

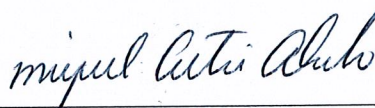
# **Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.**

## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

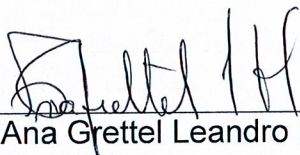
Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Miguel Artavia Alvarado, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Milton Sandoval Quirós, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



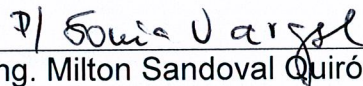
Ing. Gustavo Rojas Moya.  
Director



Ing. Miguel Artavia Alvarado.  
Profesor Guía



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.  
Profesora Lectora



Ing. Milton Sandoval Quirós.  
Profesor Observador

# Abstract

The present paper consists on the final report of the graduation project, which consisted on designing the procedure for the application of Last Planner System® (LPS) and perform a pilot application on a project under construction from the Housing Developer Foundation (FUPROVI for its acronym in Spanish).

Last Planner System® is a methodology for planning, monitoring and control of construction projects, which is created product of the development of the Lean Construction philosophy, this allows to improve deadlines and costs.

The main objective of the project was to optimize the planning, monitoring and control process of the FUPROVI's construction works through the design of the application's procedure.

In order to complete this it was carried out a bibliographic investigation, the execution of the projects by the Foundation were studied and based on this analysis it was set the procedure for the LPS application.

Among the most important results it was shown that the LPS application allows to determine the delay causes in the activities in aimed at its solution in order to execute improvements.

The most important conclusion after the project was completed is that the three level planning that have the LPS application are essential to obtain a more fluid and constant workflow.

## Key words:

Lean Construction, Last Planner System, programming, monitoring, control.

# Resumen

El presente documento consiste en el informe final del proyecto de graduación de grado, que consistió en diseñar el procedimiento de aplicación de Last Planner System® (LPS) y realizar una aplicación piloto en un proyecto en fase de construcción de la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI).

Last Planner System® es una metodología de planificación, seguimiento y control de proyectos de construcción, que se establece producto del desarrollo de la filosofía Lean Construction, que permite mejorar los plazos y costos.

El objetivo principal del proyecto fue optimizar el proceso de planificación, seguimiento y control de las obras de FUPROVI por medio del diseño del procedimiento de aplicación.

Para esto se llevó a cabo una investigación bibliográfica, se estudió la forma de ejecución de los proyectos de la Fundación y con base en este análisis se planteó el procedimiento para la aplicación del LPS.

Dentro de los resultados más importantes se encuentra que la aplicación del LPS permite determinar las causas de atraso de las actividades para ejecutar gestiones encaminadas a su solución.

La conclusión más importante después de realizado el proyecto es que; la planificación en los tres niveles que tiene el LPS son esenciales para propiciar un flujo de trabajo más fluido y constante.

## Palabras clave:

Lean Construction, Last Planner System, programación, seguimiento, control.

# **Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.**

# **Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.**

GREIVIN DE LOS ÁNGELES ALPÍZAR ÁVALOS.

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Marzo del 2017

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

GLOSARIO .....	1
PREFACIO.....	3
RESUMEN EJECUTIVO.....	5
INTRODUCCIÓN .....	8
OBJETIVOS .....	10
METODOLOGÍA .....	11
MARCO TEÓRICO .....	14
RESULTADOS.....	29
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	37
CONCLUSIONES .....	46
RECOMENDACIONES.....	48
ANEXOS .....	50
APÉNDICES .....	51
REFERENCIAS.....	59

# Glosario

**Aplicación Piloto:** Uso preliminar o primera puesta en práctica de determinada idea o proyecto, con la intención de obtener información para decidir su implantación final, determinar sus efectos y posibles factores de mejora.

**Bono de la Vivienda:** Monto de dinero que el Estado costarricense otorga en forma de donación y de manera gratuita por medio del BANHVI, a familias de bajos ingresos para construir o mejorar su vivienda.

**BANHVI:** Banco Hipotecario de La Vivienda. Entidad financiera autónoma, con fondos propios, rector y encargado de administrar los recursos para el SFNV.

**CNC:** Causa(s) de no Cumplimiento. Motivo por el cual un trabajo o actividad no pudo ser ejecutado.

**Diagrama de Gantt:** Representación gráfica de los trabajos o actividades que posee un proyecto de construcción, su duración, dependencia y orden de ejecución.

**FUPROVI:** Fundación Promotora de Vivienda. Organización privada dedicada a solucionar las necesidades habitacionales de las familias con menos ingresos.

**ITE:** Inventario de Trabajo Ejecutable. Lista de trabajos o actividades que no poseen restricciones para su ejecución inmediata.

**LCI:** Lean Construction Institute. Organización internacional encargada de desarrollar, apoyar y difundir la filosofía Lean.

**Lean Construction:** Corriente o filosofía para el desarrollo de proyectos de construcción que busca eliminar procedimientos o pasos que no agregan valor al resultado final dentro de la ejecución de una edificación.

**Look Ahead:** Mirar hacia adelante o futuro. Nivel intermedio de planificación dentro del LPS que busca determinar las restricciones de los trabajos o actividades.

**LPS:** Last Planner System®. Sistema del Ultimo Planificador. Metodología o Sistema para la planificación, seguimiento y control de proyectos de construcción.

**Microsoft Project:** Software o programa computacional utilizado para la programación y seguimiento de proyectos de construcción por medio del diagrama de Gantt.

**O4B:** Open 4 Business. Software o programa computacional multiusuario y multitareas utilizado para la construcción y control del presupuesto de obra y para la gestión de materiales del proyecto.

**ONG:** Organización No Gubernamental. Entidad privada sin ánimo de lucro que se rige por misiones principalmente para el beneficio social.

**PAC:** Porcentaje de Actividades Completadas. Expresión porcentual que indica la fracción de actividades o trabajos programados en una semana que realmente se ejecutaron.

**Post It:** Papel de color variable de pequeño tamaño (3x3 pulg aprox) que puede ser adherida y removida de alguna superficie como una pared o pizarra.

**Práctica Profesional Dirigida:** Es una actividad práctica de entrenamiento en situaciones reales de trabajo que realiza el estudiante como trabajo final de graduación bajo la supervisión de un tutor y que debe realizarse en una empresa constructora y/o consultora en el campo de la Ingeniería.

**Presupuesto de Obra:** Consiste en una estimación o aproximación económica del precio de una obra determinada, previo a su

construcción, por medio de mediciones y definición de costos.

**Restricciones:** Factor que impide que un trabajo o actividad pueda ser ejecutado de inmediato.

**SFNV:** (Sistema Financiero Nacional para la Vivienda) Conjunto de instituciones financieras autorizadas por el BANHVI que fomentan el ahorro, otorgan crédito y realizan trámites de formalización del bono de Vivienda.

**Solución de Vivienda:** Consiste en el conjunto de inmuebles terreno y vivienda que se otorga o adquiere una familia, pudiendo incluir o no obras de infraestructura básica.



# Prefacio

En la industria de la construcción costarricense se presentan grandes retos encaminados a mejorar la calidad, eficiencia y competitividad de los procesos constructivos. No sólo las grandes empresas constructoras se han preocupado por dichos aspectos, sino que tanto los profesionales individuales como las empresas tienen y muestran interés por aplicar mecanismos especializados para lograr mayor productividad y eficiencia como objeto fundamental para mantenerse en el mercado.

Diferentes procedimientos, normas, políticas y filosofías son aplicadas por dichas empresas para lograr una mejora continua de sus procesos. Una de las filosofías que ha obtenido gran auge debido a los resultados positivos obtenidos en otros países es Lean Construction. Una de las herramientas con las que cuenta la filosofía Lean Construction es el Last Planner System® (LPS), sistema que busca optimizar los plazos y costos de los proyectos por medio de una alta planificación, seguimiento y control constantes de los procesos.

El sistema ha mostrado tener gran utilidad y beneficios, por ello, es de suma importancia que esta metodología sea difundida y aplicada de manera amplia en la industria de la construcción costarricense, con el objetivo de darle un producto de alta calidad a los clientes con un plazo y costo lo más bajo posible.

Actualmente muchas de las empresas constructoras costarricenses no aplican el Last Planner System®, debido a que no se interesan por la ejecución del mismo, porque no tienen la experiencia en el tema, o por el desconocimiento de su existencia. No obstante, cada vez más empresas desean mejorar la calidad, productividad, y costo de sus procesos constructivos.

Una de ellas es la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI), la cual es una ONG enfocada en la mejora de la calidad de vida de familias de bajos recursos por medio de soluciones de vivienda social. Los proyectos habitacionales

que desarrolla FUPROVI consisten en la construcción de urbanizaciones completas, condominios y grupos de casas de interés social, donde los beneficiarios de las viviendas y de la aplicación del LPS son familias de bajos ingresos.

Para FUPROVI es importante conocer y tener evidencias de la aplicación de la metodología Last Planner System®, con el objetivo de optimizar los procesos de planificación, seguimiento y control de las obras, y de esta forma estudiar su posible aplicación en proyectos de construcción futuros; además, con su aplicación se podrá aumentar la productividad de los procesos constructivos, al disminuir los atrasos y costos innecesarios en las obras, logrando con ello mejorar la competitividad de la empresa mediante el mejoramiento de la planeación y la productividad de los proyectos de construcción.

El objetivo fundamental que se busca con el desarrollo del proyecto de graduación es diseñar el procedimiento y aplicar la metodología Last Planner System® en proyectos de vivienda social de FUPROVI, para dar evidencia de los beneficios en términos de plazo y costo que trae consigo la aplicación de este sistema, además de corregir fallas de seguimiento y control en los proyectos. También para difundir y dar a conocer el LPS dentro de la industria, a fin de que las empresas sean más competitivas, trayendo grandes beneficios para los clientes.

Para llevar a cabo dicho objetivo, hubo diversos involucrados que brindaron su apoyo durante el proceso, se agradece enormemente la asesoría brindada por Ing. Miguel Artavia Alvarado, MAP, profesor asesor del proyecto de graduación, por sus recomendaciones, favores y apoyo brindado en la ejecución de la práctica.

Al Ing. Jorge Cordero Brenes, MGP, director técnico de los proyectos estudiados, por el apoyo, la cooperación constante en la aplicación del LPS. También al Ing. Jose Andrés Padilla por la colaboración brindada.

Al Ing. Gustavo Centeno Núñez, coordinador del departamento de construcción de

FUPROVI, por permitir la realización del proyecto en la Fundación. A la Arq. Sofía Alpizar Baltodano y demás colaboradores de la Fundación, por la colaboración técnica en algún aspecto del desarrollo del proyecto.

A los Ingenieros Jose Andrés Díaz y Luis Granados de la empresa BILCO S.A. por la atención a las consultas realizadas sobre la aplicación del LPS.

A los contratistas y maestros de obra de los proyectos estudiados, por su anuencia a formar parte del proceso. A las demás personas que de alguna u otra forma colaboraron durante el proceso del proyecto.

# Resumen ejecutivo

El presente documento consiste en el informe final del proyecto de graduación, en la modalidad de práctica profesional dirigida, para optar por el título de ingeniero en construcción, la cual consistió en el diseño del procedimiento de aplicación de Last Planner System® (LPS) para proyectos de vivienda social de la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI).

Last Planner System® (LPS) es una metodología de programación, seguimiento y control de proyectos de construcción que se concentra fundamentalmente en la ejecución de las obras, también posee un componente de planificación inicial, previo al inicio de las obras. El LPS ha surgido como uno de los elementos principales con los que cuenta la filosofía Lean Construction, la cual es una corriente contemporánea que busca adaptar los principios de producción de industrias como la manufacturera a la industria de la construcción. La filosofía Lean Construction busca cambiar la manera tradicional de diseñar, planificar y ejecutar los proyectos de construcción, mediante la eliminación de todos aquellos procesos, actividades, requisitos, que no generan valor adicional al producto final dentro de un sistema de producción.

La Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI) es una organización privada, no gubernamental, sin fines de lucro que busca mejorar la calidad de vida de las familias de menores ingresos por medio de asesoramiento, acompañamiento para solucionar las necesidades de vivienda de estas familias. Fundada en 1987, FUPROVI apoya a familias que desean organizarse para conseguir recursos para obtener una solución de vivienda, canalizando solicitudes a las entidades autorizadas del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda.

La importancia del desarrollo de la práctica para la Fundación radica en que cualquier medida encaminada a la mejora de la ejecución de los proyectos de construcción es sumamente valiosa, ya que los principales beneficiados con esta mejora serían las familias que requieren con urgencia la solución de vivienda que les ayude a mejorar su calidad de vida. Para la Escuela de Ingeniería en Construcción es importante que sus estudiantes se interesen por la difusión de temas y herramientas poco aplicados en el país como es el LPS y Lean Construction en general. También es valiosa la retribución que brinda la Universidad al país, por medio del apoyo que dan sus estudiantes a desarrollar y aplicar herramientas como esta, sobretudo en organizaciones como FUPROVI, en la cual no hay un beneficio lucrativo para una entidad, sino que son familias de bajos ingresos las que se benefician.

Los principales objetivos perseguidos con el desarrollo de la práctica fueron realizar una investigación bibliográfica sobre el LPS para conocer más sobre los conceptos, principios y fundamentos de la metodología; diseñar el procedimiento de aplicación del LPS para proyectos de la Fundación; y realizar una aplicación piloto del LPS en un proyecto en fase de construcción. Todos estos objetivos buscaban optimizar el proceso de planificación, seguimiento y control de las obras de FUPROVI por medio del diseño del procedimiento de aplicación.

Para alcanzar los objetivos planteados para la práctica profesional fue necesario en primera instancia realizar la investigación bibliográfica sobre el LPS pues el estudiante ni la Fundación poseían los conocimientos suficientes sobre la materia. Posteriormente era de suma importancia conocer la manera de trabajo y ejecución de proyectos de la Fundación por lo se procedió a consultar a los ingenieros de la Fundación sobre estos aspectos. También se

realizaron visitas a proyectos y se conversó con los involucrados directos, para conocer con mayor detalle diversos elementos y situaciones útiles para realizar el diseño del procedimiento de aplicación. En cuanto a la aplicación piloto del LPS, se seleccionaron dos proyectos de interés estratégico pues representan los dos modelos de construcción fundamentales de FUPROVI. Estos proyectos son: La Colina de Noche Buena, el cual consiste en una urbanización nueva de interés social, construida mediante el modelo de contrato por mano de obra, son 88 viviendas en Noche Buena de Turrialba, que incluye infraestructura, con un plazo inicial (sólo por la construcción de viviendas) de 164 días naturales y tiene un costo total de ₡ 1.401.524.181,84 (incluyendo infraestructura). El proyecto La Reseda consiste en una expansión de una urbanización existente, construida mediante el modelo de llave en mano. Son 52 viviendas en el Roble de Puntarenas, que no incluye infraestructura, con un plazo inicial de 130 días naturales y tiene un costo total de ₡ 489.429.814,00.

Con base en toda la información recabada en la investigación, de la Fundación, y la aplicación piloto, se procedió a desarrollar el procedimiento de aplicación de la metodología, el cual es presentado mediante un manual de procedimientos, donde se trata de describir de manera sencilla los aspectos teóricos y prácticos del LPS que permiten su aplicación a proyectos específicos de FUPROVI, por medio de una serie de pasos o actividades ordenadas de forma cronológica para concretar el proceso de aplicación.

En cuanto a los resultados obtenidos en el desarrollo de la práctica, se pueden mencionar los más relevantes:

- Respecto a la programación general de las obras en FUPROVI, siempre se establece un cronograma general ya sea por parte de los ingenieros de la Fundación o por parte del o los contratistas oferentes, pero siempre respetando las fechas de entrega de los bloques de vivienda o de la totalidad del proyecto, según sea el caso, en las fechas que establece la Fundación.
- Una de las ventajas que se presenta en la Fundación es la buena disposición y anuencia que muestran los funcionarios del departamento de construcción por acoger cualquier método o procedimiento que logre

mejorar el desarrollo de los proyectos, como lo es el caso del LPS.

- Además, se destaca que el LPS debe someterse a algunas adaptaciones, dependiendo del tipo de empresa en la que se desea aplicar, y esta adaptación está directamente relacionada con la forma de ejecución de los proyectos en la empresa y de las políticas o directrices principales de la gerencia de la empresa.
- Se identificó que la Fundación posee y utiliza el software Open 4 Business (O4B) principalmente para la gestión y control de los presupuestos de los proyectos y para los procedimientos de la proveeduría y bodega en los proyectos mediante el contrato por mano de obra.
- En referencia al seguimiento de las obras por parte de FUPROVI, por lo general, al inicio de los proyectos se llevan a cabo reuniones formales con los involucrados directos, no obstante, durante el periodo de ejecución de las obras no es común que se practiquen este tipo de reuniones, las cuales traerían muchos beneficios en la ejecución del proyecto.
- Se destaca la importancia fundamental de la gestión que deben realizar los involucrados para encontrar la solución a los inconvenientes que se detecten producto del análisis de la planificación intermedia, ya que si esto no se realiza pues se seguirá presentando dicho inconveniente hasta que se tiene el problema encima.
- En relación a la aplicación piloto del LPS en el proyecto La Colina, se obtuvo una media aritmética en el porcentaje de actividades completadas del 45%. Y la principal causa de no cumplimiento que se presentó fue la falta de materiales, principalmente de madera para las viviendas.

Dentro de las conclusiones principales que se lograron determinar están las siguientes:

- Para el diseño del procedimiento de aplicación del LPS es necesario tomar en cuenta las condiciones propias de la empresa que la requiera y también su forma de trabajo, ya que dicho procedimiento debe ser adaptado a esos factores.
- Las reuniones de planificación semanal son en esencia el componente más importante del LPS ya que mediante estas se logran involucrar a los actores dentro de objetivos del sistema, se logra tener el criterio de todos los actores y

se genera un excelente canal de comunicación entre las partes.

- El procedimiento de aplicación es un elemento que guía el empleo del LPS, pero también es un medio para lograr una estandarización de su uso por parte de los ingenieros de proyecto de la Fundación.
- La planificación intermedia o Look Ahead es también un elemento muy importante para el LPS pues mediante esta se logra gestionar la liberación de las restricciones de las actividades.
- Un PAC cercano al 100% no necesariamente indica que el proyecto se encuentra avanzando correctamente, y resulta ser más bien una medida de la efectividad del procedimiento de programación semanal.
- El software O4B utilizado por la Fundación es un instrumento muy útil para el control del presupuesto de los proyectos, pues no permite que se gaste más de lo presupuestado inicialmente.

# Introducción

En las siguientes páginas se muestran algunos aspectos que intervinieron durante la ejecución de la práctica profesional dirigida. Se indican los objetivos que se plantearon al inicio del proyecto, el marco teórico en que se basa la ejecución del trabajo, se explica detalladamente la metodología que se utilizó para el desarrollo de las actividades y el alcance de los objetivos, se muestran y analizan los resultados obtenidos a lo largo de la práctica y posteriormente se establecen conclusiones y recomendaciones con base en todos los elementos e información analizada en la ejecución.

La práctica profesional trata del diseño del procedimiento de aplicación de Last Planner System® (LPS) a proyectos de construcción de vivienda social de la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI) y su aplicación piloto a una obra en fase de construcción. El problema estudiado fue el cómo lograr el proceso de adaptación del LPS que se presenta en la literatura a la forma de trabajo y ejecución de proyectos de FUPROVI, para mejorar el proceso de planificación, seguimiento y control de obras.

Existe un interés tanto de FUPROVI como de la Escuela de Ingeniería en Construcción por este estudio. La primera debido a que cualquier metodología o sistema que venga a mejorar los procesos de ejecución de obras son bienvenidos y beneficiosos para la competitividad de la Fundación y para las familias beneficiarias de las soluciones de vivienda. Para la segunda, es de utilidad para la difusión de nuevas herramientas y metodologías dentro de la industria de la construcción costarricense y también para contribuir al desarrollo del país mediante los procesos de extensión académica, sobre todo en campos de proyección social como los que desempeña FUPROVI.

Last Planner System® (LPS) ha sido desarrollado principalmente en los Estados Unidos de América, producto de la difusión, crecimiento y perfeccionamiento de la filosofía Lean Construction, la cual actualmente está muy

implantada en países como Estados Unidos, Inglaterra, Dinamarca, Finlandia, Australia, Brasil, Chile, Singapur, Indonesia, Ecuador, Colombia y Perú.

En Costa Rica existen varios ejemplos de empresas y profesionales que se han unido a la corriente del Lean Construction debido a los beneficios que ha mostrado tener, pero actualmente la mayoría de las empresas constructoras o desarrolladoras costarricenses no aplican Last Planner System® (LPS), debido principalmente a que desconocen la existencia de la metodología y porque no tienen la experiencia en el tema, por lo que se requiere una mayor difusión de la metodología en el país y las universidades tienen la responsabilidad de lograr esta transmisión de conocimiento.

No obstante, cada vez más empresas y profesionales independientes desean mejorar la calidad, productividad, y costo de sus procesos constructivos, por medio de Lean Construction y con la ayuda del LPS. Una de ellas es la Fundación Promotora de Vivienda, la cual es una organización no gubernamental que apoya a familias de bajos ingresos para resolver necesidades de vivienda mediante el desarrollo de proyectos habitacionales.

Con el desarrollo de la práctica profesional se pretende contribuir a la difusión y transmisión de conocimiento, específicamente en el tema de Last Planner System® (LPS) y con ello mostrar los beneficios que tienen la utilización de esta herramienta en proyectos de construcción.

Los objetivos planteados en la ejecución de la práctica son en primera instancia, efectuar una investigación bibliográfica acerca del LPS, debido a que el autor del proyecto, y la Fundación no poseen el conocimiento necesario sobre el tema, posteriormente realizar una aplicación piloto del LPS en un proyecto en fase de construcción para obtener más elementos e información importante, además de manera paralela diseñar el procedimiento de aplicación del LPS para proyectos de vivienda de la FUPROVI.

El proyecto se desarrolló en el área de administración de proyectos de construcción, específicamente el tema de planificación, seguimiento y control de obras; y se aplicó en la Fundación Promotora de Vivienda. FUPROVI la cual es una ONG, privada, sin fines de lucro, fundada en 1987, con oficinas en Moravia, San José, Costa Rica, está enfocada en la mejora de la calidad de vida de familias de bajos recursos por medio de soluciones de vivienda social. FUPROVI desarrolla proyectos habitacionales que consisten en la construcción de urbanizaciones completas, condominios y grupos de casas de interés social, donde los beneficiarios de las viviendas y de la aplicación del LPS son familias de bajos ingresos.

La Fundación posee varios esquemas, modelos o formas para la construcción de los proyectos. Los más utilizados son: contrato por mano de obra; y contrato llave en mano. Cuando el conjunto habitacional posee más de 60 soluciones de vivienda, se opta por ejecutar el proyecto mediante un contrato por mano de obra, en el cual, el o los contratistas aportan el recurso humano para la ejecución de las actividades, mientras que la Fundación se encarga de comprar los materiales requeridos por medio del departamento de proveeduría. Cuando el proyecto tiene menos de 60 soluciones de vivienda, se opta por construir las obras mediante un contrato llave en mano, en el cual, el o los oferentes cotizan un precio fijo o suma alzada por la ejecución total de las actividades requeridas, incluyendo mano de obra y los materiales.

Los proyectos donde se realizó la aplicación piloto fueron La Colina de Noche Buena, el cual consiste en una urbanización nueva de interés social, construida mediante el modelo de contrato por mano de obra, son 88 viviendas en Noche Buena de Turrialba, que incluye infraestructura, con un plazo inicial (sólo por la construcción de viviendas) de 164 días naturales y tiene un costo total de ₡ 1.401.524.181,84 (incluyendo infraestructura). Y el proyecto La Reseda consiste en una expansión de una urbanización existente, construida mediante el modelo de llave en mano. Son 52 viviendas en el Roble de Puntarenas, que no incluye infraestructura, con un plazo inicial de 130 días naturales y tiene un costo total de ₡ 489.429.814,00.

Last Planner System® (sistema del último planificador) es una de las herramientas más importantes con las que cuenta la filosofía Lean Construction. El primer documento sobre esta herramienta fue presentado formalmente en 1994 por Herman Glenn Ballard, quien posteriormente en el año 2000 publica su tesis doctoral titulada "The Last Planner System of Production Control". La metodología intenta minimizar o eliminar todas aquellas fuentes de desperdicios o pérdida de tiempo, en los procesos productivos, que normalmente implican menor productividad, menor calidad, mayores costos, etc. En este sistema las actividades de producción se conciben como flujos de materiales e información y que deben ser controladas con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de construcción.

La idea del sistema Last Planner es involucrar a todas aquellas personas que tienen participación directa en las actividades del proyecto, para que ayuden en la fase de planificación de la obra, por medio de su punto de vista, su experiencia, su criterio, proponiendo productividades, tiempos, y metas reales que se comprometen a alcanzar, bajo la coordinación de un líder, quien es el encargado de organizar todas las ideas y materializarlas en una programación que se hace en tres niveles de detalle: programa maestro o programación general, programación intermedia (Look Ahead), y la programación semanal.

La planificación inicial o programación general de un proyecto constructivo consiste fundamentalmente en definir las tareas que deberían ejecutarse, el orden de ejecución, y su duración, generando una línea de actividades con algún tipo de interconexión que llevan a la realización del proyecto, además genera el presupuesto inicial.

La planificación intermedia o Look Ahead consiste en analizar las actividades, que según el programa maestro actualizado, se van desarrollar dentro de un horizonte de 4 semanas generalmente. El propósito es definir claramente que se "puede" hacer en este periodo, o sea las actividades que pueden ser ejecutadas. Se analizan las restricciones que puede tener una actividad para ser ejecutadas y se realizan gestiones para liberar dichas restricciones a la fecha que se deben realizar los trabajos, para ello se debe definir un responsable de liberar restricciones y la fecha en que deben liberarse.

# Objetivos

## Objetivo General

- Diseñar el procedimiento de aplicación de la metodología Last Planner System® a proyectos de vivienda social de FUPROVI, para optimizar el proceso de planificación, seguimiento y control de las obras.

## Objetivos Específicos

- Diseñar un procedimiento de aplicación de la metodología, para que este pueda ser repetido en otros proyectos de construcción de la Fundación Promotora de Vivienda.
- Realizar una aplicación piloto en FUPROVI con un desglose de la programación general o plan maestro de proyecto de construcción para obtener una programación intermedia de cada 4 semanas.



# Metodología

Para alcanzar los objetivos planteados para la práctica profesional fue necesario ejecutar una serie de acciones o labores que son explicadas a continuación.

En primera instancia se procedió a realizar una investigación bibliográfica sobre el LPS, ya que la Fundación y el estudiante no tenían un conocimiento adecuado del tema, por lo que era necesario profundizar en los aspectos teóricos y prácticos, para tener una visión clara de su aplicación. Para ello, se consultó información de tesis y proyectos de graduación relacionados con la metodología, y con base en estas referencias se confeccionó el marco teórico y se definieron las bases para la aplicación del Last Planner System® (LPS).

Era importante conocer el sistema de trabajo de FUPROVI, su forma de ejecutar, planear, controlar sus proyectos, ya que el estudiante no conocía la Fundación antes de realizar la práctica profesional; por lo que se procedió a consultar o entrevistar a algunos coordinadores de área, como al coordinador del Departamento de Construcción de la Fundación sobre todos estos aspectos, esto con el objetivo de tener un panorama de los aspectos positivos y negativos de la Fundación, y de la mejor manera de aplicar y adaptar el LPS a los proyectos de FUPROVI.

También se consultó a los ingenieros de proyecto sobre el todo el proceso o fase previa al inicio formal de construcción de los proyectos, para conocer y analizar con mayor profundidad los procedimientos de planificación que se utilizan y que son necesarios para pasar a la fase de ejecución constructiva, con el objetivo de dar recomendaciones sobre los aspectos que pueden mejorar y otros que se pueden implementar para lograr una planificación adecuada.

Algunas empresas constructoras en el país ya aplican la metodología en sus proyectos, como estrategia para aumentar la eficiencia y competitividad, por lo que también se procedió a

consultar a algunos ingenieros de estas empresas que conocen la aplicación práctica de la metodología; también se visitó un proyecto donde se aplica la metodología y se observó el contenido y la mecánica de las reuniones de planificación semanal. Esto con el objeto de complementar los aspectos teóricos investigados, con la dimensión real que se aplica en algunas empresas constructoras nacionales.

Era de suma importancia conocer algunos de los proyectos de construcción que se ejecutaban en el momento, por lo que se coordinó visitas a algunos proyectos como La Colina de Noche Buena, La Reseda, Orokay II.

En estas primeras visitas se procedió a recorrer los proyectos, conocer los principales encargados de las obras como por ejemplo ingenieros residentes, los subcontratistas, maestros de obra, analizar el modelo de construcción del proyecto, observar el avance real de la obra y compararlo contra lo planeado.

En algunos de estos se pudo consultar o entrevistar a los involucrados directos, como bodegueros y maestros de obra, con la finalidad de tener otro punto de vista acerca de los mecanismos de planificación, seguimiento y control de los proyectos de la Fundación.

En lo que respecta a la aplicación piloto del LPS a proyectos en construcción, se coordinó con los funcionarios de FUPROVI para determinar en cuales proyectos se podría hacer la aplicación piloto. Para esto es importante indicar que FUPROVI ejecuta principalmente dos tipos de proyectos desde el punto de vista del modelo o forma de construirlos, estos son: contrato por mano de obra y contrato llave en mano.

En el primero se contrata sólo la mano de obra y la Fundación adquiere los materiales, en el segundo, el contratista adquiere materiales y mano de obra y entrega las viviendas terminadas. Para la aplicación piloto de Last Planner System® se seleccionaron 2 proyectos que la Fundación tenía en proceso de construcción en el periodo de

ejecución de la práctica profesional, y que coinciden con estos dos modelos de construcción, estos son La Colina de Noche Buena y La Reseda.

El proyecto La Colina de Noche Buena consiste en una urbanización nueva de interés social, construida mediante el modelo de contrato por mano de obra. Son 88 viviendas en Noche Buena de Turrialba, que incluye infraestructura, con un plazo inicial (sólo por la construcción de viviendas) de 164 días naturales y tiene un costo total de ₡ 1.401.524.181,84 (incluyendo infraestructura).

El proyecto La Reseda consiste en una expansión de una urbanización existente, construida mediante el modelo de llave en mano. Son 52 viviendas en el Roble de Puntarenas, que no incluye infraestructura, con un plazo inicial de 130 días naturales y tiene un costo total de ₡ 489.429.814,00. La descripción detallada de estos dos proyectos puede consultarse en el apartado del marco teórico.

Los proyectos se seleccionaron por el hecho de que cubrían los dos modelos de construcción principales, y porque en alguna medida eran los que se ajustaban mejor al periodo de la práctica profesional. Lo más adecuado hubiera sido que los proyectos los hubiera dirigido ingenieros diferentes, con el objetivo de involucrar a dos ingenieros en el proceso de aplicación piloto y no solamente a uno, no obstante, por cuestiones de azar, la dirección técnica de los proyectos en estudio ya estaba asignada y era asumida por el mismo ingeniero de la Fundación.

En cuanto a lo se refiere a trabajo de campo, las visitas a los proyectos se hicieron semanalmente, y en la mayoría de los casos se aprovechaba la visita del ingeniero director de proyecto para realizar la visita, ya que los proyectos se encuentran relativamente lejos del Gran Área Metropolitana (GAM), principalmente el proyecto La Reseda.

En primera instancia el proceso de implementación en ambos modelos de construcción es muy similar, no obstante, se deben tomar en cuenta algunas diferencias entre los modelos. A continuación, se explica el proceso de implementación del LPS en los dos modelos de construcción.

Para hacer la aplicación piloto del LPS a contratos por mano de obra se trabajó específicamente en el proyecto La Colina de Noche Buena, en el cual se realizó una reunión inicial con los involucrados directos, como el

ingeniero de proyecto, el maestro de obras, los cuatro contratistas y la bodeguera. En esta reunión se les expuso de manera general en que consiste el LPS y se les indicó que se iba a hacer una aplicación piloto en el proyecto.

Se realizaron reuniones de planificación semanales durante ocho semanas en las que se extendió la aplicación, y en estas reuniones se realizaba la programación semanal de cada contratista, para posteriormente en la semana próxima antes de la reunión semanal efectuar una inspección en la obra para determinar si la programación de cada contratista fue cumplida o no, o sea, para calcular el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC). En estas reuniones también se discutían las Causas de No Cumplimiento (CNC) de las actividades programadas, gestiones para ejecutar las actividades según la programación, y demás temas relevantes al avance de las obras.

Para conocer los PAC y las causas de atraso o incumplimiento fue necesario efectuar mediciones de campo sobre el avance de las actividades semanales programadas. Para ello se realizaron recorridos por la obra para ir realizando las mediciones de los avances de las tareas, en algunas ocasiones este recorrido se hacía con el maestro de obras de la Fundación, con el objetivo de tener un elemento de más experiencia para determinar el avance.

Los avances se iban registrando en las hojas de recolección de datos, para posteriormente comparar lo planeado contra lo que realmente se realizó en la obra. Los PAC semanales se calcularon como la cantidad de tareas ejecutadas en la obra dividido entre la cantidad total de tareas programadas para la semana. Paralelamente al control semanal, se iba construyendo un gráfico que muestra el comportamiento del porcentaje de cumplimiento de las tareas a lo largo de las semanas.

Para la determinación de las causas de no cumplimiento de las tareas semanales se procedía a preguntar a los contratistas, maestro de obra, ingeniero, del porqué las tareas tuvieron atrasos. Todas estas causas también se iban registrando en las hojas de recolección de datos, para posteriormente realizar gráficos de barras que muestren más fácilmente la frecuencia con la que ocurren las diferentes causas de incumplimiento o atraso.

Posteriormente se iban registrando los PAC y CNC en hojas electrónicas de Microsoft

Excel, para llevar una estadística de estos indicadores.

Para hacer la aplicación piloto del LPS a contratos llave en mano se trabajó específicamente en el proyecto La Reseda, para el cual también se realizó una reunión inicial con el contratista general de las obras.

Se siguieron realizando visitas semanales al proyecto, no obstante, no se pudo realizar una aplicación adecuada del LPS debido a que no hubo una colaboración adecuada por parte del contratista, al cual no se le podía exigir someterse a LPS pues no estaba contemplado dentro de los requerimientos contractuales del proyecto. Por lo que lastimosamente sólo se le pudo dar un seguimiento al avance de las obras, sin poder aplicar formalmente la metodología.

A pesar de ello, las visitas y el seguimiento eran importantes para conocer más sobre el modelo de construcción y sobre las propuestas y recomendaciones que se harán para mejorar la planificación, seguimiento y control de este tipo de proyectos.

Como uno de los objetivos de la práctica es lograr la repetitividad del LPS en proyectos de FUPROVI, paralelamente a las actividades anteriormente descritas, se procedió a realizar el procedimiento para la aplicación del LPS a proyectos de la Fundación, donde se trata de explicar sencilla y detalladamente los aspectos teóricos y prácticos del LPS que permiten su aplicación a proyectos específicos de FUPROVI, por medio de una serie de pasos o actividades ordenadas de forma cronológica para concretar el proceso de aplicación. Además, se diseñaron unos formularios que permiten llevar la programación Look Ahead, la programación semanal, así como el control del PAC y las causas de no cumplimiento, además de sus respectivos instructivos que guían el uso de estos formularios. Y por último se construyó un diagrama de flujo de bloque que permite analizar de manera gráfica y secuencial el procedimiento de aplicación y los responsables involucrados.

Para desarrollar este procedimiento se tomó en cuenta toda la información recolectada sobre la manera de ejecución de los proyectos en FUPROVI para poder adaptar o adecuar el LPS a los proyectos de la Fundación. Se tomó en cuenta los resultados obtenidos de la aplicación piloto del LPS, así como los aspectos aprendidos durante este proceso, además de consideraciones y

análisis propios que garanticen un adecuado acoplamiento de lo diseñado. Además, el procedimiento de aplicación se presenta en formatos ISOSYSTEM, que son los que utiliza la Fundación y permite tener un formato de documento familiar para los funcionarios de la Fundación.

# Marco teórico

## Filosofía Lean

Lean es la filosofía que tiene por objetivo esencial la eliminación sistemática de los residuos por parte de los miembros de la organización en todos los procesos. Esta filosofía se esfuerza por hacer que las organizaciones sean más competitivas en el mercado mediante el aumento de la eficiencia y la disminución de los costos debido a la eliminación de las actividades en los procesos que no generan valor al producto o servicio que se está comercializando, produciendo un flujo continuo de materiales y productos manejados por programación fija, ordenada y nivelada. (Valencia, 2013)

De manera general, se puede decir que la filosofía Lean consiste en eliminar todos aquellos procesos, actividades, requisitos, que no generan valor adicional al producto dentro de un sistema de producción.

El pensamiento Lean tiene su origen en la industria automotriz de Toyota, siendo el resultado de la búsqueda de nuevas y mejores procesos industriales, que se aplicaban especialmente al desarrollo de nuevos productos, lo cual fue fundamental para perfeccionar la competitividad de esta industria. (Valencia, 2013)

## Evolución histórica de la filosofía Lean

En los inicios del siglo XX la producción y el mercado automotriz era controlado principalmente por grandes empresas estadounidenses como la Ford y General Motors. Estas empresas se basaban en la producción masiva de vehículos.

Por otra parte, en Japón, en 1918 se funda Toyota Motors por Sakichi Toyoda para su hijo Hiichiro.

Posteriormente alrededor de los años 50 Kiichiro Toyoda, estudia en USA los métodos de fabricación de las principales marcas de la competencia, logrando conocer el sistema de producción en masa que Henry Ford había implementado en su fábrica estadounidense encontrando algunas deficiencias en este sistema. Notó que los trabajadores que realizaban cada tarea añadían poco valor agregado a su producto final, que tenían grandes volúmenes de desperdicio e inventario, y que la calidad del producto final no era buena, por eso logró llegar a los siguientes conceptos que aportarían un cuerpo fundamental a la filosofía Lean. (Pellicer, citado por Botero, 2014)

El primero llamado “Tack time” que se traduce en la necesidad de producir según la demanda del mercado y evitar la acumulación de inventarios de materias primas y de productos terminados ahorrando en costos y tiempo. Y el segundo “Just in time” donde todas las piezas de la línea de montaje debían estar justo a tiempo en su sitio de trabajo para su instalación en el producto final, generando menores espacios de trabajo e imitando el sistema de reemplazo de mercancía que se ve actualmente en los supermercados. (Pellicer, citado por Botero, 2014)

Con base en estos conceptos Kiichiro Toyoda en conjunto con su director de producción, Taiichi Ohno, decretaron que las operaciones de la fábrica Toyota no deberían tener excesos de inventarios y que se tendría que trabajar de manera conjunta y coordinada con los proveedores para nivelar el inventario y la producción. Taiichi Ohno fue quien inventó el concepto “kaizen” o mejora continua, que busca reducir costos en la producción y mano de obra mientras se aumenta la calidad del producto terminado. (Valencia, 2013)

Continuó el desarrollo de la filosofía a través del concepto Lean Production o Lean Manufacturing. Este concepto también fue

desarrollado por Toyota, después de la segunda guerra mundial, aunque según (Padilla, 2010) al inicio no se le llamaba formalmente Lean, sino más bien “Toyota Production System”. Este concepto era visto como un proceso o sistema que produce un flujo continuo de materiales y productos manejados por programación fija, ordenada y nivelada, utilizando la flexibilidad, con un mínimo de actividades que no agregan valor. (Villaseñor & Galindo, citado por Valencia, 2013)

Toyota Production System no fue una invención de genios japoneses, si no la adopción de diversos elementos del sistema Ford que se conjugan con ingeniosos sistemas e ideas originales, principalmente de Taiichi Ohno. El término “Lean” lo utilizó formalmente por primera vez en 1988 el ingeniero John Krafcik, estudiante de maestría en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), en su tesis de Máster y en un artículo publicado en la Sloan Management Review. (Sanchis, 2013)

A partir de allí surgió el término Lean, refiriéndose a la filosofía desarrollada y aplicada por los japoneses. Desde este momento el término comenzó a popularizarse y las personas de todas las áreas productivas e industriales comenzaron a ver de qué forma podían aplicar estas estrategias en sus áreas. (Botero, 2014)

En el caso de la industria de la construcción, la publicación más importante y con mayor impacto fue la realizada por Lauri Koskela en 1992 llamada Application of the New Production Philosophy to Construction, donde analiza la forma cómo los conceptos lean se podían utilizar en la construcción. Koskela encontró la forma de traer todos los conceptos desarrollados por los fundadores de Toyota y aplicarlos en este negocio. De allí surgió una aplicación diferente de la filosofía, y en la actualidad el trabajo de Koskela es considerado como la base o el inicio de Lean Construction. (Botero, 2014)

# Lean Construction

Al adaptar y aplicar los principios de la filosofía Lean a la industria de la construcción, aparece la figura de Lean Construction (construcción sin pérdidas en español), una filosofía de gestión de proyectos de construcción, que busca reducir la variación en todos los aspectos, como la calidad del producto, el tiempo de respuesta, y gestionar la variación de los cambios en el proyecto, además de maximizar el valor y minimizar el gasto innecesario en todas las etapas del proyecto.

En la filosofía Lean Construction existen 3 tipos de flujos en los proyectos constructivos:

- Flujo de materiales.
- Flujo de información.
- Flujo de recursos (como por ejemplo mano de obra).

Los objetivos fundamentales propuestos por Kaskela fueron la reducción de costos, ahorro de tiempo, incremento de valor para el cliente. (Alarcon & Pellicer, 2009).

Lean Construction busca mejorar y optimizar estos tres flujos a lo largo de un proyecto, para conseguir los objetivos anteriores. Se conceptualizan los proyectos constructivos como sistemas de producción temporales y sólo se podrá hablar de “proyectos Lean” cuando esos sistemas se estructuren de manera que se consiga entregar el producto final a la vez que se maximiza el valor de éste y se minimiza el despilfarro durante su creación. (Puigpelat, 2012)

La aplicación de la metodología Lean Construction debe ser afrontada desde dos enfoques diferentes pero inseparables, un enfoque cualitativo, el cual establecen los objetivos y principios metodológicos a partir de las debilidades detectadas en los modelos tradicionales; y un enfoque cuantitativo, que deberá implementar los anteriores principios

Teorías	F. Taylor Henry Ford Producción masiva Departamentos funcionales División del trabajo	Justo a tiempo	Producción LEAN	Adminstración de la calidad total (TQM) Organización matricial	Ingeniería recurrente SIX SIGMA	Nace LEAN en empresa Toyota	LEAN flujo continuo	Pensamiento LEAN
Años	±1920	±1930- 1945	±1945	±1960	±1985	±1990	±1995	±1996

Figura 1: Evolución histórica de la filosofía Lean.

Fuente: (Villaseñor & Galindo, 2007) (Lledó, Rivarola, Mecaru, Cucchi, 2006) (citado por Valencia, 2013).

metodológicos, mediante la aplicación de los modelos de programación de proyectos y de la programación óptima de los procesos constructivos. (Benlloch, Tienda, Romano, Doria, citado por Valencia, 2013)

Lean Construction establece un nuevo modelo de producción basado en flujos y conversiones, donde los primeros no agregan valor desde la óptica del cliente, pero si consumen recursos en la medida que el consumo de estos recursos está más allá de la cantidad básica para agregar valor. Ohno recoge este enfoque cuando define como pérdidas: "Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción" (Delgado, 2007)

En las obras de construcción, las pérdidas se dan por muchos factores, Borchherding en 1986 propuso un modelo cualitativo que permite identificar cinco grandes causas de la reducción de la productividad:

1. Pérdidas por esperas.
2. Pérdidas por traslados.
3. Pérdidas por trabajo lento.
4. Pérdidas por trabajo inefectivo.
5. Pérdidas por trabajo rehecho.

Las pérdidas pueden subdivirse en dos grupos de acuerdo al modelo de producción; las controlables y las no controlables. Las pérdidas controlables ocurren en el área de competencia de la administración de obra y obedecen a las causas administrativas, de recursos, o de control. Sin embargo, no todas las pérdidas del sistema pueden ser evitables, como ocurre con aquellas atribuidas a la influencia del clima y los proveedores. Respecto de estos últimos se recomienda una gestión de los mismos mediante la planificación anticipada. (Delgado, 2007)

Con el fin de eliminar todas estas demoras se hace necesario identificar las actividades que no agregan valor al producto y todas aquellas que si lo hacen, esto con el fin de incrementar las segundas y tratar de eliminar las primeras. Lo anterior se logra mediante mediciones de diferentes actividades, encuestas con los maestros de obra, toma de tiempos de transporte y ejecución de una determinada actividad e identificación de los posibles factores que pueden afectar el rendimiento de una actividad. (García, 2012)

## Reseña histórica de Lean Construction

Los primeros intentos de adaptación del modelo Lean a la construcción fueron planteados por Lauri Koskela en 1992, en su documento "Application of the New Production Philosophy to Construction", analizando los sistemas productivos emergentes: enfoque justo a tiempo (just in time), ingeniería concurrente, gestión de la calidad total, reingeniería de procesos, así como las ideas aplicadas en el Toyota Production System.

Los primeros estudios que intentaron medir la variabilidad del flujo de trabajo en la construcción se realizaron en 1994 por Ballard y descubrieron valores sorprendentes, como por ejemplo, que tan sólo el 36% de las tareas que se planeaban en una semana realmente se conseguían terminar durante esa semana. Ahora bien, en 1998 otro estudio de Ballard & Howell incrementó esa cifra hasta el 54%. Estos resultados confirmaron que la filosofía tradicional de gestión de proyectos constructivos no funcionaba correctamente porque la variabilidad no era algo pequeño y ocasional, sino algo persistente y muy grande. Es más, los análisis demostraron que la mayoría de fallos sobre la planificación estaban dentro del ámbito de control del constructor. (Puigpelat, 2012)

En 1997 Greg Howell y Glenn Ballard fundan el Lean Construction Institute (LCI); es una organización de investigación sin ánimo de lucro cuyo objetivo es modificar la gestión de los proyectos constructivos. Utilizando como base el "Lean Production Management", busca integrar todas las fases del proyecto de construcción para revelar y dar soporte a las necesidades del cliente, en pro de una mejora global del proyecto. (Coronel, 2010)

En abril de 2011 se creó el Instituto de Lean Construction Español, cuyo objetivo es establecer una red de contacto entre académicos, investigadores, empresas y profesionales del sector de la construcción. Actualmente la nueva filosofía de gestión de proyectos de Lean Construction está muy implantada en países como los Estados Unidos, Inglaterra, Dinamarca, Finlandia, Australia, Brasil, Chile, Singapur, Indonesia, Ecuador, Colombia y Perú. (Puigpelat, 2012)

Mediante el enfoque Lean Construction se han desarrollado diversas herramientas tendientes a reducir las pérdidas a través del proceso productivo. Una de estas herramientas de planificación y control fue diseñada por Ballard y Howell. El sistema denominado "Last Planner System<sup>®</sup>" (el último planificador) presenta cambios fundamentales en la manera como los proyectos son planificados y controlados. El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad. (Botero & Álvarez, 2005)

## Last Planner System<sup>®</sup>

Last Planner System (sistema del último planificador) es una de las herramientas más importantes con las que cuenta la filosofía Lean Construction. El primer documento sobre esta herramienta fue presentado formalmente en 1994 por Herman Glenn Ballard, quien posteriormente en el año 2000 publica su tesis doctoral titulada "The Last Planner System of Production Control".

El sistema del último planificador está centrado en la fase de ejecución de los proyectos de construcción, concretamente en la obra. (Rodríguez, Alarcón, Pellicer, 2011).

La metodología intenta minimizar o eliminar todas aquellas fuentes de desperdicios o pérdida de tiempo, en los procesos productivos, que normalmente implican menor productividad, menor calidad, mayores costos, etc. En este sistema las actividades de producción se conciben como flujos de materiales e información y que deben ser controladas con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de construcción.

Last Planner apunta a incrementar la credibilidad en la planificación y por consecuencia mejorar el tiempo de entrega de los proyectos. El sistema provee de herramientas de planificación y control aun en proyectos, y está especialmente diseñado para mejorar el control de la incertidumbre aumentando la confiabilidad de los

planes. El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles del sistema de planificación. (Andrade & Arrieta, 2011).

La idea del sistema Last Planner es involucrar a todas aquellas personas que tienen participación directa en las actividades del proyecto, para que ayuden en la fase de planificación de la obra, por medio de su punto de vista, su experiencia, su criterio, proponiendo productividades, tiempos, y metas reales que se comprometen a alcanzar, bajo la coordinación de un líder, quien es el encargado de organizar todas las ideas y materializarlas en una programación que se hace en tres niveles de detalle: programa maestro o programación general, programación intermedia (Look Ahead), y la programación semanal. (García, 2012).

## Programa Maestro

La planificación inicial o programación general de un proyecto constructivo consiste fundamentalmente en definir las tareas que deberían ejecutarse, el orden de ejecución, y su duración, generando una línea de actividades con algún tipo de interconexión que llevan a la realización del proyecto, además genera el presupuesto inicial. Esta etapa es sumamente importante para que el sistema Last Planner proporcione los beneficios esperados. Ésta programación debe realizarse con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa constructora en el campo, esto es, con base en estadísticas de duraciones, rendimientos, productividad, costos, promedio para ejecutar las distintas actividades. Solo de esta manera se podrá aplicar Last Planner de manera adecuada, ya que, si se programa sin ningún fundamento técnico, a la hora de supervisar las tareas en la obra, se podrían presentar grandes discrepancias entre lo planeado y lo real, produciendo resultados desmotivadores de la aplicación de la metodología. (Andrade & Arrieta, 2011).

Para la adecuada elaboración del programa maestro es fundamental identificar a los responsables del cumplimiento de cada parte del programa e incorporar a los proveedores y subcontratistas que intervienen en cada actividad programada. También deben incluirse las relaciones entre los responsables de las tareas y los proveedores-subcontratistas, en qué periodo

del programa deben actuar y las posibles interacciones entre los diferentes proveedores y subcontratistas.

Así mismo es fundamental tomar en cuenta los agentes externos que intervienen en el desarrollo del proyecto, como por ejemplo empresas de servicios públicos, gobiernos locales, normativa nacional, que pueden llegar a tener gran influencia en las actividades programadas, y por ende el plazo y costo final. (Rodríguez et al., 2011).

## **Programación intermedia (Look Ahead)**

Como su nombre lo dice (Look Ahead), consiste en mirar hacia el futuro. Se observan o analizan las actividades, que según el programa maestro actualizado, se van desarrollar y se las estudia en detalle, lo que se hace es observar en la programación, qué actividades se iniciarán de aquí a una fecha determinada. Este horizonte o futuro depende de la naturaleza, complejidad y duración de dichas actividades, del tiempo de respuesta de los proveedores y subcontratistas, y de la duración total de la obra. Este periodo de análisis puede estar entre 4 a 12 semanas, pero es importante que este no varíe a lo largo del proyecto, esto es, que se escoja sólo una duración de dicho periodo. El propósito es definir claramente que se “puede” hacer en este periodo, o sea las actividades que pueden ser ejecutadas. (García, 2012)

Dentro de la planificación intermedia se analizan las restricciones que puede tener una actividad para ser ejecutada en el periodo establecido, como la demora en órdenes de compras y contrataciones, tiempos de espera en despacho de proveedores de materiales o servicios, disponibilidad de materiales, mano de obra y equipos especiales requeridos, organización y disposición de sitios de trabajo y seguridad en los mismos, planes de manejos de residuos y demás que se consideren necesarios para la ejecución de lo que se programe. También es necesario definir responsables de cada tarea en el cronograma, esto con el fin de que cada uno se encargue de liberar restricciones a la fecha en que deben estar sin restricciones, con ayuda del líder o gestor de Last Planner, y así evitar atrasos o problemas en la ejecución de las tareas. (García, 2012)

Uno de los objetivos que se busca con la programación intermedia es equilibrar la carga de trabajo y la capacidad. La carga es la cantidad de actividades que la administración de la obra busca completar en el periodo de tiempo dado; y la capacidad es la cantidad de trabajo que las cuadrillas o los subcontratistas pueden llegar a completar en ese periodo de tiempo. Lo ideal es que la carga de trabajo que se asigna a las cuadrillas o subcontratistas se equilibre con la capacidad que ellos tienen. Si la carga es mayor, habrá atrasos en las entregas pues las cuadrillas no tienen tal capacidad; si la capacidad es mayor, habrá un gasto innecesario de recursos por tener ociosas a las cuadrillas. (Díaz, 2007).

Otro de los objetivos fundamentales del Look Ahead es mantener un inventario de actividades que sean efectivamente ejecutables (inventario de trabajo ejecutable). La importancia del inventario de trabajo ejecutable radica en que la programación semanal es realizada con base en este inventario, mejorando así la productividad de quienes reciben la orden de ejecutar dichas actividades e incrementando la confiabilidad del flujo de trabajo para las siguientes etapas del proyecto. (Díaz, 2007).

Dos conceptos importantes que se producen en la programación intermedia son el inventario de trabajo ejecutable (ITE), y las restricciones de las actividades. A continuación, se amplían un poco estos conceptos, con la finalidad de garantizar la comprensión del lector.

## **Inventario de trabajo ejecutable (ITE)**

Luego de que se realizaron las diligencias y gestiones requeridas para eliminar las restricciones que pudiesen tener las actividades, dichas actividades pasan inmediatamente a una lista de actividades que se pueden ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajo ejecutable. En esta etapa, se pasa desde las actividades que se “deben” hacer, hacia las actividades que se “pueden” hacer, o sea, ya no hay causa palpable o visible para dichas no puedan ser ejecutadas en el momento que se desee.

En el inventario de trabajo ejecutable están las actividades que se programaron en el Look Ahead, o sea contempladas para semanas futuras en la programación general, pero también



pueden haber actividades que presentan un retraso o adelanto, siempre y cuando no sean actividades de la ruta crítica, que pueda retrasar el plazo de la obra. La intención de esto es mantener un ITE que asegure un trabajo realizable por las cuadrillas o subcontratistas, con el doble de capacidad que las que se tienen efectivamente en obra, esto con la finalidad de no tener nunca cuadrillas o subcontratistas ociosos por el motivo de no tener potenciales trabajos para ejecutar, en caso que falle la ejecución de alguna actividad considerada en el programa semanal, debido a una causa no prevista. (Díaz, 2007).

Un gran porcentaje de las veces, los proyectos sufren algún tipo de atraso en su entrega, no obstante, también puede ocurrir que se tenga un adelanto en el plazo según la programación general. Esto puede generar cuadrillas o subcontratistas ociosos si no se tienen un ITE con más actividades de las programadas inicialmente, o sea si ya no hay actividades disponibles para ejecutar. Ahí radica la importancia de tener un inventario de tareas potencialmente realizables. (Díaz, 2007).

## Restricciones de las actividades

Para cada una de las actividades contempladas en la programación intermedia, se deben identificar los factores que impiden que dicha actividad pueda ser ejecutada. Estos factores se conocen como restricciones. Entre las más comunes se pueden mencionar:

- **Diseño:** involucra a todas las actividades que no están definidas en el proyecto, ya sea por incongruencia entre las especificaciones técnicas y los planos o simplemente por omisión.

- **Materiales:** se refiere a que los materiales necesarios para ejecutar la actividad deben estar disponibles en obra antes de la fecha del inicio programado de la actividad. Se pueden presentar atrasos en entregas, escases de material, difícil acarreo, etc.

- **Mano de Obra:** se debe contar con una claridad sobre la cantidad de mano de obra disponible para realizar la actividad. Se puede presentar una escases, falta de capacitación, problemas de salud, etc.

- **Equipos y herramientas:** corresponde a tener disponibilidad de equipos y herramientas necesarias para realizar la actividad en el momento indicado. Puede suceder que los

equipos de dañen, incumplimiento de entregas, etc.

- **Prerrequisitos:** se refiere a que las actividades predecesoras estén ejecutadas para ejecutar las que se requieren. (Díaz, 2007).

También pueden presentarse restricciones particulares dependiendo del tipo de actividad a ejecutar. Por ello es de suma importancia que el análisis de las restricciones sea discutido con anticipación, para tener el plazo necesario para poder liberarla. De ahí la importancia de que el responsable de la actividad se comprometa a liberarla en conjunto con el líder.

## Programación semanal

La programación semanal consiste en definir lo que “se hará” durante la semana entrante con base en los objetivos cumplidos en la planificación semanal finalizada, de lo proyectado en la programación intermedia, del inventario de trabajo ejecutable, y de las restricciones existentes. Las actividades a realizar en la semana entrante tienen que formar parte del inventario de trabajo ejecutable definido anteriormente. Esta programación la realiza el líder de manera conjunta con los ingenieros, supervisores, maestros de obra, jefes de cuadrilla, representantes de subcontratistas, bodegueros, encargados de proveeduría, etc. (Rodríguez et al., 2011).

Para la realización de esta programación es conveniente establecer una reunión, ya sea al inicio de la semana o bien al final de esta. En dicha reunión, primero que nada, se debe realizar un análisis del cumplimiento de la planificación de la semana anterior, o sea, las actividades que se lograron completar en la semana pasada; detectando cuáles han sido las causas de no cumplimiento de lo planificado, de modo que puedan adoptarse las medidas necesarias para corregir los desajustes que se pueden introducir en la planificación intermedia o general. (Rodríguez et al., 2011).

Posteriormente, con base en el análisis anterior, se debe realizar la planificación de la semana entrante, o sea los trabajos que “se harán”. Por ello es fundamental que en esta reunión se encuentren todos los implicados en la ejecución de las obras, para que se comprometan a realizar solamente el trabajo que puedan realizar. (Rodríguez et al., 2011).

El ataque sistemático a las causas de no cumplimiento puede aumentar la confiabilidad de la planificación futura, e incrementar el rendimiento de las cuadrillas y subcontratistas. Este proceso semanal iterativo provoca una retroalimentación para mejorar las debilidades que puedan suceder. (Andrade et al., 2011).

## **Causas de no cumplimiento (CNC)**

Las causas de no cumplimiento representan las razones por las cuales el plan de trabajo semanal no es completado en un 100%, o sea, porqué algunas de las actividades programadas para la semana no pudieron ser ejecutadas, o sólo una parte ellas.

Las razones por las que no se ejecutan las actividades pueden ser:

- Mala información o falta de comunicación entre los involucrados en la obra.
- Fallos en la estimación de la capacidad de las cuadrillas o subcontratistas.
- Aspectos no considerados en la programación, y que están fuera del control de los involucrados, como por ejemplo condiciones climáticas adversas, ausentismo de la mano de obra, fallas en entregas de materiales.

Las razones por las que un plan falla pueden graficarse según su frecuencia de ocurrencia, para así resaltar las causas predominantes y enfocar mejor los esfuerzos para que no vuelvan a suceder.

El identificar la causa que provoca los problemas es sumamente importante y es uno de los primeros pasos para generar un mejoramiento, pero no basta con eso. Lo que realmente genera el mejoramiento es dar una acción correctiva al problema, que permita generar un flujo de trabajo más continuo.

Después de detectarse las razones, el último planificador debe analizar la raíz del problema. La razón aparente, inicialmente detectada, puede ser consecuencia de otras acciones o eventos desarrollados en el proyecto. El último planificador debe manejar el curso de las acciones o la cadena de eventos para aprender cómo las fallas repetitivas pueden prevenirse.

El propósito no es reprochar a algún individuo, sino ayudar a las personas a entender cómo un cambio en sus acciones puede ayudar a

prevenir futuras fallas en la planificación. (Andrade et al., 2011).

## **Porcentaje de actividades completadas (PAC)**

Consiste en el número de actividades programadas para una semana que fueron ejecutadas en un 100%, divididas por el número total de actividades programadas para la semana dada. Es decir, compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación. Es por ello que resulta necesario efectuar mediciones semanales en la obra sobre los porcentajes de avance de las actividades. De esta manera, el PAC evalúa hasta qué punto se están cumpliendo los compromisos de las cuadrillas y subcontratistas para ejecutar el trabajo, y produce una retroalimentación que ayuda en la toma de decisiones para las semanas siguientes. (Botero et al., 2005)

Es importante resaltar que a pesar de lo que se pueda pensar, un PAC del 100 % no siempre indica o refleja que hay un desempeño perfecto de las cuadrillas y subcontratistas. Es deseable que el PAC se encuentre entre un 80 % y 90 % por lo siguiente, un porcentaje menor al 80 % revela que más del 20 % de las actividades no se pudieron ejecutar, lo que provoca un atraso en el tiempo de entrega del proyecto, pues no se está cumpliendo con la programación. Un PAC mayor al 90 % o muy cercano al 100 % muestra que casi siempre se está ejecutando todo lo que se programó, apuntando a que la programación semanal no se está haciendo correctamente, o por lo menos sin la premisa de hacer siempre más que la semana pasada, o sea podría significar que los involucrados no están haciendo su máximo esfuerzo por lograr ser más eficientes cada semana, y más bien se comprometen con metas que están por debajo de su capacidad para no sentir presión de trabajo.

## **La reunión de planificación semanal**

Las reuniones de planificación son de suma importancia dentro del Last Planner System. La

frecuencia con la que se realizan estas reuniones depende fundamentalmente del tamaño y complejidad del proyecto que se desarrolle, no obstante, es recomendable que se realicen cada semana como mínimo para elaborar la programación semanal. En algunas empresas se realizan reuniones diarias, pero enfocadas en analizar en avance de las obras y gestionar la liberación de las restricciones, teniendo igualmente la misma importancia.

Según lo indicado por (Delgado, 2007) es fundamental que en esta reunión participen todos los involucrados relacionados con la liberación de restricciones, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales. Los propósitos de la reunión son los siguientes:

- Revisar y aprender del PAC de la semana anterior.
- Analizar las causas de no cumplimiento.
- Tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento.
- Realizar un análisis entre el avance alcanzado y el propuesto para el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Look Ahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el ITE para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.

Para cumplir los propósitos de la reunión existe información que deben llevar los subcontratistas y jefes de cuadrilla, y el coordinador del sistema Last Planner.

Subcontratistas y jefes de cuadrilla:

- Llevar a la reunión su porcentaje de avance y adicionalmente indicar una primera opinión de las causas de no cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana.
- Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro de la ventana Lookahead.

Coordinador:

- Llevar programa Maestro y la planificación Look Ahead.
- Llevar una comparación entre los objetivos logrados y los propuestos por el proyecto, con

el objetivo de marcar claramente las directrices del funcionamiento de cada unidad productiva.

- Listado de las tareas que entrarán en el proceso Look Ahead, además de la planificación Look Ahead de la semana anterior.
- Actualiza y lleva el ITE.

Es recomendable también que la reunión tenga un determinado orden o estructura a seguir, de esta forma se asegurará que se cumplan los propósitos de la reunión, y que se mantenga una buena organización. A continuación, se presenta una estructura que resume la secuencia básica a tratar en la reunión:

- Se parte analizando el PAC de la semana anterior, las causas de no cumplimiento, tomando acciones correctivas inmediatamente si es posible.
- Se analiza el cumplimiento de las tareas pendientes de la semana anterior.
- Se realiza el análisis entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.
- Se analiza el análisis de restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.
- Se crea el ITE con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior.
- Con la planificación Look Ahead de la semana anterior y teniendo en cuenta el ITE preparado para la semana siguiente, se discute las actividades que en definitiva se realizarán, analizando secuencia, responsables, carga de trabajo (si son capaces de ejecutarlo) y si el trabajo seleccionado es adecuado.
- El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada subcontratista y jefe de cuadrilla.
- Además, se discute el estado de las otras actividades dentro de la planificación Look Ahead en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas lo más pronto posible.
- Luego, y teniendo presente la opinión de los subcontratistas y jefes de cuadrilla, se verifican las actividades que realmente entrarán a la siguiente planificación Look Ahead, contrastándolas con el programa Maestro.
- Posteriormente es recomendable asignar los responsables de liberar las restricciones de las

nuevas tareas ingresadas a la planificación Look Ahead.

- Teniendo lista la nueva planificación Look Ahead, el coordinador la entregará a más tardar al día siguiente a todos los involucrados.
- Por último, se destaca el compromiso que asume cada subcontratista y jefe de cuadrilla haciendo énfasis en que es el elemento más importante en el Last Planner System.

En cada reunión semanal se debe discutir abiertamente la planificación Look Ahead, el inventario de trabajo ejecutable, y la planificación semanal, sin imponer órdenes por parte del coordinador, para que todos los involucrados se sientan partícipes dentro de la planificación de la obra.

A manera de resumen, en la figura 2 se muestra un esquema que ilustra gráficamente las fases o componentes que intervienen en el Last Planner System.

## Software Senda Matrix

Senda Matrix es una herramienta computacional creada especialmente para la aplicación de Last Planner System en proyectos de construcción. Es un complemento que se instala en Microsoft Excell, en una pestaña adicional a las que trae por defecto, y fue desarrollada por el Dr. José Luis Ponz Tienda, profesor del departamento de ingeniería civil y ambiental, de la Universidad de los Andes en Colombia.

Es una herramienta que se divide en tres paquetes generales:

- Planificación de proyectos con tareas de relación comienzo-final llamada Matrix GPR's.
- Planificación de proyectos con tareas de relación comienzo-final, comienzo-comienzo, final-final y final-comienzo llamada Matrix Pro.
- El control y seguimiento de proyectos con la implementación de LPS llamada Compromises.

Los demás elementos son complementos de estas tres herramientas principales. La herramienta llamada Clients, Zones and Areas es la requerida para definir las zonas, responsables, áreas y el calendario de trabajo del proyecto.

Por último, se encuentra la herramienta llamada Percent Planned Completed y es la que define el PAC de cada una de las semanas programadas con LPS.



**Figura 2.** Esquema del Last Planner System

**Fuente:** (Pons, J. F. Consultor Lean Management, 2010) Tomado de (Botero, 2014).

Cada sección tiene una aplicación definida y particular según los intereses del usuario, por ejemplo, se puede llevar a cabo la programación y el control de los proyectos, o solamente el control, dejando la programación para otro software, como por ejemplo Project.

Todas estas herramientas o complementos trabajan de manera conjunta para lograr conformar los formatos de planificación semanal y a mediano plazo, y para llevar el control de la obra por medio del PAC, y también se puede llevar una estadística de las causas de no cumplimiento con el elemento Causes.

Esta herramienta puede descargarse en <http://goo.gl/a7G3L3>, y su utilización no requiere licencia. Más información del programa puede obtenerse del manual de usuario que viene junto al archivo instalador

## Software IMPERA

Es un software de planificación y control de proyectos basado en la metodología Last Planner, que combina una interfaz Gantt tradicional con un potente manejo de datos, reportabilidad y gestión visual. El sistema facilita la preparación de planes y programas, confeccionando los distintos formatos de trabajo y llevando en forma automática el registro del PAC, restricciones pendientes, causas de no cumplimiento, entre otros.

IMPERA está construido sobre una estructura cliente servidor, donde el usuario carga automáticamente el trabajo realizado a una base de datos a la que se puede acceder desde cualquier computador conectado a Internet. Esto permite que la información generada en obra, sea consultada desde las oficinas centrales de la empresa, facilitando el seguimiento y monitoreo de los proyectos. De la misma forma, si la empresa lo desea, se puede dar acceso a esta información a sus proveedores, subcontratistas y maestros de obra.

Entre las características y ventajas de software se tiene:

- La plataforma de desarrollo proporciona mayor simplicidad en el manejo de las herramientas de planificación y gestión de subcontratos, gracias a la automatización de gran parte del trabajo y a una interfaz amigable con el usuario.

- Facilita la labor de los directores de proyectos y visitantes de obra, permitiendo el control en forma remota del estado de los proyectos.
- Proporciona una base estándar para la aplicación de las herramientas de planificación y gestión de subcontratos.
- Permite integrar y compartir información en línea, entre oficina central y obra, mejorando la gestión interna de la empresa y permitiendo la participación de toda la cadena de abastecimiento (cliente, proveedores y subcontratistas), en el control de producción.
- Facilita la visualización de la información, entregándola en forma clara y precisa para la toma de decisiones, fomentando el mejoramiento continuo.
- Genera y administra información histórica de los proyectos, para ser consultada en forma ágil cuando se lo requiera.
- La flexibilidad del sistema, le permite adaptarse a cualquier tipo y tamaño de obra.

Esta herramienta puede descargarse en [www.liveprojects.cl](http://www.liveprojects.cl), no obstante, es un programa que requiere licencia para ser utilizado. Más información del programa puede obtenerse en dicha página o en <https://sites.google.com/site/geproimpera/documentos>.

## La Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI)

FUPROVI es una fundación privada sin fines de lucro que apoya a grupos de familias de escasos recursos que están dispuestas a organizarse, participar activamente y gestionar recursos para la construcción de un nuevo desarrollo habitacional o el mejoramiento del barrio que ya ocupan.

Fundada en 1987, la fundación desarrolla proyectos habitacionales de interés social con la participación activa de las futuras familias beneficiarias de la solución de vivienda. Para ello, apoyan y asesoran a los grupos de familias para que por medio de las entidades autorizadas del

Sistema Financiero Nacional para la Vivienda, obtengan el Bono de la Vivienda, para que cubran la totalidad o una parte del costo de la solución de vivienda construida por la fundación.

La fundación ejecuta los proyectos habitacionales, encargándose de la tramitación y permisos, diseños, construcción, de las viviendas y de la infraestructura que se requiera para el proyecto; además de ser la administradora del proyecto, de considerarlo necesario, financia a estos grupos mediante créditos a corto plazo que se destinan a actividades como: factibilidad del proyecto, diseño y trámite de planos, compra del terreno, construcción y mejora tanto de obras de urbanización como de vivienda y administración del proyecto.

El grupo organizado paga mensualmente una cuota a FUPROVI por el crédito recibido. Cada familia afiliada, mientras no se haya aprobado y desembolsado el financiamiento de largo plazo del SNFV, debe pagar mensualmente la parte que le corresponde del monto total que debe cancelar la asociación por el crédito recibido.

FUPROVI no forma parte del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda porque no es una entidad autorizada. Por lo tanto, no aprueba bonos ni ofrece créditos de largo plazo a las familias, como si lo pueden hacer las entidades autorizadas del SFNV a familias con capacidad de pago para afrontar el crédito. Lo que sí hace FUPROVI es asesorar al grupo organizado y familias a las que les está administrando el proyecto, para que tramiten sus solicitudes de bono y crédito ante el SFNV.

Para obtener el financiamiento individual de largo plazo, FUPROVI apoya al grupo para que cada familia se postule y formalice ante el SFNV por medio de una entidad autorizada. Cuando todas las familias del grupo se han formalizado, se cancela a FUPROVI el total del crédito a corto plazo otorgado por FUPROVI. Cada familia debe cubrir el costo total de la solución habitacional.

En cada proyecto que FUPROVI apoya se forma una Comisión Comunal de Formalización, la cual es integrada por representantes del grupo organizado y asesorada por un funcionario de la Unidad de Formalización de la Fundación. Esta comisión se encarga de recoger la documentación y preparar los expedientes de cada familia según los requisitos establecidos por el SFNV. FUPROVI revisa los expedientes, completa la información que le corresponde y los envía a la entidad

autorizada para que estudie las solicitudes de bono y crédito. (Ulibarri, 2007)

## **Modelos de construcción de proyectos de FUPROVI**

La Fundación posee varios esquemas que utiliza para la construcción de los proyectos; los cuales se determinan fundamentalmente con base en la cantidad de soluciones de vivienda que poseerá el conjunto habitacional. Los más utilizados son: un contrato por mano de obra; y un contrato llave en mano.

Cuando el conjunto habitacional posee más de 60 soluciones de vivienda, la Fundación ha determinado, mediante análisis financieros de proyectos pasados, que el costo unitario promedio de las soluciones de vivienda es menor si la Fundación adquiere directamente los materiales de construcción. Es por ello que, en estos casos, se opta por ejecutar el proyecto mediante un contrato por mano de obra, en el cual, el o los contratistas aportan el recurso humano para la ejecución de las actividades, mientras que la Fundación se encarga de comprar los materiales requeridos por medio del departamento de proveeduría.

Cuando el proyecto tiene menos de 60 soluciones de vivienda, generalmente se opta por construir las obras mediante un contrato llave en mano, en el cual, el o los oferentes cotizan un precio fijo o suma alzada por la ejecución total de las actividades requeridas, incluyendo mano de obra y los materiales.

En ambos casos, la Fundación se encarga de la fase de planos y documentos, además de la dirección técnica de los proyectos, mediante los departamentos de diseño, y de construcción.

## **Situación actual de la planeación, seguimiento, y control de proyectos en FUPROVI.**

Actualmente la Fundación tiene algunas dificultades para ejecutar la planificación técnica y el control efectivo de los proyectos de construcción, que han provocado inconvenientes en algunos proyectos pasados, principalmente en cuanto a los plazos de entrega, aspecto que se

refleja en un incremento en el costo final de las obras.

Esta situación se presenta principalmente por algunos factores que se explican a continuación.

- Actualmente la Fundación carece de un procedimiento o filosofía formalmente establecida que permita asegurar el desempeño adecuado de los proyectos mediante una planificación detallada de los procesos constructivos, que permita anticipar los requerimientos, restricciones, que puedan significar atrasos en la obra. Si bien es cierto, la Fundación realiza una planificación o plan de proyecto por medio de reuniones con los involucrados en desarrollo, llámese gerencia, departamento de diseño, de construcción, proveeduría, etc, este plan es una planificación muy general de los aspectos principales del proyecto y no entra en una discusión detallada de cómo se ejecutarán las actividades y que requerimientos fundamentales se deben subsanar a priori para una ejecución fluida de los procesos.
- Los modelos de construcción de los proyectos presentan algunas deficiencias en cuanto a los tiempos de ejecución y por ende en los costos. En el modelo de contrato por mano de obra, esta situación podría explicarse debido a que en ocasiones se presentan contratiempos con los proveedores de materiales, lo cual provoca atrasos en la ejecución de actividades por parte de los contratistas. Tanto en el modelo de contrato por mano de obra como el de llave en mano se presenta la situación que algunos contratistas poseen poca experiencia, lo que produce que las proyecciones de recursos (mano de obra, plazo) que hacen los contratistas en las ofertas no sean del todo acertadas.

De manera general se puede indicar que, aunque la Fundación tiene mucho tiempo ejecutando proyectos habitacionales, todos ellos son y serán diferentes en cuanto al tema de la planificación, ya que en cada proyecto influyen diferentes variables como la ubicación dentro del país, modelo de construcción, la cantidad de soluciones, de la cultura de la zona, condiciones sociales, económicas, geográficas de la zona, etc, por ende, el asunto de la planificación resultará igualmente complejo y dinámico.

## Proyecto habitacional La Colina de Noche Buena

La Colina es un proyecto de construcción de una urbanización nueva ubicada en Noche Buena de Turrialba, a 2,5 km al sur del centro de Turrialba, donde se construyen 88 soluciones de vivienda, 78 de ellas con 2 dormitorios, y 10 con 3 dormitorios, todas en un nivel, en una finca con un área total de 19 807 m<sup>2</sup>, a inicios de septiembre el avance total aproximado de la construcción es del 65 %. El plazo inicial para la construcción de las viviendas es de 164 días naturales y un costo total de ₡ 1.401.524.181,84.

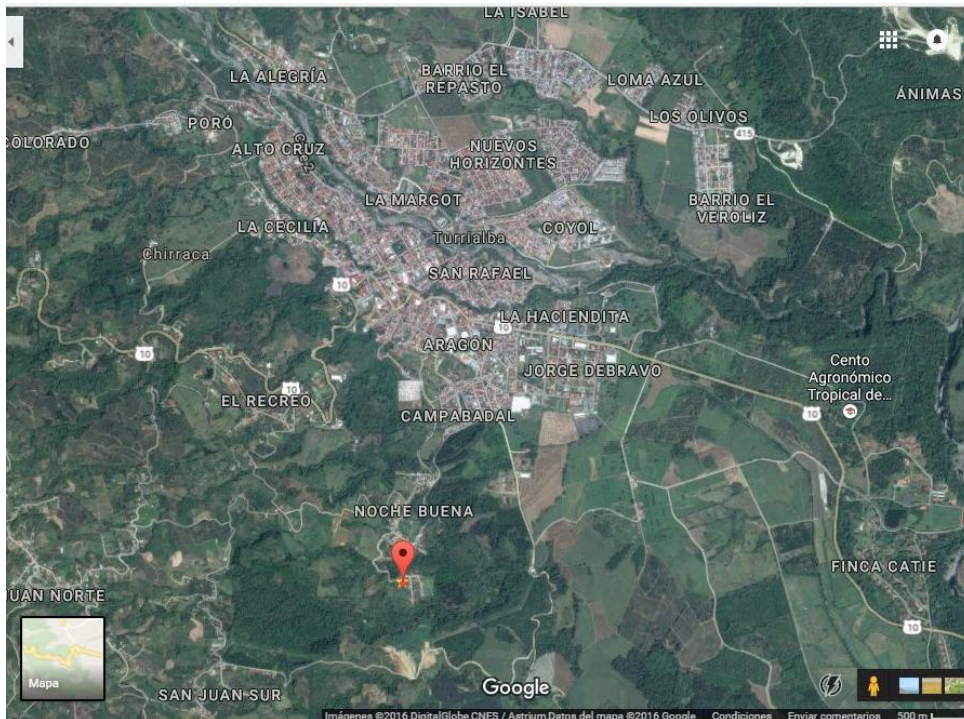
La mayor parte del terreno presenta condiciones quebradas, por lo que el departamento de diseño de FUPROVI decidió construir casas de madera sobre pilotes de concreto, para que las viviendas se adapten a la topografía del terreno, con el objeto de evitar grandes movimientos de tierra que podrían encarecer el costo del proyecto, para garantizar una buena permeabilidad del terreno para las aguas grises, ya que el proyecto no cuenta con planta de tratamiento sino más bien tiene sistemas de tratamiento individual, y además para proteger el patrimonio arqueológico que pueda tener la finca, ya que la zona de Turrialba se caracteriza por sus hallazgos arqueológicos.

Para la construcción de las viviendas, la fundación da en subcontrato a varios contratistas la construcción de un bloque de viviendas. La fundación adquiere todos los materiales necesarios para la construcción, y los contratistas se encargan fundamentalmente de la mano de obra. Este método es un tanto diferente a lo que se acostumbra en los proyectos, dónde los contratistas tienen asignadas actividades específicas, como excavaciones, obra gris, techos, cielos, pisos, acabados, etc, y por ende son especialistas en dichas actividades, logrando con ello una alta productividad.





**Figura 3.** Distribución del proyecto La Colina de Noche Buena.  
**Fuente:** FUPROVI



**Figura 4.** Ubicación del proyecto La Colina de Noche Buena.  
**Fuente:** Google Maps.



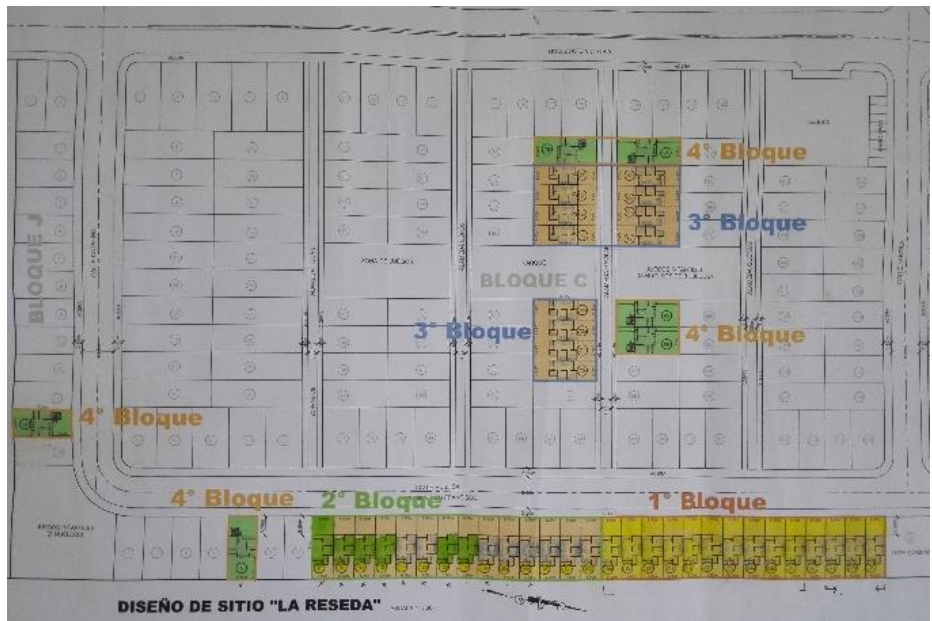
## Proyecto habitacional La Reseda

La Reseda consiste en un proyecto de expansión de la urbanización La Reseda, la cual está ubicada en el Roble de Puntarenas, aproximadamente a 500 m al norte del centro penitenciario La Reforma. El proyecto se compone por 40 viviendas unifamiliares de un nivel, con 2 dormitorios y un área de 43,5 m<sup>2</sup>. Además de 6 viviendas bifamiliares de 2 niveles (12 unidades), con 2 dormitorios y un área total de 94, 9 m<sup>2</sup>. Para un total final de 52 soluciones de vivienda. 28 de las viviendas se encuentran frente a calle pública, y las demás tienen acceso por medio de las alamedas de la urbanización. El plazo inicial para la construcción de las viviendas es de 130 días naturales y un costo total de ₡ 489.429.814,00.

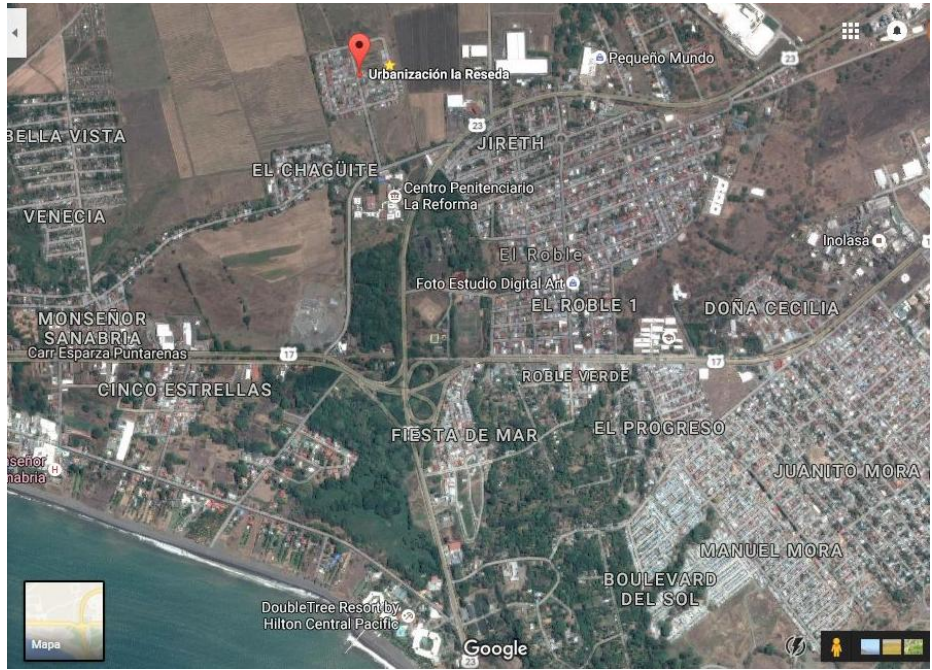
El terreno donde se construyen las viviendas y el de la zona en general es totalmente plano debido a la cercanía con la costa. Las viviendas son construidas en el sistema de mampostería integral de 12 cm de ancho, y se requiere una sustitución con lastre compactado que varía de 20 a 35 cm para las viviendas de uno y dos niveles respectivamente. Las viviendas son cimentadas sobre una placa corrida, y poseen una estructura de techo de hierro galvanizado y piso de concreto lujado.

La urbanización cuenta con una red de alcantarillado sanitario a la cual se conectarán las viviendas a construir. Esta red converge en una estación de bombeo que envía las aguas de la urbanización a la planta de tratamiento del Roble, administrada por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. La urbanización también cuenta con tendido eléctrico y suministro de agua potable.

El modelo de construcción utilizado en este proyecto es el de llave en mano, en donde se otorgó en contrato la totalidad de los trabajos de construcción de las viviendas a un solo contratista, ya que, según el análisis financiero, cuando el proyecto tiene menos de 60 viviendas, es más rentable otorgarlas en llave en mano. En este modelo el contratista se encarga de conseguir los materiales requeridos para las viviendas, así como la mano de obra y equipo necesarios para la construcción, mientras que FUPROVI se encarga de la supervisión de las obras mediante un maestro de obras a tiempo completo y un ingeniero director técnico del proyecto.



**Figura 5.** Distribución del proyecto La Reseda.  
**Fuente:** FUPROVI



**Figura 6.** Ubicación del proyecto La Reseda.  
**Fuente:** Google Maps.

# Resultados

A continuación, se indican los resultados obtenidos en el desarrollo de la práctica profesional.

Mediante la investigación bibliográfica se encontró que la filosofía Lean Construction resulta ser una adaptación de filosofías de producción de industrias, principalmente la manufacturera y que trata de mejorar la competitividad y productividad de la industria de la construcción.

Desde hace ya algunos años, las empresas y los profesionales en general han venido mejorando la forma de ejecutar los proyectos constructivos, cambiando el modelo tradicional de ejecución por uno más profesional en el que cambia la manera de planificar y controlar las obras, siguiendo las tendencias de la filosofía Lean Construction.

Se manifiesta la importancia fundamental que tiene la programación general o el programa maestro dentro del Last Planner System®, como medio principal contra el cual siempre se confronta la ejecución real de las obras. Y también las reuniones de planificación semanal como instrumento esencial para establecer diferentes criterios de los involucrados directos en el proyecto respecto a la programación de la semana y a la liberación de restricciones para la ejecución de actividades.

En cuanto a la programación general de las obras en FUPROVI, siempre se establece un cronograma general ya sea por parte de los ingenieros de la Fundación o por parte del o los contratistas oferentes, pero siempre respetando las fechas de entrega de los bloques de vivienda o de la totalidad del proyecto, según sea el caso, en las fechas que establece la Fundación.

En cuanto a reuniones de planificación como tal, no son comunes en proyectos de la Fundación, debido a que no se tiene esa política de trabajo y a que se desconoce que es un instrumento muy útil que se utiliza en el LPS. En otras palabras, las reuniones formales de planificación entre los involucrados directos del

proyecto no se llevan a cabo actualmente por parte de la Fundación.

También se evidencia la trascendencia que debe tener el compromiso con el sistema que deben adquirir todos los involucrados directos en el proyecto como tal y también en la Fundación para el correcto funcionamiento del sistema.

En el caso de FUPROVI los ingenieros de proyecto ven con buenos ojos la aplicación de la metodología, y en general existe buena disposición por parte del departamento de construcción, lo que puede significar que los involucrados pueden tener un buen compromiso con el sistema.

Se determinó que el mercado ofrece algunas opciones de software para aplicar LPS, no obstante, no se requiere de manera rigurosa que se utilice un software especializado en LPS para la implementación del sistema dentro de la fundación o en cualquier otra empresa.

Además, se destaca que el LPS debe someterse a algunas adaptaciones, dependiendo del tipo de empresa en la que se desea aplicar, y esta adaptación está directamente relacionada con la forma de ejecución de los proyectos en la empresa y de las políticas o directrices principales de la gerencia de la empresa.

Se identificó que la Fundación posee y utiliza el software Open 4 Business (O4B) principalmente para la gestión y control de los presupuestos de los proyectos y para los procedimientos de la proveeduría y bodega en los proyectos mediante el contrato por mano de obra.

El software O4B resulta ser un elemento de control de los recursos aprobados para los proyectos. Y es un medio de estandarización de los procesos administrativos de proveeduría y bodega. Estos dos enfoques son oportunidades importantes que pueden apoyar la aplicación del LPS.

Otro aspecto relevante que se determinó fue que en la Fundación generalmente no se suscriben contratos de venta con los proveedores de materiales más significativos para los

proyectos, sino que habitualmente se maneja como un acuerdo del tipo orden de compra entre el proveedor y la Fundación para el suministro de los materiales.

La Fundación realiza procesos de concurso privado para obtener ofertas de empresas constructoras o contratistas que estén interesados en construir alguno de los proyectos que ejecutan. Generalmente sólo se hacen concursos para la construcción de proyectos llave en mano o cuando se desea ejecutar un contrato por mano de obra grande con una sola empresa o contratista. En el caso de contratos por mano de obra más pequeños, generalmente el ingeniero encargado del proyecto tiene la tarea de buscar algún contratista conocido para que ejecute los trabajos requeridos.

El seguimiento de un proyecto de construcción desde el punto de vista del LPS debe entenderse como la revisión de lo que se ejecuta en el campo para compararlo contra lo planificado en la programación general, posteriormente realizar un análisis para identificar desviaciones que se presentan respecto a la planificado, y con base en la identificación de las desviaciones se deben definir acciones correctivas encaminadas a lograr que las causas de las desviaciones no se vuelvan a presentar en el proyecto, además de asignar responsables de ejecutar y aplicar las medidas correctivas, definiendo para ello la fecha que se requiere que se cumpla la acción correctiva para volver a revisar el cumplimiento y aplicar de nuevo el mismo el ciclo durante toda la ejecución de las obras.

En cuanto al seguimiento de las obras por parte de FUPROVI, por lo general, al inicio de los proyectos se llevan a cabo reuniones formales con los involucrados directos, no obstante, durante el periodo de ejecución de las obras no es común que se practiquen este tipo de reuniones, las cuales traerían muchos beneficios en la ejecución del proyecto, como por ejemplo, un mejor y oficial canal de comunicación entre los involucrados, mejor gestión de la seguridad ocupacional, discusión de medidas de mitigación de impacto ambiental, intercambio de conocimientos y experiencia en diferentes procesos constructivos, se puede mejorar la gestión de los materiales, ya que se puede discutir las necesidades que se tendrán en las semanas próximas, eficiente planificación a mediano plazo de la obra mediante el conocimiento y experiencia de los involucrados, seguimiento constante del avance de los trabajos

para detectar desviaciones sobre lo planeado, asignación de responsables para solucionar restricciones de actividades, toma de medidas correctivas para el buen desempeño del proyecto, mejora el compromiso de los involucrados con optimar el avance del proyecto, entre otros.

Una de las ventajas que se presenta en la Fundación es la buena disposición y anuencia que muestran los funcionarios del departamento de construcción por acoger cualquier método o procedimiento que logre mejorar el desarrollo de los proyectos, como lo es el caso del LPS.

Una de las debilidades que se determinó que presenta la Fundación para la aplicación del LPS a los proyectos resulta ser que la cultura de seguimiento constante de las obras (por lo menos en 2 ocasiones a la semana) no está tan arraigada como es deseable, sobre todo en proyectos con gran cantidad de soluciones de vivienda que se tornan más complejos.

Otra de los aspectos detectadas es que se requiere de tiempo y espacio adecuados para realizar la programación, seguimiento y control con el LPS, por lo que se debe analizar y tomar en cuenta que los ingenieros de la Fundación controlan varios proyectos a la vez, por lo que deben utilizar el tiempo eficientemente.

Actualmente la Fundación no posee una herramienta formalmente establecida para el control de los proyectos de construcción, esto desde el punto de vista de garantizar que lo ejecutado en la obra sea similar a la programación general inicial. El control del presupuesto es muy bien controlado mediante la herramienta O4B mencionada anteriormente.

El seguimiento de la obra se realiza por medio de las visitas que realiza el ingeniero de proyecto, generalmente una vez a la semana y se concentra en registrar el avance para ejecutar los pagos, pedido de materiales, entre otros, pero no en gestiones para mejorar el desempeño del proyecto, como si lo contempla el LPS.

Un hallazgo importante es que la programación detallada de las obras, principalmente en la etapa preliminar, favorece enormemente la aplicación del LPS, esto es, que entre más minucioso sea el proceso de análisis y planificación inicial, mayor es la capacidad de corregir, gestionar, resolver situaciones detectadas en dicha programación.

También es importante abarcar todo el alcance del proyecto dentro de esta programación detallada, no obstante, debido a la estructura de

los proyectos de FUPROVI, que tienen un importante componente social, este último sólo debe tomarse en cuenta cuando afecte al proyecto en su programación y seguimiento, en términos de plazo, atrasos, sobrecosto.

Se debe encontrar una forma de involucrar a los contratistas dentro de la metodología para que LPS pueda tener la utilidad esperada. Para ello generalmente las empresas lo que hacen es incluir dentro de los contratos la obligación de adaptarse a la metodología de trabajo, definiendo multas o sanciones para los que la incumplan. Por lo que esta medida sería eficaz en FUPROVI.

En cuanto se aplique esta medida, es importante también que desde el proceso invitación al concurso, se informe de forma verbal y escrita a los oferentes que se trabajará bajo la metodología LPS, para que tomen en cuenta en sus ofertas las implicaciones que comprende la planificación, seguimiento, control y ejecución de un proyecto bajo el LPS.

El procedimiento de aplicación de Last Planner System® puede estudiarse en el apéndice 1 de este informe. En él se indica, en formato de manual de procedimientos, todos los aspectos relacionados con la aplicación del LPS específicamente a proyectos de vivienda social de FUPROVI.

La Fundación cuenta con formatos propios para manuales de procedimientos, por lo que se utilizó dicho formato y recomendaciones de la literatura para presentar dicho manual, con el objetivo de que la estructura del manual sea más familiar para los funcionarios de la fundación.

A continuación, se muestran algunos de los resultados más relevantes obtenidos de la aplicación piloto de Last Planner System® al proyecto La Colina de Noche Buena.

En la tabla 1 se muestra el Porcentaje de Actividades Completadas obtenido en el proyecto La Colina de Noche Buena a lo largo de las 8 semanas en las cuales se estuvo implementando la metodología.

En la figura 7 se puede observar con mayor facilidad el comportamiento que presentó el PAC a lo largo de las semanas en que se aplicó el LPS.

También en las tablas de la 2 a la 10 se indican las causas de no cumplimiento que se presentaron a lo largo de las 8 semanas. Y en la figura 8 se puede observar la frecuencia total de ocurrencia de las causas de no cumplimiento durante el periodo de aplicación.

**Tabla 1.** PAC del proyecto La Colina.

N° semana	PAC
1	0%
2	64%
3	20%
4	52%
5	36%
6	38%
7	80%
8	71%
Media Aritmética	45%

**Tabla 2.** Causas de no cumplimiento semana 1, proyecto La Colina.

Causa	Frecuencia
Causas externas	0
Falta de materiales	9
Falta de herramientas o equipos	0
Condiciones climáticas	0
Rendimiento de M.O.	0
Predecesora	0
Diseños indefinidos	0
Otras	0

**Tabla 3.** Causas de no cumplimiento semana 2, proyecto La Colina.

Causa	Frecuencia
Causas externas	0
Falta de materiales	9
Falta de herramientas o equipos	0
Condiciones climáticas	0
Rendimiento de M.O.	0
Predecesora	0
Diseños indefinidos	0
Otras	0

**Tabla 4.** Causas de no cumplimiento semana 3, proyecto La Colina.

Causa	Frecuencia
Causas externas	0
Falta de materiales	12
Falta de herramientas o equipos	0
Condiciones climáticas	0
Rendimiento de M.O.	0
Predecesora	0
Diseños indefinidos	0
Otras	0

**Tabla 5.** Causas de no cumplimiento semana 4, proyecto La Colina.

Causa	Frecuencia
Causas externas	0
Falta de materiales	15
Falta de herramientas o equipos	0
Condiciones climáticas	0
Rendimiento de M.O.	0
Predecesora	0
Diseños indefinidos	0
Otras	0

**Tabla 6.** Causas de no cumplimiento semana 5, proyecto La Colina.

Causa	Frecuencia
Causas externas	0
Falta de materiales	9
Falta de herramientas o equipos	0
Condiciones climáticas	0
Rendimiento de M.O.	0
Predecesora	0
Diseños indefinidos	0
Otras	0

**Tabla 7.** Causas de no cumplimiento semana 6, proyecto La Colina.

Causa	Frecuencia
Causas externas	0
Falta de materiales	18
Falta de herramientas o equipos	0
Condiciones climáticas	0
Rendimiento de M.O.	0
Predecesora	0
Diseños indefinidos	0
Otras	0

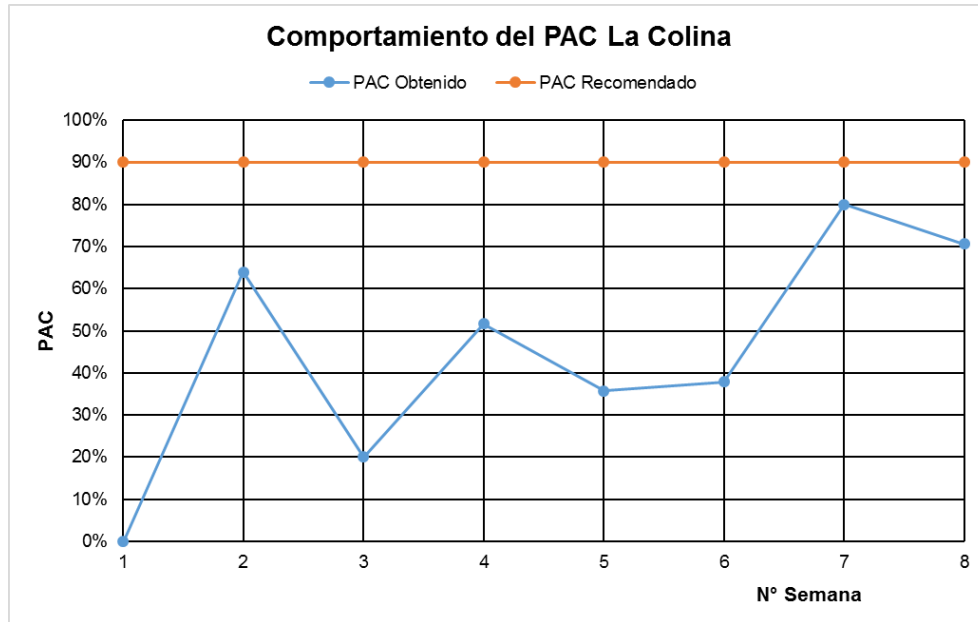
**Tabla 8.** Causas de no cumplimiento semana 7, proyecto La Colina.

Causa	Frecuencia
Causas externas	0
Falta de materiales	7
Falta de herramientas o equipos	0
Condiciones climáticas	0
Rendimiento de M.O.	0
Predecesora	0
Diseños indefinidos	0
Otras	0

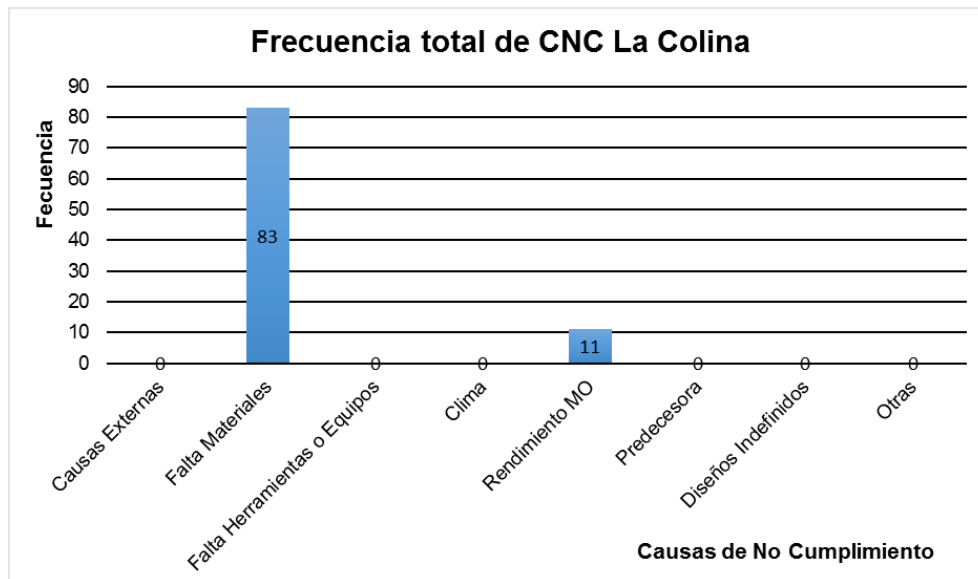
**Tabla 9.** Causas de no cumplimiento semana 8, proyecto La Colina.

Causa	Frecuencia
Causas externas	0
Falta de materiales	4
Falta de herramientas o equipos	0
Condiciones climáticas	0
Rendimiento de M.O.	11
Predecesora	0
Diseños indefinidos	0
Otras	0





**Figura 7.** Comportamiento del PAC del proyecto La Colina: comportamiento variable del PAC a lo largo de las semanas de implementación del LPS.



**Figura 8.** Frecuencia total de las CNC del proyecto La Colina: comportamiento predominante de la falta de materiales como la principal causa de no cumplimiento de las actividades programadas en la semana.

En el caso de la aplicación piloto del LPS al proyecto La Reseda, se indican los resultados más relevantes que se obtuvieron.

En este caso se debe manifestar que no interesa la figura que realice el cronograma general de las obras, esto es, que el cronograma puede ser efectuado por el contratista o por FUPROVI, pero lo importante es que este sea lo más cercano a la realidad que se pretende obtener en el proyecto, que su seguimiento debe ser estricto y que sólo debe modificarse con el consentimiento del ingeniero de proyecto bajo circunstancias de peso.

Aunque es común que este asunto se presente en la industria de la construcción, se identificó que el contratista puede ejecutar los trabajos con una cronología diferente a la que se plantea en el cronograma general del proyecto, de manera que el seguimiento y control de las obras puede dificultarse al tener que actualizar el cronograma general.

Otro aspecto que se pudo detectar es que un mecanismo eficaz para fomentar el seguimiento del cronograma al pie de la letra por parte del constructor, es que se le giren pagos solamente por las actividades presentes en el cronograma para las fechas de corte. Así propicia que sólo se hagan trabajos según lo programado.

Se tiene que bajo este modelo de construcción debe existir un mayor compromiso del contratista para con el LPS, ya que es el responsable por la gestión de los materiales para el proyecto.

Es importante destacar que, aunque en el proyecto La Reseda no se tuvieron los resultados esperados, en cuanto a la aplicación piloto del LPS, formalmente la metodología debe aplicarse indiferentemente sea cual sea el modelo de construcción que se utilice, eso sí, tomando en cuenta lo indicado en los resultados y análisis.

De manera global, y en términos de la organización de FUPROVI, se encuentra que, debido a que no se posee con un modelo de trabajo que tome en cuenta el nivel de seguimiento a proyectos que plantea el LPS, se debe crear esa cultura de seguimiento estándar, como una política de mejora continua al desarrollo de proyectos.

No existe una urgencia por emplear una herramienta tipo software para la aplicación del LPS, podría valorarse una vez que FUPROVI tenga dominado el uso del LPS. Si bien es cierto que, con el avance del tiempo habrá mayor oferta de herramientas en esta línea, solamente debe

considerarse su utilización en caso de que venga a hacer más sencilla la aplicación del LPS.

# Análisis de los resultados

A continuación, se analizan algunos de los hallazgos más importantes que se pudieron observar en el desarrollo de la práctica y que se relacionan con la planificación, seguimiento y control de las obras en la Fundación.

Es valiosa la incorporación de nuevas políticas o filosofías a la industria de la construcción como una forma de adaptar teorías o metodologías que han producido grandes beneficios en otras industrias como la manufacturera. Esto producto de la conciencia de que la construcción tradicional es poco eficiente, consumiendo gran cantidad de recursos que en la actualidad son escasos o tienen un costo muy importante como para utilizarlos de manera ineficiente. También como producto de los clientes desean obtener cada vez mayor valor por los productos y servicios que adquieren de las empresas constructoras.

Es importante resaltar el esfuerzo que han realizado las empresas y profesionales costarricenses por mejorar la manera de ejecución de proyectos, como medida de adaptación a las nuevas tendencias y filosofías. Esto puede deberse a que la oferta de servicios de construcción es cada vez más amplia, por lo que las empresas se ven obligadas a adoptar procedimientos para mejorar su eficiencia y competitividad para poder acceder a un mercado cada vez más exigente.

La importancia de la programación general o programa maestro dentro del LPS radica en que es la base cronológica sobre la que se apoya la metodología. Esto es, que la ejecución del proyecto depende de lo que se haya establecido en la programación general en términos de duraciones y dependencias de actividades, por lo que se requiere una estimación apropiada de lo que se espera obtener en la obra en términos de rendimiento y productividad para que la desviación entre lo planeado y ejecutado sea la menor

posible. Claro está que, si la desviación consiste en reducciones en los plazos de ejecución, es un aspecto positivo deseable.

Es importante y conveniente que siempre se establezca el cronograma general de las obras, independientemente de quién sea el que lo confeccione (FUPROVI o el contratista), sin embargo, los aspectos más relevantes son: que esta programación se construya con base en los rendimientos y experiencia del contratista y del ingeniero de proyecto. Que este cronograma se respete a lo largo de la construcción y que sólo sufra cambios con autorización del ingeniero de proyecto y por causas de fuerza mayor.

En el caso de la programación general por parte de FUPROVI, actualmente se requiere que se tome más en cuenta la postura o experiencia del contratista, pues generalmente sólo se considera la experiencia y el juicio del ingeniero de proyecto, que al fin y al cabo no es el que construye directamente, entonces es recomendable involucrar de alguna manera al contratista, por ejemplo, llevando a cabo una reunión de planificación inicial de manera conjunta entre el contratista(s) y el ingeniero de proyecto de FUPROVI, donde se analicen las condiciones o variables propias del proyecto, el alcance del mismo, los plazos de entrega requeridos por la Fundación, y claramente la experiencia del contratista(s).

De manera conexa, las reuniones semanales tienen un papel primordial para lograr el involucramiento de las personas en el LPS, ya que estas van trabajando de manera conjunta para determinar y liberar las restricciones de las actividades y para efectuar una programación de la semana tomando en cuenta el alcance de las responsabilidades de cada actor y el conocimiento y experiencia en el área de trabajo de cada actor.

Lastimosamente estos beneficios que trae consigo las reuniones de planificación semanal no

se han podido observar en los proyectos de la Fundación, pues como ya se indicó en el apartado de resultados, no han sido aplicadas a proyectos pasados. Se pretende que, de ahora en adelante, se puedan conocer sus ventajas al aplicar el LPS a los proyectos.

La influencia del compromiso que muestren los involucrados en el LPS es indiscutible. Es una de las tareas que debe tener el ingeniero encargado de la implementación, el transmitir ese sentimiento de compromiso a los demás, para que todos trabajen bajo el mismo objetivo de ejecutar el proyecto de manera eficiente. Si no puede lograrse esta identificación de los actores es un poco difícil que se pueda dar buenos resultados, ya que el LPS puede llegar a percibirse como un requerimiento más del proyecto y no como un elemento de mejora.

La buena disposición que presentan los funcionarios de la Fundación indica que muy probablemente los involucrados puedan adquirir un buen compromiso en la aplicación del LPS. Los ingenieros de FUPROVI deben propiciar ese sentido de compromiso con el proyecto anteponiendo sobre todo los intereses de las familias beneficiarias. Puede resultar un asunto complicado de lograr, no obstante, con buena comunicación y trabajo en equipo se puede lograr.

En algunas ocasiones la utilización de software especializado en LPS podría ayudar a hacer más sencilla la ejecución del LPS, sin embargo, esto puede funcionar en empresas que posean un tiempo utilizando la metodología, y no sería conveniente para una empresa que viene incorporándose al sistema pues puede resultar más difícil la adaptación a una nueva forma de trabajo. Por lo que el software debe analizarse cuando la Fundación tenga más experiencia trabajando con el LPS para que el proceso de adaptación sea más sencillo y para iniciar se puede utilizar las hojas electrónicas de Excel o formularios impresos para mayor simplicidad y comodidad.

Dependiendo del tipo de empresa o de los proyectos que esta ejecute, se pueden realizar algunas adaptaciones del LPS para que sea congruente con los proyectos. Por ejemplo, en algunas ocasiones se tienen varios contratistas especialistas en determinadas actividades, mientras que en otras puede haber sólo uno o dos contratistas generales que se encargan de todos los trabajos, por lo que la logística de la metodología puede variar un poco en cuanto a las

reuniones y la programación semanal, no obstante, la esencia del sistema es la misma. Por ejemplo, en el caso de FUPROVI, se presenta la situación de que existen uno o varios contratistas generales que se encargan de la construcción total de las viviendas, por lo tanto, ellos son los responsables de todas las actividades que requiere la vivienda, aunque este haga un subcontrato por determinada actividad específica. Entonces el principal aspecto que se presenta acá es que el contratista no depende de otros para la ejecución de sus trabajos y es por prácticamente dependiente su avance en las obras para cumplir con los plazos establecidos para las actividades. Por lo tanto, estos contratistas deberán conocer muy bien su avance y el rendimiento que pueden tener, pues son los responsables, en conjunto con el ingeniero de proyecto y el maestro de obras, de establecer la planificación intermedia y la semanal. En otros tipos de proyectos, si existe interdependencia entre los contratistas para la ejecución de actividades, pues una es sucesora de otra, etc, por lo que el proceso de planificación es más interdependiente entre los involucrados.

Un aspecto muy importante es que existe un mecanismo de control sobre el presupuesto aprobado para los proyectos de contrato por mano de obra, el cual consiste en el software "Open 4 Business" (O4B), que es un software multiusuario y multitareas que permite construir un presupuesto detallado de un proyecto y que posteriormente las gestiones de proveeduría y bodega de materiales giran en torno a este presupuesto, lo que propicia que el precio de las obras no sobrepase dicho presupuesto, y sólo por causas calificadas puede modificarse. El software también tiene módulos para planillas, contabilidad, y también para realizar programación y controlar avance, no obstante, estos últimos recursos no son del todo utilizados en proyectos de la Fundación debido a que, en el caso de las planillas, los proyectos no requieren del control de planillas pues los trabajos siempre son ejecutados por contratistas, por lo que no se poseen colaboradores pagados directamente por la Fundación en los proyectos. En el caso de la contabilidad, esta se registra con un equipo contable en la organización para todos los proyectos de manera separada con la ayuda de otro software. En el caso de la programación y control de avance, resulta ser más sencillo la utilización de Microsoft Project, pues es el software más conocido en la industria de la construcción y por lo tanto es más utilizado por contratistas tanto

para analizar concursos como para presentar ofertas. La utilización del O4B indica el compromiso de la Fundación por controlar un elemento de suma importancia como lo es el costo de los proyectos, no obstante, es importante tomar en cuenta nuevas y mejores soluciones que ofrece el mercado en este sentido, que pueden mejorar la gestión de proyectos de una manera más integral y de manera amigable y accesible para los usuarios. Ya que la solución que se utiliza actualmente es un poco antigua, y algunos usuarios han indicado que en ocasiones el software presenta errores que pueden perjudicar el desempeño del proyecto, por lo que sería deseable trabajar con herramientas más modernas y que ofrezcan más y mejores ventajas para el desempeño de la empresa.

Por ejemplo, como sitio colaborativo y de administración de información y comunicación, actualmente el mercado ofrece el software "SharePoint" de Microsoft, el cual es una herramienta para empresas, donde pueden participar todos los funcionarios de distintos departamentos, permitiendo un trabajo más colaborativo, por medio del acceso compartido a contenidos, documentos, directrices desde cualquier lugar y dispositivo con acceso a internet, pues este contenido estará disponible siempre en la nube y notificará a los usuarios cualquier orden, directriz, noticia, cambio, etc. Esto permitiría una ejecución global de la empresa de una manera más integral entre los distintos involucrados, más rápido, sencillo. Otro de las opciones que se ofrecen, la cual es similar al SharePoint es el software "AP4", el cual es una herramienta de gerencia de proyectos, que permite administrar proyectos, los equipos de trabajo, las tareas, documentos, mantener comunicación, todo en una sola plataforma de acceso empresarial en la nube. Estas herramientas son similares, con pequeñas variables en cuanto a interfaz, accesibilidad.

En este momento el O4B está cumpliendo el rol de estandarización tanto en el control de los presupuestos, como en los demás procedimientos administrativos. Es importante indicar que sin importar el software que se utilice, este siempre debe cumplir con esta función indispensable, que la vez es de gran ventaja para la aplicación del LPS, en estos dos aspectos, pues garantiza que estos elementos siempre se desarrollan de la misma manera en los proyectos.

Se pudo determinar que en raras ocasiones se suscriben contratos de venta con

proveedores de materiales cruciales, como por ejemplo la madera para viviendas de madera. Con la firma de este tipo de contratos se tiene algún grado de garantía de que el proveedor está forzado a cumplir con las obligaciones acordadas inicialmente, y se definen las sanciones en caso de incumplimiento. Esto indica que fue un aspecto de planificación inicial que no se tomó en cuenta como un factor que pudiera traer inconvenientes para el proyecto, el cual debe ser analizado por los encargados en la Fundación a fin de que se implemente en otros proyectos, sobre todo con proveedores con los no se ha trabajado en otras ocasiones.

Es conveniente destacar la importancia que tiene el proceso de adjudicación de servicios de construcción a empresas constructoras o a contratistas, tanto en contratos por mano de obra como en contratos llave en mano, ya que no se debe considerar solamente el precio de las ofertas sino también la experiencia comprobada que posean los contratistas en obras iguales o similares, la capacidad financiera para ejecutar el proyecto, ya que la Fundación no realiza pagos por adelantado y además se deben considerar otros beneficios que puedan ofrecer los constructores. Se pudo conocer que en algunas ocasiones no se le dedica la importancia necesaria al análisis de la experiencia del oferente, factor que resulta indispensable para que la Fundación se asegure que el adjudicado pueda hacerle frente a las obras encomendadas en el plazo establecido y con la calidad establecida en las especificaciones. Este resulta ser otro aspecto de planificación inicial que puede mejorar y que también debe ser analizado por los encargados de la Fundación.

Desde el punto de vista del LPS, un buen seguimiento es un proceso cíclico y continuo que se compone de varias tareas, que debe aplicarse a lo largo del desarrollo del proyecto. Una revisión de lo ejecutado en el proyecto permite realizar una confrontación contra lo planificado y determinar si se está cumpliendo con lo programado o, por el contrario, si se están presentando desviaciones. No basta con detectar las desviaciones cuando estas se presenten, sino que el objetivo de detectarlas es aplicar medidas correctivas sobre las causas de estas desviaciones, para evitar que se vuelvan a presentar en el proyecto, garantizando con ello el desarrollo del proyecto según lo planificado. Pero para aplicar las medidas correctivas, se deben definir responsables de su gestión, ya que las medidas

pueden tener más relación con las funciones de determinado involucrado en el proyecto, por ende, es deseable que este actor sea el encargado de corregir la situación que se esté presentando. Además, el responsable de aplicar la medida correctiva debe cumplir con un plazo para lograr dicha corrección, ya que, si no, la situación detectada se va a seguir presentando, provocando una desviación mayor. Este plazo debe definirse con base en el análisis que hagan los involucrados en las reuniones de planificación y respetando los hitos del proyecto. Este es el esquema básico del ciclo de seguimiento de los proyectos que requiere el LPS para una adecuada aplicación.

En la parte del seguimiento de las obras, es claro que la dirección técnica de los proyectos por lo general hace visitas semanales y lleva el pulso de los trabajos por medio de sus inspecciones y también con la ayuda del maestro de obras, no obstante, aparte de las reuniones al inicio del proyecto, no es común que se lleven a cabo reuniones periódicas con los involucrados directos del proyecto para discutir acerca del avance, progreso, calidad, cambios, problemas, etc., por lo que estos asuntos podrían ser perfectamente tratados y discutidos en las reuniones de planificación semanal del LPS, como parte de un seguimiento permanente del proyecto, y para mejorar los canales de comunicación formal entre los involucrados. Como se ha indicado en otros apartados, se le debe dar prioridad a los procesos de programación a mediano y corto plazo, no obstante, se puede discutir y hacer respetar las políticas en cuanto a la seguridad ocupacional de los colaboradores, recordar y verificar el cumplimiento de las obligaciones patronales de los contratistas; darle seguimiento a las medidas indicadas en el Estudio de Impacto Ambiental, en caso de que se cuente con él, sino proponer y aplicar medidas para la mitigación de los impactos ambientales del proyecto; el intercambio de experiencias que se puede llegar a dar entre los involucrados es sumamente valioso para el desempeño del proyecto y para enriquecimiento propio de los actores; aún en casos donde la compra de materiales no sea responsabilidad de la Fundación, se le puede hacer ver al contratista la necesidad de materiales prioritarios que permitan avance en el proyecto; conforme se van llevando a cabo las reuniones, se debe ir propiciando el compromiso de los involucrados; el seguimiento constante permite determinar si se está cumpliendo con lo que se

planificó inicialmente, y tomar medidas correctivas en caso de que ser así, dentro de un lapso que no afecte la entrega de los bloques de viviendas o del proyecto final.

Es importante resaltar la importancia que tiene dentro de cualquier proceso de reestructuración o aplicación de métodos nuevos, la disposición y la anuencia por parte de los colaboradores. Esta es una ventaja identificada en la Fundación y una situación positiva para la aplicación del LPS pues es más fácil cuando los mismos funcionarios quieren mejoras para la empresa por medio de nuevas formas de ejecutar los trabajos, como es el caso de FUPROVI, donde los funcionarios han mostrado un buen interés porque el LPS pueda traer mejoras en la ejecución de proyectos.

Como toda empresa, la Fundación presenta algunas debilidades que pueden requerir un poco más de esfuerzo a la hora de aplicar la metodología. Una de ellas es que la cultura de seguimiento constante no se encuentra muy arraigada como es deseable, por lo que se requiere hacer énfasis en mostrar la importancia que presenta el seguimiento dentro del LPS, como medio fundamental para llevar a cabo un control constante que permita la ejecución de los proyectos según lo planificado.

Otra consideración que debe tomarse en cuenta es la seriedad con la que los ingenieros de la Fundación deben aplicar y acoger la aplicación del LPS, lo cual debe verse como una forma que permite una mejor y más controlada ejecución de los proyectos. Que se debe hacer algún esfuerzo mayor para aplicar correctamente el LPS, y por lo tanto, es recomendable que la Fundación le brinde más espacio y tiempo para ello, tratando de administrar de manera eficiente el tiempo que se cuenta para la inspección y dirección técnica de los distintos proyectos.

Que la Fundación no cuente con una herramienta formal para el control de las obras se ve como una oportunidad para solucionar esta situación mediante la aplicación del LPS. Por lo que no debe verse como un aspecto negativo, sino como un elemento sobre el cual se pueden llevar a cabo mejoras para una ejecución más eficiente de los proyectos.

Cuando se planifica detallada y minuciosamente el proyecto a ejecutar, ojalá con la ayuda de todos o varios de los involucrados, se puede discutir, analizar, detectar aspectos que pueden o van a influir en el proyecto y que por

ende deben tomarse en cuenta en la planificación, definiendo cómo van a ejecutarse, los involucrados o responsables de su gestión, los plazos aproximados, recurso y costos que requieren, etc. Este aspecto beneficia enormemente la aplicación del LPS, debido a que se tienen definidos aspectos que se pueden presentar durante la ejecución de las obras, de modo que ya se sabrá cómo actuar porque ya se tenía planificado. También es beneficioso porque desde el inicio de los proyectos se lleva la estrategia de planificar anticipadamente los procesos, por lo que debería ser más familiar la programación de las actividades durante el periodo de ejecución de las obras.

Los proyectos que desarrolla FUPROVI, al ser destinados a familias de menores ingresos, poseen un importante componente de planificación, análisis y logística social. Estos aspectos son primarios de la misión de la Fundación, pero para la aplicación del LPS, este aspecto sólo debe tomarse en cuenta en tanto afecte a la planificación inicial del proyecto, requisitos y trámites necesarios, a la ejecución de las obras, a los plazos de inicio o de entrega, los recursos y costos del proyecto, etc. Dicho de otra forma, de debe procurar incluir en la planificación del proyecto aspectos totales del alcance del mismo, pero limitándose a los que afectan al LPS en los factores indicados anteriormente, ya que los demás elementos no influyen en el LPS y deben ser analizados por otros departamentos de la Fundación.

Dentro de los actores directos en el LPS están el o los contratistas, por lo que es importante que estos se involucren adecuadamente en la aplicación de la metodología, en consecuencia, en algunas ocasiones no es suficiente con que se les explique y exhorte a dar su máximo esfuerzo en el sistema, debido a ello se vuelve necesario encontrar un mecanismo que permita asegurarse una participación apropiada de los contratistas. El mecanismo que más ha funcionado en otras empresas es incluir el LPS dentro de las obligaciones contractuales a seguir por los contratistas, además de la aplicación de sanciones en caso de incumplimientos. Debido a ello es sumamente deseable y beneficioso que se aplique este mecanismo en FUPROVI, ya que es prácticamente la única forma de fortalecer y garantizar que los contratistas participen activamente. Sin embargo, es conveniente que las sanciones o multas se apliquen como último

recurso y que se estimule la cooperación de todos los involucrados, indicándoles el beneficio colectivo que trae la aplicación de la metodología, la cual debe verse como un mecanismo de mejora continua de los procesos constructivos y no como una imposición más.

Además de ello es importante que los contratistas tengan conocimiento sobre la aplicación del LPS en proyectos de FUPROVI desde antes de presentar su oferta, ya sea por mano de obra o llave en mano. Esto es, que en el concurso privado que lleva a cabo la Fundación se indique claramente las implicaciones que posee la aplicación del LPS. Esto con el objetivo de que desde un inicio se conozcan las reglas del juego y que durante la ejecución de las obras no se alegue desconocimiento sobre algún aspecto del LPS, además para que el contratista tome en consideración dentro de su oferta, los posibles cambios o variaciones que debe plantear, calcular, analizar para tener un desempeño adecuado en la obra.

Es sumamente necesario que todos los ingenieros de proyecto que apliquen el LPS a sus proyectos lo hagan de la misma manera, y que no se convierta en criterio de cada ingeniero. Es por ello que el procedimiento que norme esa aplicación es primordial como medio de estandarización.

En el procedimiento presente en el anexo 1 se inicia con algunas recomendaciones que brinda la literatura, donde se indican algunos aspectos generales. Luego se dan algunas recomendaciones propias para la etapa inicial de aplicación del LPS, ya que siempre es un tanto difícil que los colaboradores se adapten a una nueva forma de trabajo. Dentro de estas recomendaciones iniciales es importante mencionar la capacitación de los involucrados como un elemento deseable para que los actores sepan lo que quiere lograr y la forma para llevarlo a cabo.

Posteriormente se entra más en detalle a los procedimientos que se deben seguir para una aplicación eficaz del LPS. El primero de ellos es gestionar la planificación inicial, previo al inicio de obras, al cual se le debe brindar la consideración necesaria pues en común que en la industria de la construcción se inicien las labores sin realizar una planificación inicial adecuada que delimite la forma en que se desarrollarán las obras.

El segundo procedimiento es establecer la programación o planificación general, que

generalmente es reducida a elaborar un cronograma general de ejecución de las actividades, no obstante, debe ser un asunto más integral y que trate de reflejar en la medida de lo posible lo que se espera obtener en el campo tomando en cuenta el alcance de la obra, las variables presentes, posibles dificultades y con base en criterios técnicos y la experiencia de los involucrados.

El tercer procedimiento consiste en informar al equipo de trabajo sobre la aplicación del LPS, lo cual puede parecer sencillo, pero es sumamente importante ya que es muy probable que los contratistas no estén familiarizados con el sistema y por lo tanto se debe explicar claramente la forma de trabajo para que a la hora de ejecutar las obras no se presenten excusas de que no se conocían determinados lineamientos o políticas de trabajo.

El cuarto procedimiento corresponde a efectuar la planificación intermedia (Look Ahead). El cual debe ser encabezado por el encargado del LPS o el ingeniero de proyecto como responsables de cumplir con lo programado en el cronograma general, pero se debe contar con la colaboración del equipo de trabajo para una buena identificación de restricciones que el ingeniero de proyecto solo no podría determinar, por el hecho de que no está constantemente en la obra.

El siguiente procedimiento es elaborar la programación semanal, que al igual que el anterior se requiere una participación activa de los involucrados. Es conveniente que este proceso de planificación sea estructurado y ordenado, ahí radica la capacidad del ingeniero de proyecto o del encargado del LPS como cabeza y dirigente del grupo de trabajo, logrando transmitir la importancia del procedimiento a los involucrados para obtener una buena programación.

Posteriormente se tiene el procedimiento de efectuar reuniones de planificación, el cual va estrechamente ligado con los dos anteriores procedimientos pues el espacio de las reuniones de planificación es que se utiliza para realizar la programación intermedia y la semanal, de ahí el nombre de la reunión. En el procedimiento indicado se explica claramente la estructura que debe tener la reunión, los temas que deben ser discutidos y las recomendaciones para reunión productiva.

Luego se tiene el procedimiento de medición de indicadores, que es una actividad más enfocada a evaluar de alguna forma los resultados

que produce el LPS en el proyecto y a determinar aspectos en los cuales se puede mejorar para una ejecución de obras más fluida. Es importante saber interpretar estos indicadores debido a que indicadores positivos no necesariamente indican que las cosas se están haciendo correctamente, por ello el parámetro más fiel es la comparación entre los trabajos ejecutados y los programados para determinadas fechas de corte.

Por último, se indica el procedimiento de determinación y aplicación de medidas correctivas, que es un elemento para la mejora, ya sea a corto plazo en el mismo proyecto, o puede extrapolarse a largo plazo para proyectos futuros donde se trabaje desde la planificación inicial para mitigar causas de no cumplimiento que se infiere que pueden presentarse en el proyecto debido a condiciones o variables similares a los anteriores.

Posteriormente se presentan tres formularios para la aplicación del LPS. Se procuró no saturar la aplicación con muchos formularios, ya que al final se puede volver tedioso el completar tantos documentos, y por lo tanto estos tres son suficientes ya que comprenden los elementos más importantes y críticos de la aplicación del LPS. Los formularios son simples y sencillos de llenar, tomando en cuenta el hecho de no sobrecargar el trabajo del ingeniero de proyecto o del encargado del LPS.

A pesar de la simplicidad de los formularios, se incluyen instructivos que guían su correcta utilización, ya que al inicio puede ser un poco complicado para el usuario. Además de ello se incluye un diagrama de flujo de bloque que permite una mejor comprensión de los procedimientos, para que sea más fácil y sencillo el aprendizaje de los mismos.

Los beneficios que puede traer consigo la aplicación del LPS pueden ser evidentes si se siguen los lineamientos indicados en el procedimiento, y también en algunas ocasiones se puede echar mano del sentido común del ingeniero. En primera instancia los posibles contratiempos que se pueden presentar durante la aplicación de la metodología son aquellas situaciones que se salen del control de los involucrados, por lo que se debe trabajar arduamente para solucionar dichos aspectos y que no se vuelvan a presentar en otros proyectos. Todas las demás deberían solucionarse por medio de la intervención del involucrado correspondiente a dicha situación.



Es importante destacar la importancia la gestión que deben realizar los involucrados para encontrar la solución a los inconvenientes que se detecten producto del análisis de la planificación intermedia, ya que si esto no se realiza pues se seguirá presentando dicho inconveniente hasta que se tiene el problema encima.

En términos generales, el procedimiento de aplicación indicado, guía y norma el uso del LPS en los proyectos y satisface el objetivo de diseñar el procedimiento para la Fundación, con base en la información obtenida, la manera de trabajo de la Fundación, la aplicación piloto de la metodología y demás aspectos analizados durante la ejecución de la práctica profesional.

A continuación, se procede a realizar el análisis de los resultados obtenidos propiamente de la aplicación piloto del LPS al proyecto de La Colina de Noche Buena.

Como puede observarse en la tabla 1, los Porcentajes de Actividades Completadas presentan fluctuaciones a lo largo de las semanas de implementación del LPS. El porcentaje de 0% de la semana 1 puede deberse a que se estaba iniciando con el proceso de programación semanal, por lo tanto, no se contaba con la experticia para hacer una programación acorde a la capacidad de los contratistas.

Luego de esto, los Porcentajes de Actividades Completadas (PAC) tienen un promedio general del 45%, el cual es bastante bajo comparado con el 90% que recomienda la literatura. Esta recomendación del 90% en el PAC es respaldada por la literatura sobre el LPS y se justifica en el sentido de que siempre se debe prometer un avance de actividades levemente superior al que se proyecta puede completarse, propiciando que cada semana el constructor sienta el compromiso de mejorar su desempeño de semanas anteriores, hasta alcanzar ese 100%, que indicaría que se pudo ejecutar un poco más de lo que realmente se proyectaba, que significaría la reducción en el plazo de construcción.

El PAC promedio obtenido puede deberse a las siguientes circunstancias. El proyecto La Colina presentaba la situación de que el proveedor de la madera no tuvo la capacidad de mantener el flujo de madera requerida para la construcción de las viviendas, por lo que el cumplimiento de la programación semanal se veía afectada porque no se contaba con la madera requerida para las actividades programadas, lo que claramente produjo una afectación directa al PAC.

Aunado a esto, se producía la situación de que no existe procedimiento que le permita a la bodega tener conocimiento de cuales materiales se requiere para ejecutar algunas actividades programadas, por lo que se producía un faltante de determinado material que daba al traste con un atraso en la ejecución de las actividades. Esta situación se pudo ir corrigiendo poco a poco al levantar listas de materiales requeridos para trabajos próximos a ejecutar, para que la bodega pueda hacer los pedidos con anticipación y tener los materiales disponibles en la bodega a lo hora que sean requeridos. Este resulta ser otro aspecto sobre el cual se pueden realizar mejoras por medio de un mecanismo que permita conocer el tipo y la cantidad de materiales que se requieren con mayor prontitud, que a corto plazo se puede solucionar mediante el levantamiento de listas de materiales en la reunión de planificación semanal.

De manera general, los PAC tienen una tendencia de crecer conforme avanzan las semanas, este es un aspecto muy positivo a rescatar ya que indica que se consigue una mejora en el proceso de programación semanal de actividades, esto es, que se logra tener una programación de actividades más acorde con la capacidad real de ejecución de los contratistas, aspecto importante ya que se logra alcanzar un conocimiento adecuado a efectos de evitar programaciones con muy altas o muy bajas expectativas de producción de actividades.

Como puede observarse en las tablas de la 2 a la 9 y en la figura 8, la principal Causa de No Cumplimiento que se presentó en el proyecto fue la falta de materiales para ejecutar los trabajos, que resulta ser la misma situación indicada anteriormente sobre la falta de madera para las viviendas. En contraste, otras CNC comunes en otras obras como el clima no tuvo una importante afectación en este proyecto debido al hecho de que no todas las actividades eran directamente afectadas por las condiciones climáticas, ya que una vez que la vivienda cuenta con la cubierta de techo se pueden ejecutar diversas actividades o tareas bajo el techo sin importar las condiciones climáticas.

La falta de mano de obra no fue un asunto importante, pues en la zona había suficiente mano de obra para cubrir los requerimientos de producción de los contratistas. No obstante, como se observa en la figura 8 el rendimiento de la mano de obra si presentó afectaciones al cumplimiento

de la programación semanal. Esto se debe a que como el sistema constructivo es en madera se requiere una mano de obra bastante calificada o con experiencia en trabajo con madera, y era un poco difícil encontrar este tipo de personal para la obra, por lo tanto, en algunas ocasiones no se tenía el rendimiento esperado en las actividades.

En términos generales, se puede indicar que la implementación del LPS en el proyecto La Colina de Noche Buena tuvo el principal inconveniente en el suministro de la madera requerida, y que este provocó algunos atrasos en el flujo de trabajo, y que si se hubiera tenido la madera necesaria se habrían construido las viviendas en un plazo menor.

Lo importante a destacar es que la metodología permitió determinar los elementos que causan atrasos en el proyecto, y posteriormente viene el trabajo de análisis y gestión de dichos atrasos para procurar su solución y no se vuelva a presentar en futuros proyectos. Por tratarse de la aplicación piloto y al estar tan arraigada la forma tradicional de ejecución de proyectos, no se tomaron acciones a corregir algunas situaciones, principalmente sobre la madera.

La aplicación piloto del LPS ha mostrado tener el potencial de mejorar sustancialmente los procesos de planificación y seguimiento de obras para la Fundación en el sentido que se perfecciona la comunicación entre los involucrados, se da un mayor sentido de compromiso de los constructores, se pueden detectar restricciones con la anticipación suficiente para tomar medidas encaminadas a su liberación, además que permite tomar las mejores decisiones producto de una planificación inicial que involucra a la mayoría de los responsables dentro de la Fundación. Aspecto sobre el cual actualmente se presentan debilidades en la Fundación, ya que es claro que sí hay comunicación entre los involucrados, pero no es de una manera que esté enfocada en mejorar continua del flujo de trabajo en el proyecto. Tampoco se presenta la práctica de planificar anticipadamente los trabajos a ejecutar con el objeto de liberar sus restricciones, aspecto que se quiere cambiar mediante la aplicación de metodología.

A continuación, se procede a realizar el análisis de los resultados obtenidos propiamente de la aplicación piloto del LPS al proyecto de La Reseda.

En este caso se tiene que, de manera general, el cronograma que se sigue es el que plantea el contratista, no obstante, no interesa tanto quien sea la figura que confeccione el cronograma, sino su nivel de detalle y que exista una forma de darle seguimiento. Para ello, al igual que otros elementos indicados anteriormente, se debe indicar en el contrato la obligatoriedad de respetar el cronograma, y que sólo podrá haber modificaciones si el ingeniero de proyecto las aprueba y estas tienen fundamento técnico. Esto debido a que no se puede permitir desviaciones producto de acciones que se pudieron prever o solucionar con la planificación intermedia.

Aunque ya se ha indicado la frecuencia con la que se presentan diferencias entre la cronología de lo planeado y lo ejecutado en campo, esto no indica que sea necesariamente correcto ya que se puede perder el control sobre lo que se ejecuta y posteriormente tener algo desigual a lo que se programó inicialmente. Ahí radica la importancia de tomar medidas tendientes a que se respete dentro de la medida de lo posible la programación general del proyecto como medida para garantizar una ejecución dentro de los plazos establecidos.

Dentro de las medidas más efectivas que se pueden tomar para resolver el asunto anterior es que la Fundación tome y adopte la política de realizar los pagos con base en el avance, pero sobre lo programado en el cronograma de la obra. Esto es que, en las fechas de corte, se pague solamente el avance que se hizo en las actividades contempladas en el cronograma para dicha fecha de corte. Es una medida similar a las que se toman en desarrollo de infraestructura pública, y es muy eficaz pues obliga al constructor a concentrarse en realizar los trabajos que están programados para determinadas fechas, produciendo un seguimiento más real del cronograma y por ende una implementación más sencilla del LPS.

Un elemento a tomar en cuenta y que debe ser un factor sobre el cual se tomen medidas especiales a la hora de aplicar el LPS, es que, bajo el modelo de llave en mano, el contratista posee un mayor nivel de compromiso o responsabilidad, pues es el encargado de gestionar la adquisición de los materiales y subcontratos del proyecto, por consiguiente, se le debe hacer ver el nivel de esfuerzo que debe aportar para sacar adelante el proyecto. Una de las medidas especiales que deben aplicarse es dar un acompañamiento

constante de este proceso, por medio de la figura del maestro de obras de FUPROVI, sobre todo en etapas iniciales del proyecto, hasta que el contratista se adapte a la forma de trabajo. Sin embargo, esta situación no indica un impedimento para que se lleve a cabo el seguimiento y control, ya que el LPS debe ser aplicado por igual a cualquier tipo de proyecto que se esté desarrollando.

La metodología LPS debe aplicarse indiferentemente del modelo de construcción que se emplee para el proyecto. Es claro que cada uno tiene aspectos y elementos un poco diferentes que son de tomar en cuenta a la hora de la planificación del proyecto. Para ello es importante considerar los aspectos indicados en los resultados y análisis, para hacer una implementación más sencilla del LPS.

Es importante destacar que, si se quiere tener una mejora global en la forma de ejecución de proyectos y mejorar la gestión de la organización, es importante no sólo aplicar el LPS como herramienta de seguimiento y control, sino que es deseable crear una cultura de seguimiento basada en el LPS, como una política organizacional de mejora continua. Para ello, se hace necesario que se brinde capacitación a los involucrados directos en la ejecución de proyectos, para que conozcan la política de trabajo, adquieran y nivelen sus conocimientos sobre el LPS, sus implicaciones y requerimientos, además de generar el compromiso con el sistema desde esa etapa.

La metodología LPS está concentrada en la planificación, seguimiento y control de proyectos, lo cual es un proceso sumamente dinámico, variado y depende en gran medida del tipo de proyecto que se ejecute. Si bien es cierto, existen herramientas para una aplicación más tecnológica del LPS, se deben analizar cuidadosamente cuáles son los beneficios que se tienen al utilizar herramientas computacionales en proyectos de FUPROVI, ya que, en sí, el proceso de seguimiento y control de proyectos es complejo, puede resultarlo más complejo la utilización de un software. Sólo en caso que se determine que el software venga a hacer más ágil, sencillo y eficiente el proceso de seguimiento y control mediante el LPS, sería recomendable su utilización, caso contrario resulta más viable seguir con el modelo tradicional y utilizar herramientas como Microsoft Excel como apoyo en labores o tareas que lo requieran.

# Conclusiones

- FUPROVI no posee actualmente un estándar ni una cultura formalmente establecida al nivel de detalle que presenta el LPS para la programación, seguimiento y control de sus proyectos, por lo que se deben realizar esfuerzos para mejorar dicha situación si se pretende implementar esta metodología
- Para el diseño del procedimiento de aplicación del LPS para FUPROVI, fue necesario tomar en cuenta las condiciones propias de la empresa, tales como su esquema de trabajo, modelos de ejecución de proyectos, recursos disponibles, etc, ya que dicho procedimiento debe ser adaptado a estos factores.
- El procedimiento de aplicación es un elemento que guía el empleo del LPS, pero también es un medio para lograr una estandarización de su uso por parte de los ingenieros de proyecto de la Fundación.
- Las reuniones de planificación semanal son en esencia el componente más importante del LPS ya que mediante estas se logran involucrar a los actores dentro de objetivos del sistema, se logra tener el criterio de todos los actores y se genera un excelente canal de comunicación entre las partes, además de que promueve la cultura de cambio y de trabajo en equipo dentro de los funcionarios de la Fundación.
- La planificación intermedia o Look Ahead es también un elemento muy importante para la aplicación del LPS, ya que mediante esta el equipo de trabajo en campo logra identificar, analizar y gestionar la liberación de las restricciones de las actividades para que el ingeniero de proyecto pueda ocuparse de ellas antes del inicio programado de las actividades.
- Un aspecto central en la aplicación del LPS es definir y aplicar medidas correctivas sobre las causas de no cumplimiento más frecuentes que producen desviaciones respecto a lo programado en la obra; esto por medio de los responsables del proyecto, como el ingeniero residente, ingeniero de proyecto, el coordinador de construcción, o el mismo gerente general de la Fundación.
- Las acciones correctivas que se apliquen para subsanar las desviaciones detectadas en los proyectos deben ser concretas y eficaces, además deben tomarse con toda seriedad que requieren y acatadas por todos los involucrados, por ejemplo, si se determina un problema en la gestión de materiales, se debe llegar al fondo del asunto y corregir la situación que causa el atraso.
- Un PAC cercano al 100% no necesariamente indica que el proyecto se encuentra avanzando correctamente, y resulta ser más bien una medida de la efectividad del procedimiento de programación semanal, por ello es necesario darle seguimiento constante al cronograma de obra y tomar en cuenta la capacidad de trabajo del constructor en la elaboración de dicho cronograma.
- El software O4B utilizado por la Fundación es un instrumento de estandarización y control sobre el presupuesto de los proyectos, lo cual es ventajoso para la aplicación del LPS pues ayuda a normalizar el seguimiento y control en la parte de costos, materiales y compras.
- La programación detallada del proyecto debe involucrar todo el alcance de las obras, haciendo énfasis en los aspectos que afecten la planificación inicial del proyecto, requisitos y trámites necesarios, los tiempos de inicio, plazos de entrega, atrasos, costos, recursos necesarios, etc. pues son las variables que participan directamente en el control y seguimiento, en el caso de la Fundación, debe tenerse sumo cuidado en aspectos de

trámites ante instituciones públicas, debido a que pueden causar atrasos a las obras de infraestructura o vivienda.

- Además, la programación detallada mediante el LPS debe verse como un proceso donde es deseable que participen los involucrados, para que se tome en cuenta el criterio, la experiencia y la postura de estos involucrados, respecto a las funciones o al rol que desempeña en el proyecto, por lo que es conveniente que en este proceso participe también el departamento de proveeduría y social de la Fundación, además de que se invite a algunos contratistas frecuentes en FUPROVI u otros interesados en participar en el concurso.
- Se determinó que una forma de garantizar un seguimiento adecuado del cronograma del proyecto por parte de los contratistas es pagar avances con base en las actividades estipuladas en el cronograma para las correspondientes fechas de corte, para que así se estimule a ejecutar las actividades en la secuencia programada.
- El seguimiento y control de proyectos mediante el LPS es un proceso continuo y cíclico que requiere de compromiso por parte del ingeniero de proyecto o coordinador del LPS para corregir las desviaciones y ejecutar los trabajos según lo programado, esto es que el ingeniero esté pendiente de las causas de no cumplimiento para actuar sobre ellas, ya que es el que tiene la potestad para gestionar soluciones con su superior u otros departamentos de la Fundación
- FUPROVI requiere formar una cultura de cambio y estandarización del proceso de planificación, seguimiento y control mediante el LPS, por medio de una política de empresa y capacitación de los involucrados directos en la ejecución de proyectos, fundamentalmente los departamentos de construcción, proveeduría, social y gerencia.
- El cambio en la metodología de planificación, seguimiento y control debe promoverse por medio de una adecuada capacitación a los involucrados dentro de la Fundación, para que adquieran una nivelación en cuanto al conocimiento del LPS, para así poder alcanzar la nueva cultura de trabajo.
- Brindar la información necesaria sobre la aplicación del LPS a los contratistas, desde la invitación a concursar por los trabajos, es

sumamente importante para que contemplen dentro de sus ofertas las implicaciones y exigencias que requiere la ejecución de obras para FUPROVI.

- No debe existir diferencia en la aplicación de la planificación, seguimiento y control de proyectos mediante LPS en los diversos modelos de construcción que utiliza la Fundación, pues la metodología debe cumplir sus objetivos sin importar la forma de ejecutar el proyecto.
- La manera más eficaz de involucrar a los contratistas dentro de la aplicación de la metodología LPS en FUPROVI, es mediante la definición de normas, directrices y sanciones en los términos de referencia desde el proceso de invitación a participar como oferentes, para mostrarle al contratista la obligatoriedad de alinearse al estilo de trabajo establecido y que participe de forma exigida en el proceso, aunque no se encuentre familiarizado con el mismo.

# Recomendaciones

- Es sumamente importante que la gerencia general y la coordinación de construcción permitan al ingeniero de proyecto participar en el proceso de análisis de ofertas de los contratistas cuando el proyecto así lo requiera. Esto debido a que el ingeniero de proyecto es el profesional que conoce todos los aspectos y variables del proyecto y puede determinar cuáles atestados del constructor son necesarios para la ejecución de las obras y por ende debe dar su opinión respecto a cuál oferta es más conveniente para la ejecución del proyecto.
- Es recomendable que como medida para garantizar la ejecución de las obras en el orden tal cual se han planificado en programación detallada del proyecto, la coordinación de construcción, acoja la política de realizar los pagos a contratistas solamente por el avance en las actividades contempladas en el cronograma general para el correspondiente periodo de pago. Esto es, que se desestimen los pagos por trabajos que deben ejecutarse en fechas futuras a la actual, ya que esto produce un desorden en la ejecución de las obras y que si se sale de las manos, puede traer atrasos en las fechas de entrega establecidas.
- Es recomendable y necesario que la coordinación de construcción establezca programas de capacitación a ingenieros de proyecto y personal de oficina de la Fundación, para que se adopte y aplique una política o filosofía estándar de planificación, seguimiento y control de proyectos en FUPROVI por medio de la aplicación del LPS, donde se nivelen los conocimientos de estos involucrados sobre los aspectos teóricos y prácticos del nuevo enfoque de trabajo.
- La capacitación al personal técnico en el campo, como bodegueros(as) y maestros de obras, es también un aspecto esencial del proceso de adaptación al nuevo estilo de control y seguimiento de las obras, por lo que se recomienda que la gerencia general y la coordinación incluyan a este personal dentro del programa de capacitación, ya que dicho personal es sumamente valioso pues se encuentra constantemente en el proyecto y por ende deben estar suficientemente preparados para aportar y participar eficientemente en el LPS.
- Es recomendable que para garantizar la adecuada aplicación del LPS, la coordinación de construcción incluyan dentro de los términos de referencia del proyecto, la obligatoriedad de adaptarse a los requerimientos de la metodología, además de contemplar sanciones y multas en caso de que no se respeten las directrices del ingeniero del proyecto en dicha línea de trabajo. Esto para que durante la ejecución de las obras no se presenten excusas por parte de los contratistas sobre el desconocimiento de algún elemento necesario en el seguimiento y control mediante LPS.
- Es importante que la gerencia general estudie y evalúe la posibilidad de utilizar software especializado en la programación de proyectos, con el objetivo de que este funja como herramienta para la estandarización del proceso de programación, de modo que todos los ingenieros de proyecto lleven a cabo dicha programación de una misma manera y no ha criterio personal.
- Es recomendable que la gerencia general y la coordinación de construcción diseñen y elaboren un mecanismo para la gestión de cambios del proyecto y que sirva como elemento de apoyo al seguimiento y control de dichos cambios mediante el LPS, ya que estas modificaciones son difíciles de controlar en la mayoría de los casos.
- Se recomienda a la gerencia general y la proveeduría que se ejecuten gestiones

encaminadas a fortalecer el proceso de selección y evaluación de proveedores para los proyectos, pues en la medida de que se garantice la idoneidad de estos proveedores para la ejecución del proyecto, se beneficia el proceso de seguimiento y control mediante el LPS, al saber que dichos proveedores tienen la responsabilidad, capacidad, beneficios adecuados para la obra.

- Con el mismo objetivo de beneficiar la aplicación del LPS, también se recomienda que la gerencia general y la proveeduría fortalezcan el proceso de selección y evaluación de contratistas, ya que estos tendrán la responsabilidad por la adecuada ejecución de los trabajos, por lo que es importante contar con un constructor idóneo y con la experiencia para las obras que se requieren.

# Anexos



# Apéndices

## APÉNDICE 1. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM A PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL DE LA FUNDACIÓN PROMOTORA DE VIVIENDA



**P-LPS 001**  
**Versión: Preliminar**

**PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM  
A PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL DE LA FUNDACIÓN PROMOTORA  
DE VIVIENDA**

**GREIVIN ALPÍZAR ÁVALOS**

Proyecto final de graduación para optar por el grado  
de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**

Cartago, Costa Rica, Marzo 2017.

## Tabla de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. ALCANCE</b> .....	<b>3</b>
<b>3. OBJETIVO</b> .....	<b>4</b>
<b>4. PROCEDIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
4.1. RECOMENDACIONES SEGÚN LA LITERATURA.....	4
4.2. ETAPA INICIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	5
CAPACITACIÓN .....	5
INICIATIVAS QUE PROMUEVAN LA IMPLEMENTACIÓN.....	7
4.3. ESTRUCTURA GENERAL.....	8
1. Gestionar la planificación inicial, previo al inicio de obras. ....	9
2. Establecer la programación o planificación general.....	10
3. Informar al equipo de trabajo sobre la aplicación del LPS.....	11
4. Efectuar la planificación intermedia (Look Ahead).....	12
5. Realizar el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).....	16
6. Elaborar la programación semanal .....	17
7. Efectuar reuniones de Planificación .....	20
8. Medición de indicadores .....	25
9. Determinación y aplicación de medidas correctivas .....	30
<b>5. FORMULARIOS</b> .....	<b>31</b>
5.1. FORMULARIO DE PROGRAMACIÓN LOOK AHEAD .....	31
5.2. FORMULARIO DEL INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE .....	32
5.3. FORMULARIO DE PROGRAMACIÓN Y CONTROL SEMANAL .....	33
<b>6. INSTRUCTIVOS</b> .....	<b>34</b>
6.1. Instructivo para el formulario de programación Look Ahead. ....	34
6.2. Instructivo para el formulario del inventario de trabajo ejecutable. ....	35
6.3. Instructivo para el formulario de programación y control semanal. ....	36
<b>7. DIAGRAMA DE FLUJO</b> .....	<b>37</b>
<b>8. REFERENCIAS CONSULTADAS</b> .....	<b>38</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

Este manual de procedimientos pretende ser una guía práctica para aplicar la metodología de programación, seguimiento, y control de obras Last Planner System® a proyectos habitacionales de la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI). Es importante que el lector o usuario tenga un conocimiento teórico básico sobre esta metodología para que pueda comprender con mayor facilidad las recomendaciones que se indican en este manual, por lo que se recomienda se estudie el documento “Aplicación de Construction Lean a través de la Metodología Last Planner a Proyectos de Vivienda Social de la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI)” que se adjunta a este documento. En él se puede consultar el marco teórico que gira en torno a la metodología producto de una investigación bibliográfica, también se puede revisar el proceso de aplicación piloto de la metodología a algunos proyectos habitacionales que desarrolla la Fundación. Además, al final del documento se encuentra un listado de referencias bibliográficas que pueden ser consultadas por el lector si requiere profundizar más en el estudio de algún tópico determinado.

## **2. ALCANCE**

El presente manual cubre o involucra aspectos relacionados desde la planificación constructiva inicial del proyecto hasta el cierre definitivo del mismo, ya que es el ámbito que requiere la aplicación del Last Planner System®. Dentro de este proceso intervienen varios involucrados, principalmente el departamento de construcción, el de proveeduría, contratistas, entidad autorizada del SFNV, de los cuales se explica adelante. No se encuentra incluido en este manual aspectos del diseño de las obras.

### **3. OBJETIVO**

Dotar a FUPROVI de un instrumento técnico que norme y guíe la aplicación de Last Planner System® a proyectos de construcción de vivienda social, para lograr una estandarización y uniformidad en los procedimientos a seguir por parte de los actores involucrados en el proceso.

### **4. PROCEDIMIENTOS**

#### **4.1. RECOMENDACIONES SEGÚN LA LITERATURA**

(Botero, 2006) en su libro Construcción sin Pérdidas enumera siete pasos para la implementación del Last Planner como metodología empleada para efectuar mejoramientos en la productividad. Estos pasos son:

1. Sensibilización sobre el nuevo enfoque de producción y las nuevas estrategias de gestión en la construcción, mediante seminarios de difusión sobre el tema a nivel de directivos de empresas de construcción, tratando de captar la atención y su aplicación en las empresas constructoras.
2. Capacitación del personal encargado de la producción en obra a nivel de directores de proyecto, ingenieros de proyecto, diseñadores, maestros de obra, los cuales se convertirán en facilitadores del sistema en las obras. Se pretende presentar las herramientas para utilizar en las obras a fin de realizar las mediciones y el seguimiento de los proyectos en ejecución.
3. Identificación y reducción de pérdidas, mediante el estudio de distribución de tiempos o mediciones de trabajo, si las circunstancias lo ameritan se pueden utilizar técnicas más detalladas y costosas como el estudio de métodos.
4. Paralelamente a las mediciones se debe implementar el Last Planner, tendiente a reducir la variabilidad en la programación y aumentar la confiabilidad de la planificación, lo que trae un mejor desempeño en cuanto al cumplimiento de plazos.

5. Poner en práctica las recomendaciones para el mejoramiento generadas de los informes presentados semanalmente del estudio de pérdidas y de las causas de no cumplimiento identificadas por el Last Planner.
6. Evaluación de la efectividad del plan de mejoramiento, continuando con las mediciones y la presentación de informes semanales donde puede observarse si lo implementado genera mejoras en el desempeño de los proyectos.
7. Construcción de indicadores globales de productividad y conformación de un sistema de referenciación. Estos indicadores permitirán reflejar de manera global los desempeños de la empresa y medir el mejoramiento a nivel general en cuanto a la inversión de recursos y por ende de costos.

No obstante, lo que indica la literatura no siempre puede ser aplicado tal cual a todas las empresas u organizaciones, ya que todas tienen formas diferentes de desarrollar sus proyectos, o formas de administración diferentes. Es por ello que a continuación se indican las recomendaciones para la implementación específica en FUPROVI, adaptando la metodología original a los procedimientos seguidos por la Fundación, según lo que pudo ser analizado en el periodo de la práctica profesional.

#### **4.2. ETAPA INICIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN**

En la etapa inicial de implementación del LPS se determinan dos fases sumamente importantes, las cuales son la capacitación y las iniciativas que promuevan su implementación.

##### **CAPACITACIÓN**

Uno de los factores críticos en la implementación del sistema del LPS es la capacitación, la cual proporciona los conocimientos necesarios que permiten a los involucrados de cualquier proyecto realice buenas prácticas. La capacitación es un proceso fundamental para producir un cambio en la visión de los implicados en el proceso. En la tabla 1 se muestran los aspectos a revisar en las posibles sesiones de entrenamiento o capacitación y las acciones que deben ser coordinadas por los encargados de la implementación o del entrenamiento.

Contenidos	Tareas	Impactos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferencias entre la planeación tradicional y el Last Planner.</li> <li>• Análisis de la situación actual de los procesos de planificación.</li> <li>• Descripción del Last Planner System.</li> <li>• Impactos de la variabilidad.</li> <li>• Discusión acerca de barreras para su implementación.</li> <li>• Descripción de los niveles de planificación del Last Planner.</li> <li>• Estudio de las reuniones de planificación.</li> <li>• Metodología para la medición del PAC.</li> <li>• Importancia de las reuniones semanales.</li> <li>• Análisis de las causas de no cumplimiento.</li> <li>• Propuesta de mejora continua en los proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de reuniones de planificación.</li> <li>• Transmitir y consolidar la importancia del programa maestro.</li> <li>• Medir el PAC.</li> <li>• Registrar las causas de no cumplimiento.</li> <li>• Seleccionar un indicador de desempeño</li> <li>• Inculcar los procesos Look Ahead.</li> <li>• Desarrollar la creencia e importancia del trabajo en equipo.</li> <li>• Conseguir un compromiso genuino de los involucrados.</li> <li>• Correlacionar la información y los indicadores.</li> <li>• Tomar acciones contra las razones de falla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios de visión y manera de cómo hacer la planificación.</li> <li>• Capacitación de involucrados en el tema de planificación.</li> <li>• Disminución de la Variabilidad.</li> <li>• Mejor protección de la producción.</li> <li>• Más promesas confiables.</li> <li>• Eliminar las practicas negativas del sistema.</li> <li>• Eliminar casi todas las barreras.</li> <li>• Comenzar el mejoramiento continuo.</li> <li>• Incrementar la productividad.</li> <li>• Mejora en los plazos de entrega de los proyectos.</li> <li>• Mayor satisfacción y agradecimiento de las familias beneficiarias.</li> </ul>

**Tabla 1.** Temáticas de capacitación y sus posibles impactos.

**Fuente:** Adaptación de (Delgado, 2007).

Es de esperar que entre mayor capacitación se le brinde a los involucrados, mejores serán los resultados, no obstante, dicha capacitación dependerá de las posibilidades o disposición que tenga la Fundación en este sentido.

Existen consultores de administración de proyectos que pueden ser útiles para brindar la capacitación en este tema, ya que, si bien es cierto que los ingenieros de la Fundación pueden tener algún conocimiento sobre la metodología, es importante que se profundice en el tema y que todos los involucrados puedan capacitarse adecuadamente.

## **INICIATIVAS QUE PROMUEVAN LA IMPLEMENTACIÓN.**

Las iniciativas o estrategias utilizadas para la implementación son importantes, en el sentido que se requiere un compromiso por parte de los que tienen el poder dentro de la Fundación como para echar a andar la metodología. Se requiere creer realmente que la metodología es una forma que puede mejorar la ejecución de los proyectos de construcción de la Fundación, y no solamente ser visto como un procedimiento o requerimiento más, que al final no de los frutos esperados.

Para esto, un primer paso es la capacitación de la cual se habló en el apartado anterior, ya que por medio de esta los involucrados pueden tener una noción más clara del LPS, su fundamento teórico, sus requerimientos, y sobre todo los beneficios que pueden lograrse.

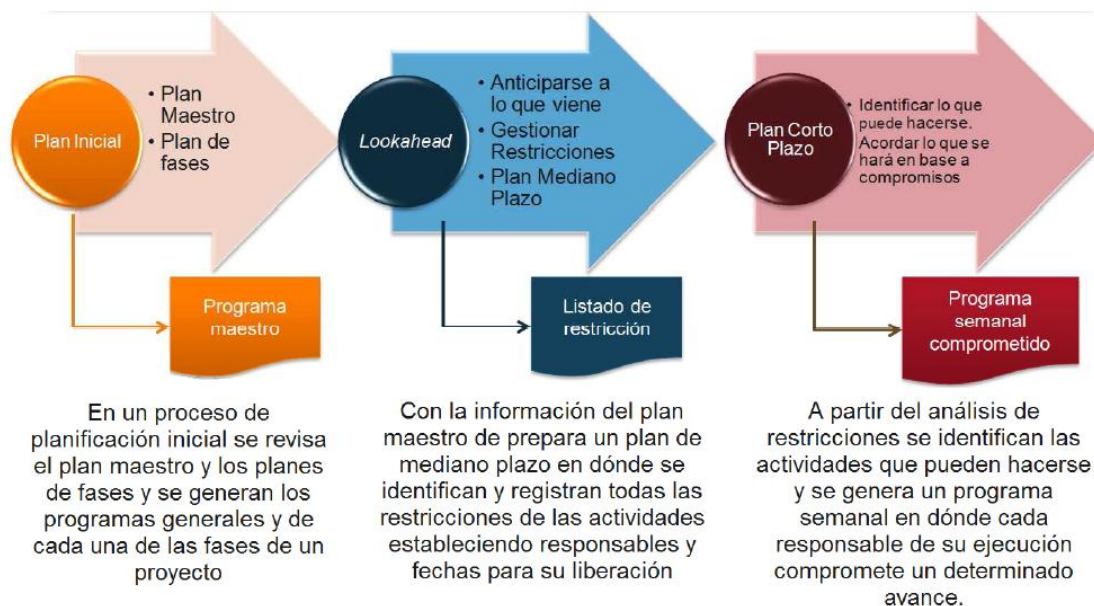
Luego de esto, es recomendable que se conforme una pequeña comisión que pueda discutir los aspectos o requerimientos necesarios para la implementación, y que puedan emitir una recomendación en cuanto a la viabilidad de la metodología.



### 4.3. ESTRUCTURA GENERAL

Last Planner System® es una metodología de planificación, seguimiento y control de proyectos de construcción que nace como una de las herramientas con las que cuenta la filosofía Lean Construction. El fundamento esencial del LPS es adelantarse a los sucesos que pueden provocar atrasos en los proyectos, tomando medidas encaminadas a solventar dichos sucesos para que no se presenten atrasos, y que los proyectos se desarrollen de una manera fluida y continua como se da en las líneas de producción de las industrias de manufactura.

El LPS se compone principalmente de 3 fases o etapas que se representan en la siguiente figura.



**Figura 1.** Fases o etapas fundamentales del LPS.

**Fuente:** (Sabbatino, 2011)

En las siguientes páginas se brindan las recomendaciones más importantes para la implementación del LPS en obras de FUPROVI. Dichas recomendaciones están basadas en varios documentos, como A Guide For New Users of the Last Planner System. Nine Steps for Success (Howell, 2002) del Lean Construction Institute; y también en las situaciones observadas durante el periodo de la práctica profesional.

## **1. Designar el Coordinador del Last Planner System**

Esta figura puede ser el director técnico (ingeniero de proyecto) de la Fundación, o puede ser otra persona suficientemente capacitada designada para llevar la dirección del LPS en la aplicación a los proyectos.

### **Funciones y responsabilidades:**

Tendrá la función de seguir todos los procedimientos que se describen a continuación donde funja como responsable. Entre ellas está ser el que dirige y lleva la logística de las reuniones de planificación, lleva el control semanal del avance de las actividades programadas, involucra al grupo de trabajo en el LPS, participa activamente en todos los niveles de planificación, etc. Será responsable por la correcta aplicación de la herramienta a los proyectos.

### **Habilidades:**

El coordinador debe tener habilidad de liderazgo, destreza para trabajar en equipo, para transmitir compromisos al equipo de personas con las que trabaja, tolerante y con deseos de hacerle frente a los problemas que aparezcan.

## **2. Gestionar la planificación inicial, previo al inicio de obras.**

### **Procedimiento**

Es importante que previo al inicio de las obras se planifiquen todos los aspectos necesarios para una buena ejecución de las obras, por ejemplo, se debe elegir minuciosamente al contratista, definir todos los servicios que se requieren para el proyecto, así como su disponibilidad, costo y duración, como por ejemplo servicios de topografía, pruebas de laboratorio, etc. También se deben definir claramente aspectos de proveedores de materiales y subcontratos en conjunto con la proveeduría.

### **Propósito**

La finalidad de esta gestión es conocer y resolver de previo todos aquellos aspectos que requerirá el proyecto a lo largo de su ejecución, para tomar en cuenta su costo y duración e incluirlo en el presupuesto y programa general.

## **Alcance**

Este procedimiento abarca desde que se reciben los planos y especificaciones del proyecto y debería concluir cuando inician las obras de construcción, no obstante, estas labores pueden extenderse más si lo requieren.

## **Responsables**

En primera instancia, el ingeniero encargado del proyecto tiene la tarea de gestionar estos aspectos, y el coordinador de construcción debe aprobar los elementos más importantes.

### **3. Establecer la programación o planificación general.**

#### **Procedimiento**

El programa general consiste en el cronograma general del proyecto que se pretende cumplir durante su ejecución. Para ello es importante tomar en cuenta las condiciones locales o particulares del lugar donde se desarrollará el proyecto, como clima, disponibilidad de mano de obra, materiales, etc. En el programa general de la obra se deben determinar la secuencia de las actividades, las duraciones aproximadas según experiencias previas en la construcción de proyectos similares, las posibles holguras entre las actividades, los procesos constructivos a nivel general, esto con el objeto de tener una buena estimación de la duración total del proyecto, y por ende la partida de dinero que debe destinarse para la mano de obra. Es muy común que en la etapa constructiva de los proyectos se presenten desviaciones en los tiempos de ejecución de las actividades, por ende, es recomendable que se lleve el cronograma actualizado según lo que se está presentando en el campo, esto debido a que en el siguiente nivel de programación (Look Ahead) es indispensable un cronograma general actualizado. En la etapa de programación general, el ingeniero que asume la dirección técnica debe elaborar y definir:

- Cronograma general de la obra.
- Flujo de caja.
- Procesos constructivos en general.

Para el cronograma general se puede consultar información sobre proyectos similares, y sería deseable tomar en cuenta la opinión del o los contratistas para establecer un cronograma más real y detallado de los plazos de las actividades. Para realizar el plan maestro se recomienda utilizar Microsoft Project, ya que es el software más conocido para efectuar programación de proyectos, además permite hacer el seguimiento y actualizaciones al programa general producto de las desviaciones de tiempo que generalmente se producen en los proyectos.

### **Propósito**

La finalidad de la programación general es tener un plazo inicial de ejecución de las obras. Con base a este plazo inicial, y las relaciones de dependencia entre actividades, se le da el seguimiento constante al proyecto para ejecutar los trabajos en el plazo establecido y con los recursos presupuestados.

### **Alcance**

La programación general incluye desde la fecha de inicio de las obras constructivas, hasta la fecha de cierre o conclusión de los trabajos.

### **Responsables**

El principal responsable de establecer la programación general es el ingeniero encargado del proyecto. Sin embargo, es importante que tome las recomendaciones del coordinador de construcción, y de posibles contratistas. La programación general debe someterse a la aprobación del coordinador de construcción.

## **4. Informar al equipo de trabajo sobre la aplicación del LPS.**

### **Procedimiento**

Es deseable que antes del inicio de las obras se lleve a cabo una reunión con los involucrados directos del proyecto, llámese contratistas, subcontratistas, maestro de obras, bodeguero, ingeniero, etc, con el objetivo de dejar lo más claro posible la mecánica de trabajo que se desarrollará en el proyecto. En esta reunión se debe informar sobre la utilización del LPS, con el establecimiento de al menos una reunión de planificación semanal, y que los involucrados están obligados a participar en ella, o

que deben enviar un representante cuando por fuerza mayor no puedan asistir. Se debe coordinar el día de la semana y la hora más convenientes para la realización de las reuniones semanales, lo cual debe ser discutido entre los involucrados para lograr un consenso en el día más adecuado. El día establecido para la realización de las reuniones semanales debe respetarse a lo largo de la ejecución del proyecto. También es importante que estas condiciones se establezcan desde el inicio en el contrato que se suscribe con los contratistas, con el objetivo de tener un medio legal que respalde a la Fundación, y que obligue al contratista a acatar las indicaciones dadas por el ingeniero. Es recomendable que desde esta reunión se explique de manera general el fundamento del LPS, en qué consiste, y el objetivo que se busca con su implementación.

### **Propósito**

La finalidad de esta actividad es mantener muy bien informados a todos los involucrados directos del proyecto sobre la forma de trabajo, y que desde el inicio todos conozcan los lineamiento y políticas que se aplicará durante el periodo de ejecución.

### **Alcance**

Se debe incluir explicaciones generales sobre el LPS, explicación detallada de métodos constructivos, alcance claro de trabajo contratado, pagos, obligaciones contractuales, patronales, de seguridad laboral.

### **Responsables**

El ingeniero a cargo del proyecto es el responsable directo de estas diligencias. No obstante, dependiendo del alcance del contrato, el coordinador de construcción puede dirigir la actividad.

## **5. Efectuar la planificación intermedia (Look Ahead).**

### **Procedimiento**

El encargado de la implementación del sistema o el ingeniero de proyecto debe consultar el programa maestro actualizado y seleccionar aquellas actividades que según el programa maestro deberían hacerse desde la fecha actual y con un horizonte

de cuatro semanas hacia el futuro, para cumplir con lo planificado en la programación general de la obra. Para ello es necesario que se tome en cuenta y se analice el avance que lleva el proyecto, es decir, si el proyecto se encuentra adelantado o atrasado a la fecha, es importante actualizar el cronograma general. Es recomendable que en la medida de lo posible el plan maestro sea desglosado a nivel de detalle apropiado para realizar la asignación del trabajo semanal, o sea, para asignar las tareas o actividades que los contratistas o jefes de cuadrilla se comprometan a ejecutar en la semana.

Es recomendable que la planificación intermedia se efectúe en un sistema de control mediante plantillas computarizadas para un manejo más ágil y eficiente, para ello, a este documento se adjunta un archivo en formato .xlsx (Microsoft Excel) para que el encargado de la implementación del sistema o el ingeniero de proyecto lo utilice en las reuniones directamente en un computador o de forma impresa.

***El análisis de las restricciones:*** Las actividades en el Look Ahead deben someterse a un análisis para determinar si alguna actividad está sujeta de restricciones para ser ejecutadas (mano de obra, material, equipos, permisos, etc), esto es, que hay alguna situación que no permite que la actividad sea ejecutada en este momento. Para esto, lo más eficiente y utilizado es realizar la discusión en las reuniones de planificación semanal con todos los principales involucrados en la obra, y así levantar una lista de restricciones que presentan las actividades.

Una manera de reconocer restricciones de manera fácil es entregando una impresión de la programación intermedia (Look Ahead) a cada uno de los involucrados directos, con el fin de que este recorra el plan de manera individual y se detecten restricciones ya sea durante la reunión o durante el transcurso de la semana. Otra opción sería imprimir sólo un Look Ahead en un tamaño más grande y colocarlo en la pared para que los involucrados puedan acceder a él de manera adecuada.

Entre los involucrados directos se designan responsables de liberar las nuevas restricciones que se han detectado y que se encuentran dentro de la planificación Look Ahead (4 semanas). Los responsables de liberar las diferentes restricciones son designados consistentemente con sus funciones, es decir, si la restricción es atribuible a un pobre rendimiento de un contratista, este debe tomar las medidas necesarias para alcanzar la producción requerida; si la restricción es producto de un atraso en la

solicitud de materiales al proveedor, el bodeguero debe responsabilizarse por hacer el pedido lo más rápido posible; y así dependiendo de la característica de la restricción.

Es importante definir la fecha para la cual el involucrado se compromete a liberar la restricción, ya que no puede tardarse demasiado en dicha gestión. Además, se recomienda que en las reuniones semanales se discuta el estado de liberación de las restricciones, para así recordar el compromiso y generar presión con el objetivo de poder liberarlas lo antes posible o para dar soluciones que faciliten esta liberación.

En la misma lista de restricciones se puede anotar el responsable de su liberación, ya que en algunos casos se olvida quién es el responsable. Y también sería deseable entregar una lista para cada involucrado con la lista que se comprometió a liberar, esto en el caso de que sean varias restricciones, que también tienden a olvidarse.

Algunas de las restricciones más comunes, que se pueden presentar en los proyectos son las siguientes, aunque no se limitan a estas:

- **Diseño:** Requieren consulta a la intervención de un especialista para definir detalles o especificaciones no muy claras en los diseños o debidas a modificaciones de los diseños originales.
- **Predecesoras:** actividades que requieren la finalización de otras para poder ejecutarse ya que tienen una relación de dependencia directa.
- **Materiales y Equipo:** no se cuenta con los materiales o equipos necesarios para ejecutar las actividades; la cantidad disponible es poca con respecto a lo requerido; la calidad de los materiales y equipo necesario no es la adecuada, etc.
- **Mano de Obra:** No hay mano de obra para realizar los trabajos; la cantidad disponible es poca; la mano de obra no está capacitada adecuadamente, etc.
- **Laboratorios:** la realización de ensayos de laboratorio, y coordinar la toma de muestras y la generación de resultados.

Se deben tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado. Este proceso es un compromiso del responsable designado para dicha restricción.

El remover una restricción de una actividad comienza por determinar quién es el último involucrado en liberar la última restricción faltante de esa actividad y determinar cuál es el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Es deseable que este tiempo de respuesta sea más corto que el horizonte de planificación Look Ahead. Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.

La idea fundamental es liberar a la tarea de las restricciones que le impiden ser ejecutada. Hecho esto estamos en condiciones de crear un listado de tareas que tiene alta probabilidad de ser cumplido, el inventario de trabajo ejecutable ITE.

### **Propósito**

La planificación Look Ahead es uno de los componentes más importantes del LPS y tiene la finalidad de conocer con anticipación adecuada las posibles situaciones, restricciones, obstáculos, impedimentos que podrían dificultar que un trabajo o actividad sea ejecutado en la fecha programada, esto para solucionar dichas restricciones antes de la fecha de inicio de dichos trabajos para impedir que se produzcan atrasos en la obra.

### **Alcance**

Esta planificación se hará constantemente a lo largo del proyecto e incluye todas las actividades presentes en la planificación general.

### **Responsables**

La responsabilidad principal recae en el ingeniero de proyecto o el encargado del LPS, no obstante, los involucrados directos deben comprometerse en la liberación de restricciones de acuerdo al trabajo que desempeñan, por lo que puede decirse que todos los involucrados comparten la responsabilidad.



## **6. Realizar el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**

### **Procedimiento**

El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las actividades que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las actividades de la planificación Look Ahead que tienen liberadas sus restricciones, y pueden empezar a realizarse de inmediato. De esta manera se crea un inventario de actividades que se sabe que pueden ser ejecutadas.

El inventario de trabajo ejecutable debe ser una lista digital o en papel de actividades que pueden ejecutarse, y con base en esta lista se pueden asignar trabajos o actividades para que sean ejecutadas por los contratistas a lo largo de la semana, que corresponde al siguiente nivel de planificación, la programación semanal. Esta asignación de actividades debe hacerse con cierto nivel de priorización, esto es que se prioricen las actividades que deben ejecutarse de primero según el programa general o la programación Look Ahead.

Si una actividad de la programación semanal no es capaz de ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el inventario de Trabajo Ejecutable proveerá otras actividades, con lo que los contratistas no quedarán ociosos, o lo que sería peor, no terminarán realizando tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad.

### **Propósito**

La finalidad fundamental de este procedimiento es tener siempre disponibles actividades para ser ejecutadas con su respectivo orden de priorización, para que los contratistas nunca estén ociosos.

### **Alcance**

Abarca todas las actividades del proyecto, no incluye labores administrativas. Es un procedimiento propiamente de campo que involucra mucho al maestro de obras por ser el que se encuentra constantemente en la obra.

## **Responsables**

Los responsables principales son el ingeniero de proyecto o el encargado del LPS y el maestro de obras.

## **7. Elaborar la programación semanal**

### **Procedimiento**

La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Es una selección de actividades que se encuentran dentro del ITE, o de la programación Look Ahead para que sean ejecutadas a lo largo de la semana. Esta programación debe ser realizada por los involucrados directos (contratistas, maestro de obras, ingeniero, principalmente), los cuales deben comprometerse de manera responsable y realista a avanzar en sus actividades respectivas (contratistas). O sea, en pocas palabras son las actividades que se planean hacer en la semana, tomando en cuenta liberación de restricciones y prioridad de actividades.

Si bien es cierto que los contratistas se comprometen a realizar determinadas actividades, es necesario lograr un balance entre los compromisos de los contratistas y los hitos que se necesitan lograr con base en el cronograma general. Esto es que los hitos presentes en el cronograma general deben respetarse lo más posible, y sólo deberían atrasarse por causas mayores, por lo que se busca que estos hitos sean alcanzados en las fechas establecidas, o incluso antes, no por medio de una presión excesiva a los contratistas, pero tampoco por un bajo rendimiento del trabajo del contratista.

Para lograr esto, lo que se hace en constructoras costarricenses, y se recomienda para la Fundación, es establecer las fechas de los hitos requeridos, y con base en estas fechas y el rendimiento de los contratistas, realizar la programación semanal para que se lleguen a lograr dichos hitos. Para ello, el contratista deberá conocer el rendimiento de su cuadrilla para alcanzar los compromisos adquiridos.

Para la asignación de las actividades a ejecutar se debe tomar en cuenta las actividades del ITE, y también la prioridad de ejecución, esto es que hay actividades que son prioridad para cumplir con el cronograma general y otras no, por lo que se debe

dar prioridad a las primeras. Esto con el objetivo de lograr un avance físico real con respecto al programa general.

La programación semanal es la más interesante, en el sentido del dinamismo de la reunión de planificación, donde todos deben dar sus puntos de vista para lograr una programación adecuada. Se recomienda el uso de pizarras o una pared lisa donde se confeccione una línea cronológica y se ubique los hitos requeridos para lograr la programación general y los compromisos de los contratistas en cada semana; también se puede colocar el porcentaje de actividades completadas (del cual se habla adelante) como medio de motivación. En la figura 2 se muestra como se colocan los hitos y compromisos en la pared.



**Figura 2.** Colocación de hitos y compromisos en la pared. En la primera columna se colocan las actividades más próximas a ejecutar y las siguientes columnas corresponden a las semanas de planificación Look Ahead, que si se cuenta con el espacio necesario se pueden hacer pequeñas columnas que representen todos los días de las 4 semanas de planificación.

**Fuente:** (Sanchis, 2013)

En esta fase se realiza el balance carga-capacidad para garantizar que las actividades programadas puedan ser cumplidas, es decir no se puede prometer más de lo que se es capaz de producir, por tanto, las cantidades a ejecutar deben estar ajustadas a la capacidad de producción de la mano de obra y del equipo en condiciones normales con disponibilidad de recursos (materiales, equipo, etc).

Es importante lograr la corriente de compromiso en los contratistas, para que no vean la programación como un requisito más, sino más bien como una oportunidad para mejorar semana a semana. La programación debe tener carácter comprometido, colaborativo y no impositivo sobre el contratista, aunque si el contrato lo establece se pueden establecer multas por no cumplir con los compromisos.

Los compromisos de los contratistas muchas veces son poco específicos, por lo que cuesta controlarlos en la próxima reunión. Se recomienda recordar a los contratistas que los compromisos sean concretos y aterrizados, asociados al proyecto y una unidad de avance que pueda ser medible por lo menos por medio de porcentaje.

También suele suceder que a los contratistas se les olvida el compromiso de la semana, por lo que se recomienda que siempre lleven un cuaderno de apuntes a la reunión para anoten el compromiso, esto permite que lo revisen en cualquier momento. Para llevar el control semanal de los compromisos, del cual se habla adelante, se recomienda que se utilicen post it (papel adherible) donde el contratista anote su compromiso y lo pegue en la pared, así la próxima semana se puede tener un acceso rápido al mismo.

Un vicio común que se presenta en la construcción es la desalineación que existe entre el plan maestro y el plan de corto plazo. Esto se evita manteniendo actualizado el plan maestro. Por lo que es necesario actualizar el plan maestro ante cualquier cambio que se presente.

### **Propósito**

La finalidad de este procedimiento es desarrollar las labores constructivas de manera ordenada y estructurada según el programa general y con base en un equilibrio adecuado de carga-capacidad de la mano de obra.

## **Alcance**

La planificación semanal incluye todas las actividades que son necesarias de ejecutar y se aplica directamente en campo. Involucra todos los actores directos en el proyecto, llámese ingeniero de proyecto, o encargado del LPS si lo hay, ingeniero residente si lo hay, maestro(s) de obras, bodeguero si lo hay, contratista(s).

## **Responsables**

Los responsables de la programación semanal son el ingeniero de proyecto o encargado del LPS, y el maestro de obras.

## **8. Efectuar reuniones de Planificación**

### **Procedimiento**

La cronología de las reuniones deberá ser semana a semana y pasará a formar parte fundamental para la implementación del LPS. Es necesario que se deje establecido el día y hora de la reunión en la semana y respetar estos acuerdos como una forma de trabajo permanente, se recomienda que el día de la reunión se modifique sólo por causas mayores.

Estas reuniones deben tener énfasis en el trabajo de planeación y en los compromisos asumidos por cada contratista, pero de igual forma se puede aprovechar la presencia de los involucrados directos para discutir cualquier tema relevante al proyecto y que beneficie su avance y mejora continua.

La puntualidad es sumamente importante al comenzar las reuniones ya que es una manera de hacer saber al resto de los participantes de la importancia de las instancias de control. Por otro lado, en el rubro de la construcción el tiempo de la mano de obra es valioso, por lo que asistiendo a tiempo y empezando la reunión a tiempo no frustra a los involucrados e incentiva aún más a participar y a hacer de la reunión una instancia para el equipo. La puntualidad refleja el respeto que se tiene hacia el resto de los participantes y hacia la instancia de reunión. Por lo anterior se sugiere que la reunión comience a la hora, independiente si hay participantes atrasados llamándoles la atención a éstos.

Una buena reunión debe ser rápida y fluida para lograr los objetivos. Para lograr esto, es importante las tres etapas definidas por el PLS. En primer lugar, se debe hacer una revisión de lo transcurrido en el pasado (PAC). Luego se debe mirar hacia el futuro (Look Ahead) en búsqueda de nuevas restricciones. Por último, se revisa el presente donde los contratistas se comprometen a realizar tareas para el próximo período.

Lo anterior se explica a continuación:

**1. Revisión de Compromisos:** Se deben revisar los compromisos cumplidos o no cumplidos en la semana que recién termina (Porcentaje de Actividades Completadas). Aquí se debe hacer un análisis del PAC. También se deben revisar las Causas de No Cumplimiento (CNC) para luego tomar las acciones correctivas para evitar situaciones similares en el futuro. Se realiza el análisis entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.

El cálculo del PAC claramente se debe realizar antes de la reunión, para que pueda ser discutido en la misma, para ello se debe hacer un recorrido por el proyecto para su determinación. Las causas de no cumplimiento son determinadas por quien hace los trabajos, o sea, los contratistas, ya que ellos saben por qué no se terminaron los trabajos comprometidos.

**2. Programación Look Ahead e Identificación de restricciones:** Se debe revisar el cronograma general actualizado para determinar cuáles actividades entran esta semana en la programación Look Ahead (cada semana entra una nueva semana en la programación Look Ahead para mantener el horizonte de 4 semanas).

Se deben identificar posibles dificultades o problemáticas (restricciones) que impidan el desarrollo de actividades planificadas en las próximas 4 semanas (Look Ahead). Se discute el estado de las actividades dentro de la planificación Look Ahead en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas lo más pronto posible. Posteriormente es recomendable asignar los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la planificación Look Ahead.

Es recomendable que el coordinador o facilitador del LPS anote las actividades que en primera instancia no tienen restricciones para ser ejecutadas, esto se conoce

formalmente como el Inventario de Trabajo Ejecutable, con el objetivo de recordarlas, porque generalmente muchos aspectos discutidos en la reunión tienden a olvidarse.

**3. Toma de compromisos:** Por último, se debe realizar la programación semanal. Se deben comprometer avances por parte de los contratistas según la programación Look Ahead. para esto el contratista debe conocer muy bien su capacidad, para dar un compromiso adecuado a la realidad. Estos compromisos se revisarán y analizarán la semana próxima, por ello se recomienda que estos se peguen en la pared, como se acostumbra en el LPS, para que se tenga fácil acceso a ellos en cualquier momento. Sin embargo, es recomendable que el coordinador del LPS anote los compromisos en el Formulario de Programación y Control Semanal, para tener respaldado los compromisos de trabajo de los contratistas.



**Figura 3.** Etapas de la reunión de planificación del LPS.

**Fuente:** Elaboración propia

Seguir estas tres etapas, y dejar otros temas para el final propicia una reunión más ordenada, corta y fluida. Se recomienda preparar la reunión con anticipación, así el facilitador o encargado tendrá claro los puntos a discutir y en qué temas enfocarse el día de la reunión. De esta manera la reunión se desarrollará de forma ordenada y rápida. Acompañar las reuniones con café y snacks ayuda a tener una reunión más amena.

En términos generales, al inicio de aplicación del LPS las reuniones pueden durar hasta 2 horas, pero una vez adquirida mayor experiencia, estas no debiesen durar más de una hora.

Para cumplir los propósitos de la reunión existe información que deben llevar los subcontratistas o jefes de cuadrilla, y el coordinador del LPS.

Subcontratistas o jefes de cuadrilla:

- La información del estado del trabajo.
- Indicar una primera opinión de las causas de no cumplimiento.

Coordinador:

- Llevar programa Maestro y la planificación Look Ahead.
- Lleva el resultado del PAC de la semana anterior para discutir las circunstancias que impidieron lograr los objetivos.
- Listado de las tareas que entrarán esta semana en el proceso Look Ahead,
- Actualiza y lleva el ITE.

Debemos motivar a los participantes promoviendo que las reuniones de planificación son una instancia útil para una buena coordinación.

En general la brecha entre el sistema Last Planner y la implementación en obra radica principalmente en la inclusión de los contratistas en la misma planificación. Se sugiere incluirlos, comprometer su avance semanal. Esto permite que se integren y asuman una mayor responsabilidad respecto al impacto de sus acciones en el programa.

Se recomienda dejar espacio a todas las opiniones logrando involucrar de mejor manera a los involucrados. Nunca está de más aceptar sugerencias escritas o verbales por parte de los participantes por lo que se recomienda dejar un espacio en la reunión para estas sugerencias.





**Figura 4.** La reunión de planificación semanal de un proyecto

**Fuente:** propia.

### **Propósito**

La finalidad de la reunión es llevar a cabo la planificación semanal con la participación de todos los involucrados y también para discutir y gestionar las restricciones y causas de no cumplimiento. También es importante para una buena comunicación entre los involucrados.

### **Alcance**

La reunión debe abarcar todos los temas necesarios para garantizar un buen avance del proyecto, pero no temas personales o particulares que no tienen con la planificación y seguimiento. En la reunión de planificación debe contar la participación de:

- Ingeniero de proyecto.

- Coordinador del sistema o encargado de planificación (si lo hay).
- Ingeniero residente (si lo hay).
- Maestro(s) de obra(s).
- Contratistas
- Subcontratistas.
- Bodeguero (si lo hay).

### **Responsables**

Los responsables de la reunión de planificación son el ingeniero de proyecto o encargado del LPS, y el maestro de obras.

## **9. Medición de indicadores**

### **Procedimiento**

El LPS cuenta con 2 indicadores importantes que arrojan información significativa acerca de lo que sucede en el proyecto. Estos son el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC).

#### ***Porcentaje de Actividades Completadas (PAC):***

Como ya se ha indicado en otros apartados de este manual, el PAC es un porcentaje del total de compromisos acordados por los contratistas que realmente se ejecutaron completamente durante la semana.

Por ejemplo, en la reunión de planificación cada contratista anotará su compromiso de la semana en un papel que se pegará en la pared, en este papel se anotan las actividades que el contratista se compromete a ejecutar en esa semana, aunque sea sólo 1 contratista o sean varios, el compromiso estará compuesto por varias actividades que incluso se pueden descomponer en tareas, por lo que al final se tendrá una lista con varias actividades o tareas que constituyen la totalidad de los compromisos de la semana. Al final de la semana, por medio de una inspección de la obra se determina cuáles y cuántas de estas actividades o tareas realmente se ejecutaron. El PAC es la razón entre el número de actividades realmente ejecutadas entre el número total de actividades comprometidas.

$$PAC = \frac{N^{\circ} \text{ Actividades ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ Total de Actividades Programadas}}$$

Ecuación 1.

El cálculo del Porcentaje de Actividades Completadas es relativamente sencillo, a continuación, se explica detalladamente el procedimiento para su determinación:

- El cálculo del PAC claramente se debe realizar antes de la reunión de planificación, para que pueda ser discutido en la misma, para ello se debe hacer un recorrido por el proyecto para determinar cuáles de las actividades programadas para la semana fueron realmente ejecutadas, cuáles no, o cuales llevan sólo una parte completada.
- Es importante tomar en cuenta que para el LPS sólo pueden presentarse 2 situaciones en cuanto al cumplimiento de las actividades programadas:  
Actividad completada: es aquella actividad o tarea que está 100 % terminada.  
Actividad no completada: aquella actividad o tarea que a la hora del corte tiene un avance menor al 100%. Cuando este porcentaje de avance sea muy cercano al 100% (>95% por ejemplo) se puede hacer una excepción, y registrarlo como Actividad completada.
- Se va determinando el cumplimiento de todas las actividades o tareas presentes en el compromiso semanal de los contratistas. Para ello se puede imprimir la “Plantilla de Control Semanal” adjunta donde anotarán todas las actividades comprometidas y su porcentaje de avance, como se muestra en la imagen.

		Periodo de Planificación		Semana N°							
		Fecha Inicial	19-oct	5							
		Fecha Final	26-oct								
		CONTROL SEMANAL		Causas de No Cumplimiento							
Código	Actividad/ Tarea	Porcentaje Ejecutado	Cumplimiento	Causas Externas	Falta Materiales	Falta de Herramientas o Equipos	Clima	Rendimiento MO	Predecesora	Diseños Indefinidos	Otras
	Forros casa 22	0,00%	0		1						
	Forros casa 23	50,00%	0		1						
	Forros casa 24	100,00%	1								
	Forros casa 25	50,00%	0		1						
	Fachada casa 22	0,00%	0		1						
	Techo casa 22	0,00%	0		1						
	Cielos casa 29	70,00%	0		1						
	Cielos casa 30	100,00%	1								
	Cielos casa 31	100,00%	1								
	Paredes casa 63	50,00%	0		1						
	Estructura techo casa 63	100,00%	1								
	Empastado casa 63	0,00%	0		1						
	Piso casa 62	100,00%	1								
	Paredes casa 62	10,00%	0		1						
		PAC	36%		9						

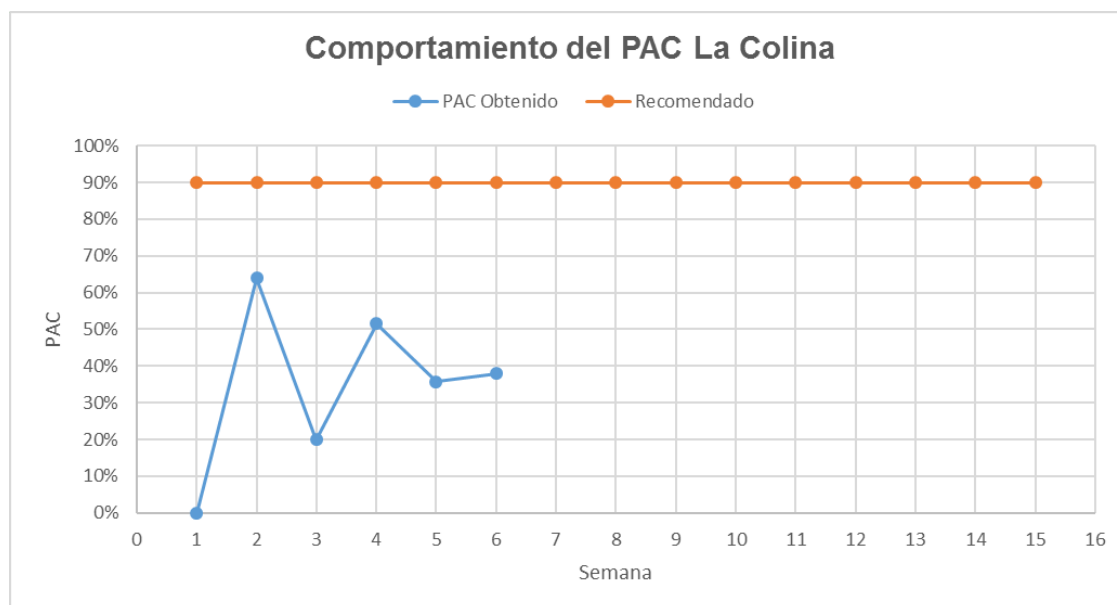
**Figura 5:** Ejemplo Plantilla de Control Semanal.

**Fuente:** elaboración propia.

- El último paso sería el cálculo del PAC con ayuda de la Ecuación 1.

El PAC nos indica la cantidad de actividades ejecutadas con respecto a la totalidad programada en la semana. PAC muy bajos reflejan que hay serias dificultades para conseguir los compromisos adquiridos, por lo que se deben hacer las gestiones necesarias para mejorar en ese sentido, para ello serán útiles las Causas de No Cumplimiento de las que se habla adelante. PAC muy altos reflejan que se está siendo muy flexible a la hora de adquirir los compromisos, por lo que se debería hacer una programación semanal con mayor número de compromisos por parte de los contratistas. La literatura y la práctica recomiendan PAC del 90 %, ya que se logran ejecutar la mayoría de las tareas, no obstante, siempre hay trabajos sin ejecutar, producto de una buena programación semanal, o sea, se le exige un buen rendimiento al contratista en la ejecución de tareas.

El PAC se determina semanalmente, y se puede llevar una gráfica que muestre su comportamiento en función del tiempo, como el mostrado en la figura 5. Esto con el objetivo de analizar si hay mejora durante la aplicación del LPS y determinar acciones encaminadas a mejorar.



**Figura 6:** Ejemplo gráfica PAC en el tiempo.

**Fuente:** Elaboración propia.

### ***Causas de No Cumplimiento (CNC):***

Las Causas de No cumplimiento son las razones por las cuales una actividad o tarea no pudo ser ejecutada en su totalidad. Es importante determinar las CNC ya que brindan información valiosa que puede ser utilizada para mejorar el cumplimiento de compromisos. Las CNC se pueden registrar en la misma “Plantilla de Control Semanal” de la figura 2 y luego se puede construir una gráfica como la mostrada en la figura 5 que señale las CNC que se presentan con más frecuencia para concentrar esfuerzos en evitar que se presenten nuevamente.

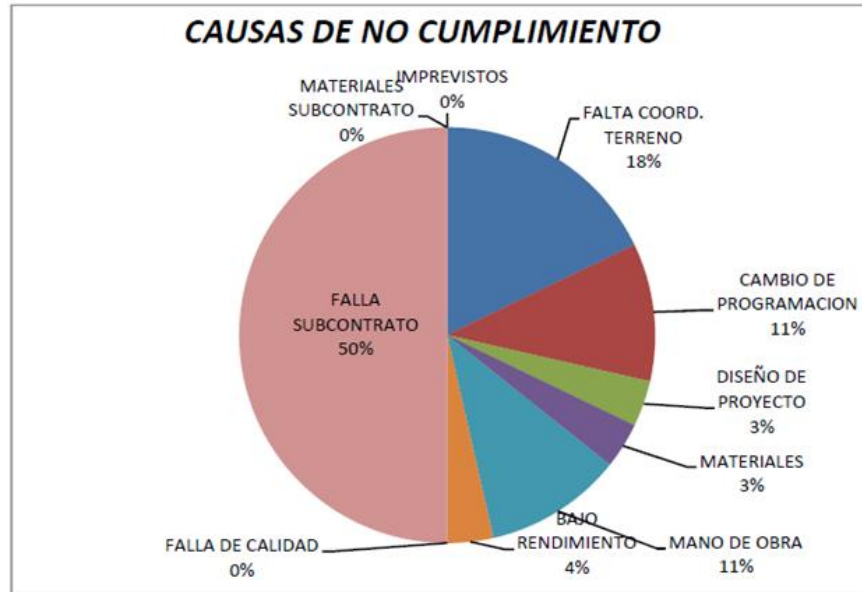
Dentro de las causas de no cumplimiento más frecuentes se encuentran:

Causas externas
Falta de materiales
Falta de herramientas o equipos
Clima
Falta de mano de obra
Bajo rendimiento de mano de obra
Predecesoras sin terminar
Diseños indefinidos
Trabajos mal ejecutados
Cambios en el proyecto
Incumplimiento en subcontrato
Falta de permisos

**Tabla 2.** Causas de No Cumplimiento más frecuentes.

**Fuente:** Elaboración propia.

Se recomienda hacer un análisis de qué CNC son causadas por imprevistos y cuales son por mala programación, luego tomar medidas para disminuir CNC por mala programación, ya que los imprevistos son difíciles de eliminar.



**Figura 7.** Gráfico de ocurrencia de causas de no cumplimiento.

**Fuente:** (Sanchis, 2013)

### **Propósito**

El objetivo de la medición de los indicadores es tener un parámetro mediante el cual se evalúe el desempeño del equipo de trabajo reflejado en el avance del proyecto. Y también para conocer estadísticamente las razones por las cuales no se ejecutan los trabajos a fin de tomar medidas correctivas.

### **Alcance**

Abarca la medición del avance de las actividades programadas en la semana. Se puede involucrar al maestro de obras en el proceso de medición.

### **Responsables**

El responsable de este procedimiento es el ingeniero de proyecto o el encargado del LPS.

## **10. Determinación y aplicación de medidas correctivas**

### **Procedimiento**

El producto que se obtiene del procedimiento de medición de indicadores es una estadística de las causas de no cumplimiento. Estas estadísticas deben ser utilizadas para aplicar medidas correctivas encaminadas a que estos inconvenientes no se vuelvan a presentar en el proyecto. Se deben priorizar aquellas causas que ocurren con más frecuencia y luego las demás, porque son las que causan más atrasos. Para esto se debe llegar a la raíz del problema preguntándose “porque” varias veces, por ejemplo, si la causa es el rendimiento de la mano de obra, se debe preguntar por qué la mano de obra no tuvo el rendimiento esperado, y el porqué de esa razón, etc. Luego de conocer la raíz del problema se deben tomar disposiciones para solucionarlo. La disposición depende de la naturaleza de la causa, por ejemplo, si es el bajo rendimiento de la mano de obra es producto de un faltante de colaboradores, se debe negociar con el constructor para contratar más personal. Y de esta forma se va mejorando el desempeño del proyecto.

### **Propósito**

La finalidad esencial de este procedimiento es procurar que las causas de no cumplimiento que causan atrasos en las obras no se presenten nuevamente, por medio de una gestión de cada una para solucionarla.

### **Alcance**

Se incluyen todas aquellas gestiones que puedan ser ejecutadas por el ingeniero de proyecto para solucionar las causas de no cumplimiento. En otros casos puede solicitar colaboración al coordinador de construcción para acciones especiales. El maestro de obras también debe involucrarse en acciones que pueda ejecutar.

### **Responsables**

El responsable de este procedimiento es el ingeniero de proyecto y el encargado del LPS si lo hay.







### 5.3. FORMULARIO DE PROGRAMACIÓN Y CONTROL SEMANAL

El formulario para llevar a cabo la programación semanal y para el control de avance de actividades es el siguiente. Para mayor facilidad también se adjunta un archivo Excel con este formulario para que pueda ser utilizado digitalmente o impreso las veces que se requiera.



**PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTOS  
LAST PLANNER SYSTEM, LPS (SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR)  
PLANTILLA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL SEMANAL**

En las columnas de programación semanal anote las actividades/tareas que serán ejecutadas en la semana según el compromiso de los involucrados. Dentro de 8 días determine el porcentaje de avance de cada actividad/tarea y anote si se cumplió o no en las columnas de control semanal. Además marque las causas de no cumplimiento para el caso de actividades/tareas no completadas.

Proyecto:		Fecha de confección:	
Dirección Técnica:			

Periodo de Planificación	Semana N°
Fecha Inicial	
Fecha Final	

PROGRAMACIÓN SEMANAL	CONTROL SEMANAL		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								
	Actividad/ Tarea en la programación semanal	Porcentaje Ejecutado	Cumplimiento	Causas Externas	Falla Materiales	Falta de Herramientas o Equipos	Clima	Rendimiento MO	Predecesora	Diseños Indefinidos	Otras
		PAC	0%								

## **6. INSTRUCTIVOS**

### **6.1. Instructivo para el formulario de programación Look Ahead.**

#### **I. Información general**

Se debe anotar la información general que requiere el formulario, como:

- El nombre del proyecto,
- Nombre del ingeniero del proyecto,
- La fecha en que se lleva a cabo la programación Look Ahead,
- El periodo de planificación (rango de 4 semanas), en el cual, la fecha inicial debe coincidir con la fecha en que se lleva a cabo la programación Look Ahead.

#### **II. Identificar actividades en la planificación Look Ahead**

Se deben anotar las actividades que según la programación general (cronograma del proyecto) se deben ejecutar o deben empezar a ejecutarse en el periodo de planificación (4 semanas).

#### **III. Análisis de restricciones**

Se debe indicar con un “check” las restricciones presentes en el formulario, que tienen las actividades para su ejecución. Si la restricción de la actividad no está en el formulario debe anotarse en “otras”.

#### **IV. Designar responsables**

Se debe anotar el responsable designado para ejecutar gestiones para liberar la actividad de las restricciones encontradas.

## **6.2. Instructivo para el formulario del inventario de trabajo ejecutable.**

### **I. Información general**

Se debe anotar la información general que requiere el formulario, como:

- El nombre del proyecto,
- Nombre del ingeniero del proyecto,
- La fecha en que se lleva a cabo el inventario
- El número de la semana en la cual se lleva a cabo el inventario. Para esto se tomará como semana 1 a partir del inicio de los trabajos de construcción.

### **II. Identificar actividades en el inventario de trabajo ejecutable**

Se deben anotar las actividades que entran en el inventario de trabajo ejecutable, que son todas aquellas que ya no poseen restricciones para su ejecución.

### **III. Estado de actividades**

Conforme avancen los trabajos y las semanas, se debe registrar el estado de las actividades, para ello se debe colocar un “check” según se encuentre ejecutada o no ejecutada.

### **IV. Fecha de ingreso de actividades**

Como generalmente cada semana ingresan pocas actividades al inventario, si se desea se puede utilizar la misma hoja (formulario) para ingresar actividades de varias semanas (cuando transcurran varias semanas), por lo que se brinda una columna para registrar la fecha de ingreso y tener mejor control.

### **6.3. Instructivo para el formulario de programación y control semanal.**

#### **I. Información general**

Se debe anotar la información general que requiere el formulario, como:

- El nombre del proyecto,
- Nombre del ingeniero del proyecto,
- La fecha en que se lleva a cabo la programación semanal,
- Fecha inicial y final de la planificación (7 días naturales),
- Número de semana en la que se encuentra el proyecto.

#### **II. Comprometer actividades en la planificación semanal**

Se deben anotar las actividades que entran en la planificación de la semana, producto del compromiso de los involucrados directos. Que son todas aquellas actividades/tareas que los constructores se comprometen a ejecutar.

#### **III. Controlar avance**

La fecha final de la planificación semanal, se debe proceder a registrar el avance en las actividades programadas para la semana, anotando el porcentaje de avance que llevan a la fecha y el cumplimiento o no. Si se cumple se debe anotar un "1" en la columna, sino se cumple se debe anotar un "0".

#### **IV. Controlar causas de no cumplimiento**

Se debe registrar la causa de no cumplimiento de una actividad en caso de que no se cumpla su ejecución. Para ello se debe anotar un "1" en alguna de las causas que indica el formulario, si la causa es distinta a las que se indican, se debe escribir en la columna "otras".

#### **V. Calcular el porcentaje de actividades completadas**

Al final de registrar todos los porcentajes ejecutados y el cumplimiento, se debe calcular el PAC, que consiste en la suma de la columna "Cumplimiento" dividido entre el número total de actividades programadas en la semana, expresado en forma porcentual.

## **7. DIAGRAMA DE FLUJO**

Por medio del diagrama de flujo se puede observar gráficamente y con mayor claridad el procedimiento de aplicación del LPS y también se puede observar la secuencia de la actividad. Para ello se adjunta un diagrama de flujo de bloque del proceso de aplicación del LPS a obras de FUPROVI donde se puede repasar también los distintos involucrados dentro del proceso.

## 8. REFERENCIAS CONSULTADAS

- Delgado-Orduz, E. (2007). *Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (Lean Construcción)*. (Informe de práctica empresarial). Universidad Industrial De Santander. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/124188.pdf>
- Sabbatino-Barros, D. E. (2011). *Directrices y Recomendaciones para una buena Implementación del Sistema Last Planner en Proyectos de Edificación en Chile*. (tesis de grado). Recuperado de: <http://www.gepuc.cl/wp-content/uploads/2016/07/Directrices%20y%20Recomendaciones%20para%20una%20buena%20Implementaci%C3%B3n%20del%20Sistema%20Last%20Planner%20en%20Proyectos%20de%20Edificaci%C3%B3n%20en%20Chile%20-%20Sabbatino%20&%20Alarcon%20-%202011.pdf>
- Sanchis-Mestre, I. (2013). *Last Planner System Un Caso de Estudio*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29693/LPS%20Un%20Caso%20de%20estudio%20Sanchis%20Mestre%20Inmaculada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio del poder popular para la educación superior. (2011). *Taller para la elaboración y control de manuales de normas y procedimientos*. [Presentación digital]. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Venezuela. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/argenisr81/elaboracin-de-manuales-de-normas-y-procedimientos>
- Secretaría de relaciones exteriores. (2004). *Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos*. Gobierno de México. DF, México. Recuperado de: [http://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia\\_elab\\_manu\\_proc.pdf](http://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia_elab_manu_proc.pdf)

**APÉNDICE 2. PLANIFICACIÓN Y CONTROL SEMANAL PROYECTO LA COLINA DE NOCHE BUENA**





**PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTOS  
LAST PLANNER SYSTEM, LPS (SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR)  
PLANTILLA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL SEMANAL**

En las columnas de programación semanal anote las actividades/tareas que serán ejecutadas en la semana según el compromiso de los involucrados. Dentro de 8 días determine el porcentaje de avance de cada actividad/tarea y anote si se cumplió o no en las columnas de control semanal. Además marque las causas de no cumplimiento para el caso de actividades/tareas no completadas.

Proyecto:	La Colina de Noche Buena, Turrialba
Dirección Técnica:	Ing. Jorge Cordero

Fecha de confección:	
----------------------	--

Periodo de Planificación		<b>Semana N°</b>
Fecha Inicial	20-sep	<b>1</b>
Fecha Final	27-sep	

PROGRAMACIÓN SEMANAL	CONTROL SEMANAL		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								
	Actividad/ Tarea en la programación semanal	Porcentaje Ejecutado	Cumplimiento	Causas Externas	Falta Materiales	Falta de Herramientas o Equipos	Clima	Rendimiento MO	Predecesora	Diseños Indefinidos	Otras
Entrepiso casas 63-66	70,00%	0			1						
Pilotes casas 59-62	90,00%	0			1						
Techo casa 32	0,00%	0			1						
Techo casas 26-28	40,00%	0			1						
Entrepiso casas 22-25	80,00%	0			1						
Paredes livianas casas 74-76	40,00%	0			1						
Techos casas	50,00%	0			1						
Fachadas casas	20,00%	0			1						
Pilotes casas 12-13	80,00%	0			1						
	PAC	0%			9						



	Placas casa 12	100,00%	1								
	Placas casa 13	100,00%	1								
	Placas casa 14	100,00%	1								
	Placas casa 15	100,00%	1								
	Placas casa 16	100,00%	1								
	Entrepisos casa 61	50,00%	0		1						
	Entrepisos casa 62	50,00%	0		1						
	Entrepisos casa 63	50,00%	0		1						
	Entrepisos casa 64	100,00%	1								
	Entrepisos casa 65	100,00%	1								
	Entrepisos casa 66	100,00%	1								
		PAC	64%		9						



**PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTOS  
LAST PLANNER SYSTEM, LPS (SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR)  
PLANTILLA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL SEMANAL**

Proyecto:	La Colina de Noche Buena, Turrialba
Dirección Técnica:	Ing. Jorge Cordero

Fecha de confección:	
----------------------	--

Periodo de Planificación		<b>Semana N°</b>
Fecha Inicial	06-oct	<b>3</b>
Fecha Final	12-oct	

Código	Actividad/ Tarea	CONTROL SEMANAL		Causas de No Cumplimiento							
		Porcentaje Ejecutado	Cumplimiento	Causas Externas	Falta Materiales	Falta de Herramientas o Equipos	Clima	Rendimiento MO	Predecesora	Diseños Indefinidos	Otras
	Piso casa 12	75,00%	0		1						
	Piso casa 13	75,00%	0		1						
	Paredes casa 14	0,00%	0		1						
	Paredes casa 15	0,00%	0		1						
	Paredes casa 16	60,00%	0		1						
	Entrepiso casa 61	75,00%	0		1						
	Entrepiso casa 62	85,00%	0		1						
	Entrepiso casa 63	100,00%	1								
	Techo casa 64	75,00%	0		1						
	Techo casa 65	95,00%	0		1						
	Techo casa 66	100,00%	1								
	Finalizar casa 73	85,00%	0		1						
	Finalizar casa 74	95,00%	0		1						
	Finalizar casa 75	97,00%	0		1						

	Finalizar casa 76	100,00%	1								

PAC

20%

12



	Pisos casa 22	100,00%	1								
	Forros y fachadas casa 24	50,00%	0		1						
	Forros y fachadas casa 25	20,00%	0		1						
	Empastado casa 29	0,00%	0		1						
	Empastado casa 30	0,00%	0		1						
	Empastado casa 31	100,00%	1								
	Entrepiso casa 59	0,00%	0		1						
	Entrepiso casa 60	50,00%	0		1						
	Entrepiso casa 61	50,00%	0		1						
	Entrepiso casa 62	65,00%	0		1						
	Entrepiso casa 63	100,00%	1								
	Techo casa 15	0,00%	0		1						
	Techo casa 16	100,00%	1								
	Piso casa 12	50,00%	0		1						
	6 casas con fachada	20,00%	0		1						
	2 casas con cielo	100,00%	1								
	3 casas con enchape	100,00%	1								

PAC

52%

15



**PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTOS  
LAST PLANNER SYSTEM, LPS (SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR)  
PLANTILLA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL SEMANAL**

Proyecto:	La Colina de Noche Buena, Turrialba
Dirección Técnica:	Ing. Jorge Cordero

Fecha de confección:	
----------------------	--

Periodo de Planificación		<b>Semana N°</b>
Fecha Inicial	19-oct	<b>5</b>
Fecha Final	26-oct	

Código	Actividad/ Tarea	CONTROL SEMANAL		Causas de No Cumplimiento								
		Porcentaje Ejecutado	Cumplimiento	Causas Externas	Falta Materiales	Falta de Herramientas o Equipos	Clima	Rendimiento MO	Predecesora	Diseños Indefinidos	Otras	
	Forros casa 22	0,00%	0		1							
	Forros casa 23	50,00%	0		1							
	Forros casa 24	100,00%	1									
	Forros casa 25	50,00%	0		1							
	Fachada casa 22	0,00%	0		1							
	Techo casa 22	0,00%	0		1							
	Cielos casa 29	70,00%	0		1							
	Cielos casa 30	100,00%	1									
	Cielos casa 31	100,00%	1									
	Paredes casa 63	50,00%	0		1							
	Estructura techo casa 63	100,00%	1									
	Empastado casa 63	0,00%	0		1							
	Piso casa 62	100,00%	1									
	Paredes casa 62	10,00%	0		1							
		PAC	36%		9							





	Cielos casa 26	0,00%	0		1						
	Cielos casa 27	0,00%	0		1						
	Cielos casa 28	50,00%	0		1						
	Puertas casa 27	100,00%	1								
	Puertas casa 28	100,00%	1								
	Puertas casa 29	100,00%	1								
	Puertas casa 30	100,00%	1								
	Puertas casa 31	100,00%	1								
	Techo casa 61	0,00%	0		1						
	Techo casa 62	100,00%	1								
	Forros casa 67	50,00%	0		1						
	Forros casa 68	50,00%	0		1						
	Forros casa 69	100,00%	1								
	Forros casa 70	100,00%	1								
	Forros casa 71	100,00%	1								

PAC

38%

18



	Enchapes casa 69	100,00%	1								
	Enchapes casa 70	100,00%	1								
	Enchapes casa 26	100,00%	1								
	Enchapes casa 27	100,00%	1								
	Enchapes casa 28	100,00%	1								
	Enchapes casa 29	100,00%	1								
	Enchapes casa 30	100,00%	1								
	Enchapes casa 31	100,00%	1								
	Techo casa 22	100,00%	1								
	Forros casa 22	50,00%	0			1					
	Fachada casa 22	80,00%	0			1					
	Forros casa 23	50,00%	0			1					
	Techo casa 13	100,00%	1								
	Techo casa 14	100,00%	1								
	Fachada casa 15	100,00%	1								
	Fachada casa 16	100,00%	1								
	Fachada casa 17	100,00%	1								
	Puertas casa 17	0,00%	0			1					
	Puertas casa 18	0,00%	0			1					
	Puertas casa 19	100,00%	1								
	Puertas casa 20	100,00%	1								

PAC

80%

7



Barandas casa 27	100,00%	1								
Barandas casa 28	100,00%	1								
Barandas casa 29	100,00%	1								
Barandas casa 30	50,00%	0			1					
Barandas casa 31	50,00%	0			1					
Forro casa 22	100,00%	1								
Forro casa 23	100,00%	1								
Fachada casa 22	100,00%	1								
Puertas casa 22	0,00%	0						1		
Puertas casa 23	0,00%	0						1		
Puertas casa 24	0,00%	0						1		
Puertas casa 25	100,00%	1								
Empaste casa 22	0,00%	0						1		
Empaste casa 23	0,00%	0						1		
Empaste casa 24	100,00%	1								
Empaste casa 25	100,00%	1								
Cielos casa 67	80,00%	0						1		
Cielos casa 68	80,00%	0						1		
Cielos casa 69	100,00%	1								
Cielos casa 70	100,00%	1								
Cielos casa 71	100,00%	1								
Cielos casa 72	100,00%	1								
Puertas casa 67	100,00%	1								
Puertas casa 68	100,00%	1								
Puertas casa 69	100,00%	1								
Puertas casa 70	100,00%	1								
Puertas casa 71	100,00%	1								
Puertas casa 72	100,00%	1								
Accesorios casa 67	100,00%	1								
Accesorios casa 68	100,00%	1								
Accesorios casa 69	100,00%	1								
Accesorios casa 70	100,00%	1								
Accesorios casa 71	100,00%	1								
Accesorios casa 72	100,00%	1								
Techo casa 59	0,00%	0						1		
Avance 85 % casa 60	100,00%	1								
Avance 85 % casa 61	100,00%	1								

Avance 85 % casa 62	100,00%	1								
Avance 85 % casa 63	100,00%	1								
Avance 85 % casa 64	100,00%	1								
	PAC	71%		4				11		

**APÉNDICE 3. FORMULARIOS DEL PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM A PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL DE LA FUNDACIÓN PROMOTORA DE VIVIENDA**

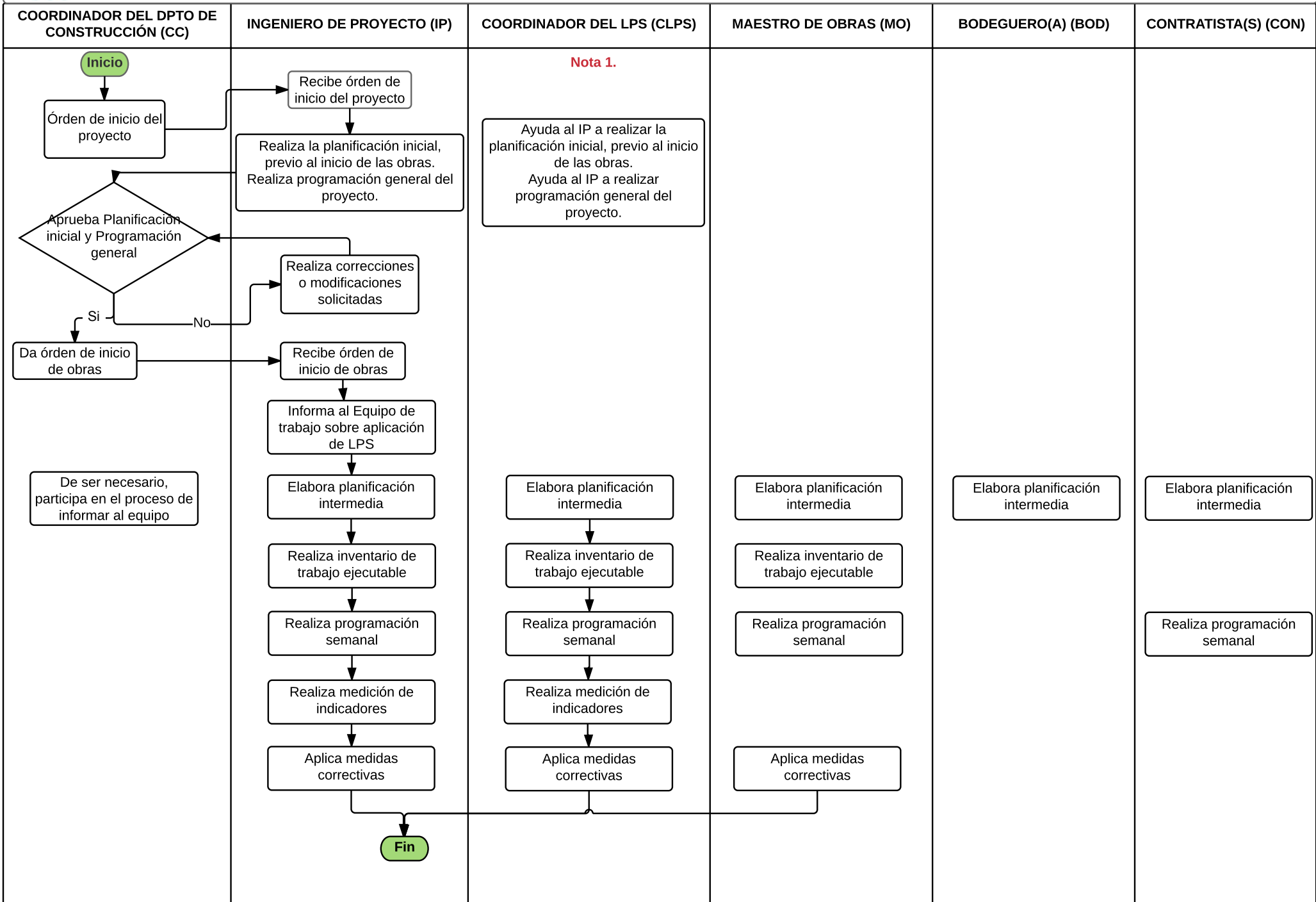








**APÉNDICE 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE BLOQUE DEL PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE LAST  
PLANNER SYSTEM A PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL DE LA FUNDACIÓN PROMOTORA DE  
VIVIENDA**



Nota 1: La figura del coordinador del LPS es opcional. Puede existir o no. Si no existe, sus funciones son exclusivas del Ingeniero de Proyecto.

# Referencias

- Alarcón-Cárdenas, L. F. & Pellicer-Armiñana, E. (2009, febrero). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. *Revista de Obras Públicas*. Recuperado de: <http://www.leanconstruction.es/lean-construction/art%C3%ADculos/>
- Andrade, M. & Arrieta, B. (2011). Last planner en subcontrato de empresa constructora. *Revista de la Construcción*. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/rconst/v10n1/art05.pdf>
- Botero-Botero, L. F. & Álvarez-Villa, M. E. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Revista Ingeniería y Desarrollo*. Recuperado de: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewFile/2394/1557>
- Botero-Toro, P. (2014). *Un proyecto en Marcha con Last Planner System*. (Tesis de grado). Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/263541145\\_Un\\_proyecto\\_en\\_Marcha\\_con\\_Last\\_Planner\\_System](https://www.researchgate.net/publication/263541145_Un_proyecto_en_Marcha_con_Last_Planner_System)
- Coronel-Carcelén, J. (2010). *Planificación y Control del Proceso Productivo en la Construcción de Proyectos Civiles: un Manual/Guía para la Implementación del Last Planner System™*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/3602/T-PUCE-3612.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgado-Orduz, E. (2007). *Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (Lean Construcción)*. (Informe de práctica empresarial). Universidad Industrial De Santander. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/124188.pdf>
- Díaz-Montecino, D. A. (2007). *Aplicación del sistema de planificación 'Last Planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura*. (Tesis de grado). Universidad de Chile, Santiago de Chile. Recuperado de: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/diaz\\_da/sources/diaz\\_da.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/diaz_da/sources/diaz_da.pdf)
- García-Díaz, O. A. (2012). *Aplicación de la Metodología Lean Construction en la Vivienda de Interés Social*. (Tesis de especialidad). Universidad Ean, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/2417/GarciaOswaldo2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Liveprojects Solutions. (2014). *Manual de Referencia de Usuario. Impera gestión y control de proyectos, versión desktop 2.3*. Santiago, Chile. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/geproimpera/documentos>.
- Ministerio del poder popular para la educación superior. (2011). Taller para la elaboración y control de manuales de normas y procedimientos. [Presentación digital]. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Venezuela. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/argenisr81/elaboracin-de-manuales-de-normas-y-procedimientos>
- Padilla, L. (2010). *Lean Manufacturing Manufactura Esbelta/Ágil*. *Revista Ingeniería Primero*. Recuperado de: <http://files.udesperosos.webnode.es/20000028-6743f683e7/manufactura%20esbelta%20toyota.pdf>

- Puigpelat-Barrado, P. (2012). *Desarrollo de una herramienta para la implantación de Lean Construction*. (Tesis de especialidad). Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, España. Recuperado de: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15641/Tesina%20P.%20Puigpelat%20Barrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez-Fernández, A. D., Alarcón-Cárdenas, L. F., Pellicer-Armiñana, E. (2011, febrero). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*. Recuperado de: <http://www.gepuc.cl/wp-content/uploads/2016/07/La%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Obra%20desde%20la%20Perspectiva%20del%20C3%9A%20Planificador%20-%20Rodr%C3%ADguez,%20Alarc%C3%B3n%20y%20Pellicer%20-%202011.pdf>
- Sabbatino-Barros, D. E. (2011). *Directrices y Recomendaciones para una buena Implementación del Sistema Last Planner en Proyectos de Edificación en Chile*. (tesis de grado). Recuperado de: <http://www.gepuc.cl/wp-content/uploads/2016/07/Directrices%20y%20Recomendaciones%20para%20una%20buena%20Implementaci%C3%B3n%20del%20Sistema%20Last%20Planner%20en%20Proyectos%20de%20Edificaci%C3%B3n%20en%20Chile%20-%20Sabbatino%20&%20Alarcon%20-%202011.pdf>
- Sanchis-Mestre, I. (2013). *Last Planner System Un Caso de Estudio*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Recuperado de: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29693/LPS%20Un%20Caso%20de%20estudio\\_%20Sanchis%20Mestre%20Inmaculada.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29693/LPS%20Un%20Caso%20de%20estudio_%20Sanchis%20Mestre%20Inmaculada.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Secretaría de relaciones exteriores. (2004). *Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos*. Gobierno de México. DF, México. Recuperado de: [http://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia\\_elab\\_manu\\_proc.pdf](http://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia_elab_manu_proc.pdf)
- Software for Innovation in Construction Management. (s.f). *Senda Matrix User Manual*. Recuperado de: <http://goo.gl/a7G3L3>
- Ulibarri-Penús, E. (2007). *Conozcamos el sistema financiero nacional para la vivienda*. Fundación Promotora de Vivienda. San José, Costa Rica. Recuperado de: [http://www.fuprovi.org/files/content/Publicaciones/Conozcamos\\_el\\_SFNV.pdf](http://www.fuprovi.org/files/content/Publicaciones/Conozcamos_el_SFNV.pdf)
- Valencia-Vanegas, S. P. (2013). *La filosofía LEAN aplicada en la Gerencia de proyectos*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de: [http://www.elmayorportaldegerencia.com/Documentos/Gerencia%20de%20Proyectos/\[PD\]%20Documentos%20-%20La%20filosofia%20LEAN%20aplicada%20a%20la%20Gerencia%20de%20Proyectos.pdf](http://www.elmayorportaldegerencia.com/Documentos/Gerencia%20de%20Proyectos/[PD]%20Documentos%20-%20La%20filosofia%20LEAN%20aplicada%20a%20la%20Gerencia%20de%20Proyectos.pdf)