales o de cualquier otro tipo que requieran una aplicación sistemática.

Recomendaciones

- Es necesario que para la aplicación del sistema Last Planner, se capacite tanto al personal supervisor como al ejecutor, para alinear los objetivos de la planificación general y de esta forma cada integrante del proyecto habitacional pueda tener al menos el conocimiento básico de los procesos a ser aplicados de acuerdo con este método, es por esto que son necesarias reuniones semanales con el todo el personal, pues con esto se buscan tener un control minucioso de los avances de construcción.
- Se debe obtener retroalimentación constante del personal para establecer cuáles son los cuellos de botella o los obstáculos de tiempo y de recursos que pueden limitar la capacidad de cumplimiento. Con esto se obtienen indicadores de tiempo que ayudan la ejecución semanal de actividades. Esta base de datos adicionalmente se convierte en una referencia para la aplicación de proyectos del mismo tipo dentro de las esferas públicas, por lo que su aplicación en definitiva tiene resultados similares indiferentemente del sector que lo desarrolle.
- Finalmente, es recomendable transmitir el conocimiento generado mediante la aplicación del Last Planner en el proyecto “Mi Lote”, a las instancias públicas correspondientes para que puedan tener una referencia de la continuidad que se le puede dar al trabajo bien planificado, estableciendo una herramienta de aplicación simplificada que puede generarle al Estado ahorros significativos que pueden

traducirse en más vivienda popular para la población y con esto ir encaminando el bienestar de las personas con menor financiamiento.

Bibliografía

- Olivares, K. (01 de Marzo de 2017). EXPLORACIÓN DE UN MARCO DE PLANIFICACIÓN LEAN-BIM: UN SISTEMA LAST PLANNER Y BIM BASADO EN 2 CASOS DE ESTUDIO. *EXPLORACIÓN DE UN MARCO DE PLANIFICACIÓN LEAN-BIM: UN SISTEMA LAST PLANNER Y BIM BASADO EN 2 CASOS DE ESTUDIO*. Santiago, Santiago, Chile: Universidad Andres Bello.
- Botero, L., & Alvarez, M. (13 de Junio de 2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín*. Medellin, Antioquia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Serpell, A., & Alarcon, L. (2006). *PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS*. Santiago, Santiago, Chile: Universidad Catolica de Chile.
- Andrade, M., & Arrieta, B. (2011). Last planner en subcontrato de empresa constructora. *Revista de la Construcción* , 10, 10.
- Campero, M., & Alarcon, L. (2014). *Libro Administracion de Proyectos Civiles*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Catolica De Chile.
- Huertas, P., & Torres, S. (01 de Junio de 2017). Propuesta de implementacion BIM con LPDS para la gestión de proyectos de autoconstrucción de viviendas.pdf. *Propuesta de implementacion BIM con LPDS para la gestión de proyectos de autoconstrucción de viviendas.pdf*. Lima, Lima, Peru : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ballard, H. (Mayo de 2000). *The Last Planner System of Production control*. Obtenido de Faculty of Engineering of The University of Birmingham: <http://www.leanconstruction.dk/media/15590/ballard2000-dissertation.pdf>
- Porras, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 32-53.
- Lean Construction Enterprise. (12 de Noviembre de 2018). *Last Planner - El último planificador*. Obtenido de Lean Construction Enterprise: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner>

- Yépez, V. (2017). El paisaje en la planificación y gestión de los puertos deportivos en Andalucía. *Revista de Obras Públicas*, 38-55.
- Román, B. (01 de Marzo de 2015). Aplicación de las metodologías de construcción sin pérdidas e innovación tecnológica para la mejora de la productividad en procesos de pavimentación. *Universidad Nacional de Ingeniería*. Lima, Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Orihuela, P., & Ulloa, K. (2011). La planificación de las obras y el sistema Last Planner. *Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral*, 1-4.
- Ingeniería y Construcción. (5 de Junio de 2018). *Análisis de restricciones - Last Planner*. Obtenido de Ingeniería y Construcción: <http://ingenieriaconstruccion929.blogspot.com/2018/06/analisis-de-restricciones-last-planner.html>
- Herrera, R., & Reyes, C. (2017). Los pros y contras al implementar el sistema Last Planner en un proyecto de edificación: un caso de estudio. *Ingenium. Revista de la Facultad de Ingeniería*, 91-104.
- Portilla, A. (16 de Enero de 2015). Implementación de un sistema de planificación en un proyecto de construcción de una obra civil, como herramienta para la toma de decisiones de la gerencia. *Universidad Militar Nueva Granada*. Bogotá, Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Nieto, A., Ruz, F., & Nieto, C. (2009). Estrategias para la implementación del sistema de gestión Last Planner. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, 197-206.
- Roman, B. (01 de Marzo de 2015). APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN PROCESOS DE PAVIMENTACIÓN. *APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN PROCESOS DE PAVIMENTACIÓN*. Lima, Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Alvarado, L. (01 de Diciembre de 2003). Aplicación y Adaptación del Método Planificador Ultimo (Last Planner) para el control de Flujo y Variabilidad de Actividades de un Proyecto de Construcción-Edición Única. *Aplicación y Adaptación del Método Planificador Ultimo (Last Planner) para el control de*

Flujo y Variabilidad de Actividades de un Proyecto de Construcción-Edición Única. (<, Trad.) Monterrey, Nuevo Leon, Mexico.

Herrera, R. (Septiembre de 2017). INTERRELACIÓN ENTRE CALIDAD DE LAS REUNIONES SEMANALES DEL LAST PLANNER SYSTEM (LPS) Y DESEMPEÑO DE LOS PROYECTOS. *Escuela de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*, IX 42.

Serpell, A., & Alarcon, L. (2009). *Planificación y control de Proyectos*. Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile.