

**Guía para proyectos de vivienda basada en Last Planner System para el mejoramiento de  
la secuencia del flujo de trabajo**

**Jorge Fabián Bermúdez Camacho y Roberth Leonardo Bermúdez Camacho**

**Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos**

**Director**

**Luis Carlos Tiria Sandoval**

**Magíster en Gestión y Evaluación de Proyectos de Inversión**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos**

**2023**

**Dedicatoria**

Nuestra dedicación principal y profunda es a nuestra familia por su invaluable apoyo durante todo este proceso de aprendizaje en la Academia.

### **Agradecimientos**

Reconocimientos sinceros a nuestro Profesor asesor de trabajo de grado Luis Carlos Tiria por su acompañamiento permanente durante este proceso educativo que nos deja marcado la enseñanza de trabajo en equipo.

## Contenido

Introducción .....	13
1. Guía para proyectos de vivienda basada en Last Planner System para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo.....	15
1.1 Planteamiento del problema/caso de negocio.....	15
1.2 Objetivos .....	17
1.2.1 Objetivo general .....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
2. Marco referencial .....	17
2.1 Marco conceptual .....	18
2.2 Estado del arte .....	20
3. Áreas de conocimiento .....	26
3.1 Gestión de la integración del proyecto .....	26
3.1.1 Acta de constitución del proyecto .....	27
3.2 Gestión del alcance del proyecto.....	34
3.2.1 EDT – Esquema de Desglose de Trabajo.....	34
3.2.2 Diccionario EDT .....	35
3.3 Gestión del cronograma del proyecto.....	39
3.4 Gestión de los costos del proyecto .....	40
3.5 Gestión de la calidad del proyecto.....	42
3.6 Gestión de los recursos del proyecto.....	44
3.7 Gestión de las comunicaciones del proyecto.....	45
3.8 Gestión de los riesgos del proyecto .....	46

LAST PLANNER SYSTEM PARA EL MEJORAMIENTO DE VIVIENDA	5
3.9 Gestión de las adquisiciones del proyecto.....	47
3.10 Gestión de los interesados del proyecto.....	48
4. Resultados.....	51
5. Discusión.....	53
6. Conclusiones.....	53
Referencias.....	56
Apéndices.....	63

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>El recurso humano para desarrollar el presente proyecto</i> .....	29
<b>Tabla 2.</b> <i>Los interesados / involucrados del proyecto</i> .....	29
<b>Tabla 3.</b> <i>Requisitos conocidos de los interesados</i> .....	30
<b>Tabla 4.</b> <i>Entregables propuestos para el presente proyecto</i> .....	31
<b>Tabla 5.</b> <i>Diccionario EDT. Entrega de guía para proyectos de vivienda</i> .....	35
<b>Tabla 6.</b> <i>Diccionario EDT. Caracterización de la herramienta last planner system</i> .....	36
<b>Tabla 7.</b> <i>Diccionario EDT. Descripción de procesos de planeación tradicional y LPS</i> .....	37
<b>Tabla 8.</b> <i>Diccionario EDT. Categorización de los tipos de perdida</i> .....	38
<b>Tabla 9.</b> <i>Diccionario EDT. Estructuración de la guía LPS</i> .....	38
<b>Tabla 10.</b> <i>Cronograma del proyecto</i> .....	39
<b>Tabla 11.</b> <i>Costos del proyecto</i> .....	40
<b>Tabla 12.</b> <i>Gestión de los recursos del Proyecto</i> .....	44
<b>Tabla 13.</b> <i>Gestión de los interesados del proyecto</i> .....	49

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>EDT – Estructura de Desglose de Trabajo</i> .....	34
<b>Figura 2.</b> <i>Flujograma de gestión de calidad interno</i> .....	43
<b>Figura 3.</b> <i>Roles y responsabilidades de Calidad</i> .....	43
<b>Figura 4.</b> <i>Gestión de las comunicaciones del proyecto</i> .....	46
<b>Figura 5.</b> <i>Gestión de los riesgos del proyecto</i> .....	47

**Lista de apéndices**

**Apéndice A.** *Guía para proyectos de vivienda basada en Last Planner System LPS para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo.* ..... 63

### **Resumen**

El presente trabajo está enfocado en solucionar un problema evidente en el sector de la construcción que es la baja productividad debido a la falta de continuidad en el flujo de trabajo que agrega valor al proyecto, situaciones que generan demoras en las entregas e incertidumbre en los costos del proyecto. Por ello, se ve una situación de mejora y a través del presente trabajo se desarrolle una solución, que plantea como objetivo general “Formular una Guía para Gerentes de Proyectos de vivienda basada en Last Planner System a través del marco de gestión de trabajo PMBOK sexta edición aplicado en la etapa de ejecución de sus obras civiles para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo que agregue valor al proyecto”. El método planteado es cualitativo, en el cual permitió obtener como resultado principal la entrega de la Guía Last Planner System para proyectos de vivienda, basado en la literatura teórica y práctica existente, y que durante su ejecución se plantearon discusiones orientadas a que efectivamente la herramienta Last Planner System funciona, pero requiere un trabajo colaborativo con todos los participantes, y la guía entregada permite al interesado, tener información valiosa para su implementación y uso en cada uno de sus proyectos.

*Palabras clave:* Last Planner System, LPS, PMBOK, área de conocimiento, proyecto de vivienda

### **Abstract**

This work is focused on solving an obvious *problem* in the construction sector, which is low productivity due to the lack of continuity in the work flow that adds value to the project, situations that generate delays in deliveries and uncertainty in costs. of the project. Therefore, a situation of improvement is seen and through this work a solution is developed, which proposes as a general *objective* "Formulate a Guide for Housing Project Managers based on Last Planner System through the PMBOK work management framework sixth edition applied in the execution stage of its civil works to improve the workflow sequence that adds value to the project." The proposed *method* is qualitative, in which the main *result* was the delivery of the Last Planner System Guide for housing projects, based on the existing theoretical and practical literature, and during its execution *discussions* were raised aimed at effectively making the tool Last Planner System works, but it requires collaborative work with all participants, and the guide provided allows the interested party to have valuable information for its implementation and use in each of their projects.

*Keywords:* Last Planner System, LPS, PMBOK, knowledge area, housing project

### Glosario

*Last Planner System:* es una herramienta útil para la realización de proyectos con un flujo de trabajo constante y resultados confiables (Botero, 2021).

*Flujo de trabajo:* secuencia de tareas y procesos encaminados al logro de un objetivo, es decir son todos aquellos pasos que debe realizar el equipo de trabajo (Ballard, 1994).

*Planeación de la obra:* es la fase del proyecto donde se administra y prepara todos los elementos necesarios para realizar las actividades explícitas de la obra, sean elementos como recursos humanos, tecnológicos o financieros, todos estos reunidos en un mismo sitio, en un mismo lugar (Ballard, 1997).

*Proyecto de vivienda unifamiliar:* es la planeación y ejecución de un modelo de casa realizada para una sola familia. Esta clase de construcción se realiza con el propósito de facilitar un lugar habitable que cumpla con los requerimientos del usuario (Ballard y Howell, 1998).

*Costos:* es el gasto económico de la producción realizado en el proyecto para obtener recursos tales como la mano de obra, materias primas y elementos tecnológicos (Koskela, 1999).

*Gerente de Proyecto:* es la parte responsable de la dirección del proyecto, se encarga de coordinar los equipos de trabajo con las tareas correspondientes, y se caracteriza por el rol de liderazgo (Ballard, 2000).

*Pérdidas:* son todas aquellas actividades o procesos que no aportan valor pero que consumen recursos tecnológicos, materia prima y personal, lo cual produce un aumento en los costos de producción (Koskela y Howell, 2002).

*Restricciones:* son los obstáculos, barreras de entrada o retos de adopción presentes en la implementación y uso de la herramienta Last Planner System (Ballard y Howell, 2003).

*Valor:* son las mejoras realizadas al producto final a través de factores productivos como son la mano de obra y tecnología. Dichas mejoras se evidencian en el precio adicional que obtiene el producto en el mercado (Panagiotis, 2005).

*Construcción:* es aquel sector que une las materias primas con los servicios de infraestructura para la fabricación de obras, tales como los proyectos de vivienda (Macomber, et ál., 2005, p.1).

## Introducción

Hay que reconocer, la construcción en Colombia es un sector muy importante en la economía del país. En el cuarto trimestre del 2022, el PIB a precios constantes aumentó 2,9% con relación al mismo trimestre de 2021, también en el segundo trimestre del 2022, el valor agregado del sector construcción disminuyó el 1,9% con respecto al mismo trimestre del 2021, debido a la reducción del valor agregado de las obras civiles (-12,8%), la disminución del valor agregado de actividades especializadas (1,1%) y el aumento del valor agregado de las edificaciones (4,0%). También, al comparar el segundo trimestre del 2022 con respecto al mismo trimestre del 2021, México obtuvo el mayor crecimiento del PIB en los países de América latina con el 3,6%, seguido de Colombia y Perú con un 2,9% y 1,7% respectivamente. Cabe resaltar que el valor agregado de la construcción en Colombia presenta un decrecimiento de 1,9% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023a).

Pero, desde 1995, la productividad del sector constructor ha quedado rezagada con respecto a la economía a nivel mundial, y en Colombia desde 1995 al 2015 la productividad del sector constructor además de quedar rezagada se contrajo si la comparamos con la productividad de sus pares internacionales. Hablando de cifras, durante el periodo de 1995 al 2015, la tasa de crecimiento de la productividad en la construcción a nivel global fue de apenas el 1%, mientras que la economía general fue de 2,7% y el sector manufacturero fue de 3,5%, donde justifican la baja productividad por razones externas (política sectorial), razones de la dinámica cíclica del sector, y razones internas de las empresas (Camacol, 2022).

Sin embargo, teniendo en cuenta que el sector de la construcción en Colombia es importante, es evidente que hay dificultades como son: baja productividad, pobre calidad, altos índices de accidentalidad, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, etc. (Hoyos,

2018). De allí, nace la necesidad de indagar, buscar y profundizar técnicas y herramientas que permitan solucionar los problemas enunciados.

Por ende, se ha querido tomar como base el modelo Lean Construction (construcción sin pérdidas), y aplicar sus principios de estabilidad de flujo de trabajo, con la herramienta de planificación y control Last Planner System LPS (Sistema último planificador), diseñada por Ballard y Howell, en la que plantea la necesidad de realizar una buena gestión en los flujos de trabajo y en las transformaciones en el sistema de producción para agregar valor a los proyectos (Botero, 2021).

Es importante acotar, que dentro de las herramientas LEAN, LPS es la más utilizada, pero no todas las organizaciones siguen los lineamientos que sus autores han propuesto; es decir hay diferencias con respecto al marco teórico original, bien sea por adaptarse al ritmo y necesidades de trabajo en Colombia, por omisiones o falta de conocimiento (Hoyos, 2018).

Por lo anterior, es necesario crear una guía LPS que sirva de soporte a las empresas del sector de la construcción de vivienda, que permita su correcta implementación y uso.

El presente trabajo inicia con el capítulo 1, que contiene los aspectos contextuales que define el planteamiento del problema, objetivo general y objetivos específicos; luego sigue el capítulo 2 y presenta el marco referencial, e indica el marco conceptual y estado del arte de LPS; en el capítulo 3 muestra la gestión de las 10 áreas de conocimiento de PMBOK del proyecto; el capítulo 4 abarca los resultados del proyecto que es la Guía Last Planner System; en el capítulo 5 ilustra las discusiones; como último en el capítulo 6 se establecen las conclusiones.

## **1. Guía para proyectos de vivienda basada en Last Planner System para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo**

El presente proyecto tiene como finalidad formular una guía para Gerentes de Proyectos basada en la Herramienta Last Planner System creada por Ballard y Howell, enfocada a proyectos de construcción de vivienda, dada la necesidad de tener una herramienta que permita mejorar la confiabilidad en los flujos de trabajo de los procesos constructivos que agreguen valor. Además, con esta herramienta se pretende mejorar los tiempos y presupuesto, pues al garantizar trabajos de manera constante, los tiempos de ejecución y costos se van a ver reducidos.

### **1.1 Planteamiento del problema/caso de negocio**

Actualmente la problemática que afecta al empresario de la construcción con respecto a la ineficiencia de la secuencia del flujo de trabajo que agrega valor al proyecto es preocupante, situación causante de incertidumbre de los costos, bajo margen de utilidad y retraso en los tiempos de entrega del proyecto. Dicha problemática es originada principalmente por los reprocesos causados por falta de planeación y coordinación, ausencia de buenas prácticas y el desconocimiento de tecnología de punta en actividades críticas, todo lo anterior es evidenciado en trabajos fragmentados e ineficiencia en los procesos constructivos (Carrillo, 2022).

Además, los tiempos de entrega de los proyectos de vivienda se alargan debido a errores constructivos, diseños deficientes, tiempo y clima, falta de experiencia del trabajador a cargo, la falta de comunicación entre las partes, falta de planeación con respecto a los materiales y trabajadores (Rudeli, et ál., 2018, p.1).

En línea con lo anterior, se indica que Colombia se encuentra por debajo del promedio en la implementación de mejores prácticas, con un resultado del 61%, lo que resulta en una diferencia

del 6% respecto a otros países latinos que registraron un 67%. Sin embargo, esta diferencia se hace más notable cuando se tiene en cuenta la tecnología, ya que el rango internacional está en 48% y el de Colombia alcanza apenas 14%; los anteriores datos demuestran que se presentan procesos ineficientes en proyectos de construcción de vivienda afectando el margen de utilidad (Camacol, 2018).

Por otro lado, el desempeño del sector de la construcción en Colombia tiene ciertos aspectos conocidos como deficiente planeación, inconvenientes con los estándares de calidad, falta de cumplimiento en los plazos de entrega, elevados índices de inseguridad laboral y sobre costos de ejecución; todo esto son aspectos que dan como resultado en la radiografía de la gestión de los proyectos de construcción en Colombia (Botero, 2004).

Por último, todas estas observaciones se relacionan también con que, en enero de 2023, la variación mensual del Índice de Costos de la Construcción de Edificaciones -ICOCED fue de 4,87%, en comparación con diciembre de 2022. El ICOCED es producto del rediseño del Indicador de Costos de la Construcción de Vivienda -ICCV desarrollado durante el 2021. Las edificaciones no residenciales están por encima del promedio nacional (5,02%), mientras que las edificaciones residenciales están por debajo del promedio nacional (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023b).

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo general***

Formular una guía para gerentes de proyectos de vivienda basada en Last Planner System a través del marco de gestión de trabajo PMBOK aplicado en la etapa de ejecución de sus obras civiles para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo que agregue valor al proyecto.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Caracterizar los factores asociados a las restricciones en la implementación y uso de la herramienta Last Planner System en proyectos de vivienda requeridos para la elaboración de la guía.
- Identificar los tipos de pérdidas durante la ejecución de proyectos de vivienda para la optimización y desarrollo de la secuencia del flujo de trabajo en la generación de valor del proyecto.
- Ejecutar el proyecto basado en el marco de trabajo PMBOK para la entrega de la guía Last Planner System aplicada en proyectos de vivienda en la etapa constructiva.

## **2. Marco referencial**

Para la investigación de la guía de proyectos de vivienda basada en Last Planner System para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo, es importante buscar una descripción que sea sensata a la realidad, enfocada a desarrollar el presente proyecto. Por lo anterior, a continuación, se incluye una consulta de antecedentes fundada en artículos científicos, tesis de maestría, informes gubernamentales a distinto nivel que generen una perspectiva clara y amplia

para llevar a cabo la formulación de la guía. Todo esto, con el fin de obtener resultados que se encuentren ajustados a la realidad y sean pertinentes para aportar valor agregado al proyecto.

## **2.1 Marco conceptual**

Para la elaboración de este proyecto, se tomó como base el marco de trabajo planteado por el PMBOK sexta edición en cuanto a integración, alcance, costos, cronograma, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados del proyecto. Lo anterior con el fin de usar las buenas prácticas aplicando las destrezas, herramientas, conocimientos y experiencias adquiridas, y así evitar demoras, o incluso el no cumplir con los objetivos propuestos inicialmente.

De acuerdo con lo anterior, el presente proyecto pretende desarrollar una guía para gerentes de proyectos a través de la herramienta LPS, teniendo en cuenta que hay evidencia suficiente que indica las falencias en la Dirección de Proyectos del sector constructor, como son la baja productividad e incumplimiento en los cronogramas y presupuestos.

Además, es necesario tener en cuenta los conceptos y definiciones que se van a usar en el presente proyecto. La gran mayoría de los conceptos, fueron obtenidos del marco de trabajo PMBOK sexta edición.

*Proyecto:* es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (Project Management Institute, 2017).

*Programa:* es un grupo de proyectos relacionados, programas secundarios y actividades de programas, cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrían si se gestionaran de forma individual (Project Management Institute, 2017).

*Portafolio:* es una colección de proyectos, programas, portafolios secundarios y operaciones gestionados como un grupo para alcanzar objetivos estratégicos (Project Management Institute, 2017).

*Director de Proyecto:* es la persona asignada por la organización ejecutora para liderar al equipo responsable de alcanzar los objetivos del proyecto (Project Management Institute, 2017).

*Dirección de proyectos:* aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto (Project Management Institute, 2017).

*Proceso:* serie sistemática de actividades dirigidas a producir un resultado final de forma tal que se actuará sobre uno o más entradas para crear una o más salidas (Project Management Institute, 2017).

*Producto:* objeto producido, cuantificable y que puede ser un elemento terminado o un componente. Otras palabras para hacer referencia a los productos son materiales y bienes (Project Management Institute, 2017).

*Ciclo de vida del proyecto:* serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión (Project Management Institute, 2017).

*Alcance del proyecto:* trabajo realizado para entregar un producto, servicio o resultado con las funciones y características especificadas (Project Management Institute, 2017).

*Estructura de desglose de trabajo:* descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos (Project Management Institute, 2017).

*Interesado / Stakeholder:* individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado o percibirse a sí mismo como afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto, programa o portafolio (Project Management Institute, 2017).

*Área de conocimiento:* área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de sus procesos, prácticas, datos iniciales, resultados, herramientas y técnicas que los componen (Project Management Institute, 2017).

*Planificación general:* es el nivel con mayor jerarquía de la herramienta LPS, en este nivel se evidencian los roles de los colaboradores, las dependencias, fechas importantes del proyecto; el tiempo de este nivel corresponde desde el inicio hasta el final del proyecto (Botero, 2021).

*Planificación intermedia o Lookahead:* es el nivel medio de la jerarquía de LPS, este nivel sirve de puente entre los resultados esperados del proyecto y la programación semanal; permite analizar las restricciones con anticipación para mitigarlas de las actividades, también asegura la cantidad de actividades realizables durante un lapso de una semana (Botero, 2021).

*Planificación semanal:* es el último nivel de la jerarquía de LPS, donde se realiza un trabajo colaborativo con todos los colaboradores, tanto los que realizan las actividades, como los que la supervisan, con el propósito de realizar una planeación específica y detallada de todas las actividades que permita disminuir las posibles novedades y fallas en el proceso (Botero, 2021).

## **2.2 Estado del arte**

Teniendo en cuenta el trabajo de Silva (2008) en donde se realizó la investigación que tenía como eje central crear una metodología o guía para formular proyectos en la Unidad de Proyectos Especiales de Modernización de Aeropuertos y Gestión de Tránsito Aéreo (MAGTA) del INAC

basado en el marco de trabajo PMBOK, para lo anterior se realizó un prototipo descriptivo de base documental. La población muestra seleccionada está compuesta por 10 gerentes de proyecto de distintas dependencias de la mencionada unidad, la muestra es de carácter censal; para la recolección de información se tomó con instrumento la observación directa y encuesta; como conclusión el autor formula una guía para la gestión de proyectos de modernización de aeropuertos direccionados por MAGTA con el marco de trabajo PMBOK que sea de referente para proyectos que sean de la misma naturaleza.

También, Salazar (2016) realizó un trabajo investigativo en el municipio de Monsefú, Chiclayo, Perú, que trata de sobre la formulación de una guía para la gestión de proyectos elaborado en el marco de trabajo PMBOK teniendo en cuenta la necesidad de ser eficiente en la gestión de los proyectos a través de la elaboración de una guía de paso a paso en buenas prácticas, con el propósito de poder dar un mejor manejo a los recursos de los proyectos y así ser más competitivos, mitigando fallas y proponiendo una comunicación proactiva de todos los colaboradores; se procedió a analizar los resultados de los procesos identificados y los beneficios ofrecidos por la implementación correcta.

De acuerdo con el trabajo realizado por Lagos, et ál., (2017) el cual tuvo como objetivo determinar cuáles son las mejoras potenciales apoyándose en las tecnologías de información, mediante un análisis de correlación que permite verificar que componentes del sistema Last Planner System pueden ser ayudados por el uso de las TICS. El resultado de dicha investigación indica que los proyectos complementados con el uso de tecnologías de información tuvieron una mejora a nivel general de implementación, especialmente en la planificación, control y eliminación de restricciones.

En otro caso realizado por Samad, et ál., (2017) se estudió una gran variedad de métricas pertinentes y complementarias con el ánimo de fortalecer el rendimiento del flujo de trabajo, además la propuesta de nuevas métricas que permitan que la herramienta Last Planner System tenga mayor utilidad en la evaluación del rendimiento del flujo de trabajo semanal (p.1).

Por otra parte, Ferrer (2018) analizó que en el sector de la fabricación de productos impresos se presentan unas circunstancias adversas que son motivo para realizar mejoras en cada uno de los procesos que hacen parte de las organizaciones señaladas en este sector, todo esto con el ánimo de ser eficientes en los recursos necesarios; es por lo anterior que ese proyecto tiene la finalidad de definir una guía metodológica de gestión de proyectos basado en PMBOK V6 para el departamento de mantenimiento de producción de El Tiempo Casa Editorial, analizando como primer punto la metodología actual para realizar posibles mejoras en los procesos y áreas de conocimiento de la guía PMBOK V6. Como conclusión se realizaron dos formatos, una guía y formularios adaptados a las necesidades particulares que tiene la alta gerencia de la organización.

Entre tanto, una investigación realizada por Salazar, et ál., (2018) en un grupo de estudiantes donde se analizó y midió la confiabilidad y relevancia de los compromisos pactados en reuniones a través de la simulación Villego, fueron validados para dar un mejor manejo a los compromisos pactados; esta investigación nace de la necesidad de estudiar con mayor detenimiento las conversaciones de las reuniones de planificación. Lo anterior permite que la herramienta Last Planner System obtenga mejoras a partir de los resultados (p.1).

A su vez, un trabajo de investigación en Colombia realizado por Hoyos (2018) se dedicó a diagnosticar el grado de implementación de la herramienta LPS y construir un manual de buenas prácticas; para ello, indagaron en 16 constructoras colombianas con mercados variables, en diferentes departamentos del país y el exterior que implementan LPS durante al menos 2 años,

donde obtuvieron información a través de la observación y entrevistas directas con el personal encargado de la herramienta LPS como son los profesionales de obra, subcontratistas, maestros de obra y personal operativo. A partir de la información recopilada en la investigación, determinaron la falta de cultura para el manejo de LPS en todo el personal involucrado donde es más evidente en los maestros de obra, subcontratistas y demás personal operativo.

Por otra parte, en una investigación realizada en Chile por Salazar, et ál., (2019) se argumenta la pertinencia de la herramienta Last Planner System en el control de tareas de un proyecto, sin embargo la falta de promesas confiables en la planeación de las tareas semanales es una debilidad de esta misma, por lo tanto se analizan los indicadores de la perspectiva de acción lingüística como una alternativa para mitigar la inseguridad del cumplimiento de los procesos importantes de los proyectos; el presente trabajo se hizo mediante el análisis de casos de estudio en proyectos de construcción que utilizan la herramienta Last Planner System (p.1).

Por otro lado, en Chile, Lagos y Alarcón (2020) tomaron como muestra 25 proyectos de construcción para estudiar la importancia de indicadores basados en información real del plan de porcentaje completo (PPC), razones de no cumplimiento (RNC) y tiempo de desviación, para lo cual se dividieron en dos grupos los proyectos para realizar una comparación de los dos indicadores encontrando como resultado que los proyectos de éxito tienen menor fluctuación en el PPC y RNC; estos indicadores le permiten al gerente del proyecto tener una visión clara y temprana del flujo de trabajo del proyecto (p.1).

Así mismo, es de mencionar que una investigación realizada por Poudel, et ál., (2020) donde se analizó una comparación sobre Scrum y Last Planner System, todos estos términos relacionados con el sector de la construcción; para la comparación se tuvo en cuenta 8 categorías dando como resultado que distintas aplicaciones de Scrum ya se encuentran en LPS, sin embargo,

se destacan 4 aspectos relevantes del marco de trabajo Scrum que pueden ser adaptados en la herramienta LPS en aras de contribuir a la mejora aplicable en entornos académicos e industriales (p.1).

De igual manera existe otro trabajo investigativo realizado por Aslam, et ál., (2020) donde se evidencia la herramienta Last Planner System como una alternativa eficiente para tener un flujo de trabajo óptimo dentro del proyecto constructivo, el historial indica mejoras de esta herramienta los últimos 25 años, sin embargo, los gerentes de proyecto no han podido desarrollar todo su potencial, esto se ve reflejado en que solamente se logra el 70% de las tareas semanales programadas. Este bajo rendimiento se da debido a que la herramienta se implementa de manera aislada, no se involucran todas las partes interesadas, generando una desincronización de las tareas; en este trabajo se identificaron 13 falencias en la puesta en marcha de la herramienta LPS y así mismo 16 propuestas de herramientas Lean para mitigarlas. Con la integración de estas herramientas Lean se pretende que la implementación de LPS en el sector de la construcción sea pertinente, practica y fácil de utilizar (p.1).

Hay que mencionar, que en otra investigación realizada por Lagos y Alarcón (2021), se indica que la herramienta Last Planner System se le da manejo principalmente en fases cortas del trabajo centrándose en los compromisos y razones de incumplimiento; para dichas razones se tiene la opción de categorizar mediante el nivel de impacto que se tiene en el flujo de trabajo de las tareas programadas para el proyecto; teniendo en cuenta lo anterior, el propósito principal fue determinar las categorías de las razones de incumplimiento más frecuentes con la información de campo de 25 proyectos de edificios de gran altura y 25 de construcción industrial donde se identificaron 22.36 RNC para dividir en tres categorías: tipo, fuente y partido; en conclusión, se detectaron diferencias de los compromisos con lo real ejecutado. Los resultados indican que dos

de tres RNC se pueden maniobrar con la gestión del contratista responsable y con la articulación entre cliente – subcontratista, y se puede prevenir un 90% de estas razones (p.1).

Siguiendo el tema de discusión, se enuncia un caso de estudio realizado por Ayala (2021) en Colombia en un proyecto del departamento de Córdoba, donde presentan los desafíos para implementar la herramienta en el proyecto Amarula de uso residencial, identificando inicialmente los inconvenientes actuales del proyecto en cuanto a planeación y producción de obra, ya que no cuenta con una estructura organizacional definida donde se especifiquen los roles y responsabilidades de cada uno de los participantes del proyecto, luego recomiendan usar la herramienta LPS para llevar a cabo la planificación colaborativa del proyecto, involucrando a todas las personas que hacen parte del proceso constructivo.

Por otra parte, el autor Vásquez (2021) realizó un trabajo de investigación en donde se argumenta que la herramienta Last Planner System incentiva una mejor sinergia entre las partes interesadas para todos los procesos diarios, dicha sinergia genera como consecuencia que los compromisos tengan una relación equilibrada con los resultados esperados; cabe resaltar que el autor indica que la sinergia es soportada por las buenas relaciones personales, el respeto por el equipo de trabajo y buen lenguaje; este último con mayor importancia ya que a partir de él se identifica el patrón de conversación, medio de comunicación para que así la herramienta Last Planner System tenga en cuenta dentro de su alcance el valor compartido que tiene la comunicación proactiva; para todo lo anterior se estudiaron cuatro comités de obra del proyecto de construcción Centro Cívico de la Universidad de los Andes para identificar la comunicación asertiva y el medio de empalme con la herramienta LPS.

En línea con lo anterior, está el caso de estudio realizado por Lagos, et ál., (2022) en dos proyectos del país chileno, tuvo como fin evaluar los impactos en la implementación y uso en los

niveles de LPS. Los resultados fueron obtenidos de encuestas de 50 ítems a 10 involucrados de cada proyecto, la duración del estudio fue de 18 semanas. Los datos recolectados evidenciaron que el proyecto proactivo tuvo mejores resultados a largo plazo ya que actualizaron constantemente su plan según las necesidades del proyecto. También se determinó que el proyecto que involucro a su personal administrativo y operativo como los ingenieros, supervisores y últimos planificadores in situ, fue más eficiente (p.1).

Por último, el siguiente punto trata de una investigación que se realizó en Colombia por Diaz (2022) a dos empresas constructoras que implementan y usan LPS, en la cual inicialmente se revisaron las barreras y obstáculos en la literatura y en encuestas en el personal de las dos organizaciones colombianas. Finalmente, la investigación determinó la necesidad de preparar el ambiente con el personal con el fin de que exista una aceptación verdadera en la implementación y uso de LPS de acuerdo con la cultura social colombiana. También determino un marco general de Last Planner System 2.0 dando solución a los problemas encontrados en la investigación.

### **3. Áreas de conocimiento**

#### **3.1 Gestión de la integración del proyecto**

Acerca del área de integración según Project Management Institute (2017) es un espacio de información creado precisamente para agrupar todos los resultados esperados del resto de información del proyecto y está involucrada en todos los grupos del proceso, es decir que coordina las actividades de la dirección del proyecto. Los resultados esperados y mecanismos necesarios para lograrlos se plantean en el acta de constitución del proyecto, y asegura de gran manera cumplir

con las expectativas de los interesados y que los requisitos estén claros desde un inicio. Teniendo en cuenta lo anterior se realiza el acta de constitución del presente proyecto.

### ***3.1.1 Acta de constitución del proyecto***

Título: Guía para proyectos de vivienda basada en Last Planner System para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo.

Descripción del proyecto: El presente trabajo está enfocado en solucionar un problema evidente en el sector de la construcción que es la baja productividad debido a la falta de continuidad en el flujo de trabajo que agrega valor al proyecto, situaciones que generan demoras en las entregas e incertidumbre en los costos del proyecto. Por ello, se ve una situación de mejora y a través del presente trabajo, que plantea como objetivo general “formular una guía para gerentes de proyecto de vivienda basada en Last Planner System a través del marco de gestión de trabajo PMBOK aplicado en la etapa de ejecución de sus obras civiles para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo que agregue valor al proyecto”. El método planteado es cualitativo, y tiene como resultado principal elaborar una guía de implementación Last Planner System, herramienta que permite la definición de unidades de producción y control de flujo de actividades mediante asignaciones de trabajo, identificación de los problemas y oportunas soluciones relacionados con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo y así aumentar la productividad. Lo anterior permitió discutir la pertinencia de usar Last Planner System como mejora en los tiempos de entrega y ahorro de costos en los proyectos del sector de la construcción de vivienda, y afirmar su utilidad para ello, según literatura existente y casos de estudio.

Director del proyecto asignado y nivel de autoridad

Director del proyecto asignado: Roberth Leonardo Bermúdez / Jorge Fabian Bermúdez.

Nivel de Autoridad: Escogencia del equipo administrativo de trabajo. Libres contrataciones no mayores a 15 millones de pesos colombianos. Libre escogencia de información para cumplimiento de los objetivos del presente proyecto, sin embargo, la recomendación del tutor es usar literatura con 5 años de antigüedad. Creación del Alcance, cronograma y presupuesto, con previa aprobación por el representante de la Universidad Santo Tomás sede Bucaramanga.

Caso de negocio asignado: Actualmente la problemática que afecta al empresario de la construcción con respecto a la ineficiencia de la secuencia del flujo de trabajo que agrega valor al proyecto es preocupante, situación causante de incertidumbre de los costos, bajo margen de utilidad y retraso en los tiempos de entrega del proyecto (Diaz, 2021). Dicha problemática es originada principalmente por los reprocesos causados por falta de planeación y coordinación, ausencia de buenas prácticas y el desconocimiento de tecnología de punta en actividades críticas, todo lo anterior es evidenciado en trabajos fragmentados e ineficiencia en los procesos constructivos.

Por ende, se ha querido tomar como base el modelo Lean Construction (construcción sin pérdidas) y aplicar sus principios de estabilidad de flujo de trabajo, con la herramienta de planificación y control, Last Planner System LPS (Sistema último planificador) diseñada por Ballard y Howell, en la cual incluye la definición de unidades de producción y control de flujo de actividades mediante asignaciones de trabajo, identificación de los problemas y oportunas soluciones relacionados con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo y así aumentar la productividad (Botero y Alvarez, 2005, p.1).

Es importante acotar, que dentro de las herramientas LEAN, LPS es la más utilizada, pero no todas las organizaciones siguen los lineamientos que sus autores han propuesto; es decir hay

diferencias con respecto al marco teórico original, bien sea por adaptarse al ritmo y necesidades de trabajo en Colombia, por omisiones o falta de conocimiento (Hoyos, 2018).

Por lo anterior, es necesario crear una guía LPS que sirva de soporte a las empresas del sector de la construcción de vivienda que permita su correcta implementación y uso.

Recursos preasignados

El recurso humano para desarrollar el presente proyecto será el siguiente:

**Tabla 1.** *El recurso humano para desarrollar el presente proyecto*

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	TIEMPO (MES)	DEDICACIÓN	SUBTOTAL (MES)
1	Investigador – Administrador empresas	1	5	25%	1.5
2	Investigador – Ingeniero Civil	1	5	25%	1.5
3	Auxiliar administrativo	1	3	20%	0.8

Se contratarán los demás servicios requeridos.

Interesados del proyecto

Los interesados / involucrados del proyecto son los siguientes:

**Tabla 2.** *Los interesados / involucrados del proyecto*

ITEM	Interesados / involucrados	Nombre	Posición / rol
1	Creadores y directores del proyecto	Jorge Fabian Bermúdez Roberth Leonardo Bermúdez	Directores del proyecto / Estudiantes de Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos
2	Tutor de TFM	Luis Carlos Tiria	Tutor del Proyecto
3	Universidad Santo Tomás sede Bucaramanga	Comité evaluador	Propietario del proyecto

ITEM	Interesados / involucrados	Nombre	Posición / rol
4	Autores de literatura existente sobre el tema del proyecto	Literatura existente	Proveedor del proyecto
5	Gerentes de Proyectos	Varios	Proponentes de la herramienta LPS
6	Junta Directiva y/o Representantes Legales y/o Socios de la Organización	Varios	Alta Gerencia
7	Potenciales Clientes y/o Personas Naturales	Varios	Compradores de unidades de vivienda

Requisitos conocidos de los interesados

A continuación, se enuncian los requisitos conocidos de los interesados:

**Tabla 3.** *Requisitos conocidos de los interesados*

Nombre	Descripción	Orientación /requisito
Factores asociados a las restricciones en la implementación y uso de LPS	Cumplir con el requisito de recopilar información relacionada a todos los factores restrictivos que se pueden presentar al momento de implementar y usar la herramienta Last Planner System.	Producto final
Tipos de pérdidas durante la ejecución de proyectos de vivienda	Cumplir con el requisito de recopilar información relevante con respecto a los tipos de pérdidas presentes en la ejecución de proyectos de vivienda.	Producto final
Ejecución del TFM con el marco de trabajo PMBOK	Cumplir con el requisito de definir el marco de trabajo de Gestión del Proyecto, en la cual se escogió PMBOK para la presentación del Trabajo Final de Maestría.	Producto Final
Formulación Guía LPS	Cumplir con la entrega de la formulación de la guía Last Planner System para proyectos de vivienda.	Producto final

Descripción del producto/entregables

A continuación, se detallan los entregables propuestos para el presente proyecto:

**Tabla 4.** *Entregables propuestos para el presente proyecto*

Nombre	Descripción
Factores asociados a las restricciones	Caracterizar los factores asociados a las restricciones en la implementación y uso de la herramienta Last Planner System en proyectos de vivienda requeridos para la elaboración de la guía.
Literatura existente	Buscar literatura que se encuentra sobre los factores asociados a las restricciones en la implementación de Last Planner System.
Determinar los factores asociados a las restricciones	Recopilar y registrar todos los factores asociados a las restricciones.
Tipos de pérdidas	Identificar los tipos de pérdidas durante la ejecución de proyectos de vivienda para la optimización y desarrollo de la secuencia del flujo de trabajo en la generación de valor del proyecto.
Literatura existente	Buscar literatura existente que se encuentra sobre los tipos de pérdidas durante la ejecución de proyectos de vivienda.
Consolidación de información	Escoger y presentar la información relevante que sirva para ser usada en la formulación de la guía Last Planner System
Elaboración Guía	Ejecutar el proyecto basado en el marco de trabajo PMBOK 6 para la entrega de la guía Last Planner System aplicada en proyectos de vivienda en la etapa constructiva.
Literatura existente	Escoger la literatura existente recopilada anteriormente como insumo para la elaboración de la guía.
Entrega de la guía	Presentar y entregar la guía Last Planner System.

*Supuestos:* los recursos necesarios (personas, materiales, fondos) estarán disponibles cuando se necesiten. La asignación de recursos es posiblemente la parte más importante de la planificación y gestión de proyectos.

La infraestructura tecnológica necesaria estará disponible para cumplir los objetivos del proyecto. Es importante ser muy consciente de que la fiabilidad de cualquier recurso subcontratado podría verse afectada por la disponibilidad.

La ubicación en la que se realizará el trabajo y las condiciones ambientales estarán disponibles. El proyecto puede verse afectado negativamente si se confía en suposiciones incorrectas y cambia la ubicación proyectada.

Las proyecciones se suponen correctas ya que son un componente necesario de la planificación del proyecto. Las proyecciones de costos precisos son de vital importancia en la fase de presupuestación de un proyecto.

*Restricciones:* a continuación, se enuncian las restricciones del proyecto:

Poca o nula información existente sobre formulación de guía basada en herramienta Last Planner System en fase de ejecución de proyectos de vivienda.

Encontrar poca información sobre proyectos de extensión de casos de estudio exitosos sobre la disminución de pérdidas en proyectos de vivienda.

Demoras en el acompañamiento por parte del tutor designado por la Universidad Santo Tomás generando incumplimiento en el cronograma establecido.

*Objetivos medibles del proyecto*

*Objetivo general:* formular una guía para gerentes de proyectos de vivienda basada en Last Planner System a través del marco de gestión de trabajo PMBOK aplicado en la etapa de ejecución de sus obras civiles para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo que agregue valor al proyecto.

*Objetivos específicos:* caracterizar los factores asociados a las restricciones en la implementación y uso de la herramienta Last Planner System en proyectos de vivienda requeridos para la elaboración de la guía.

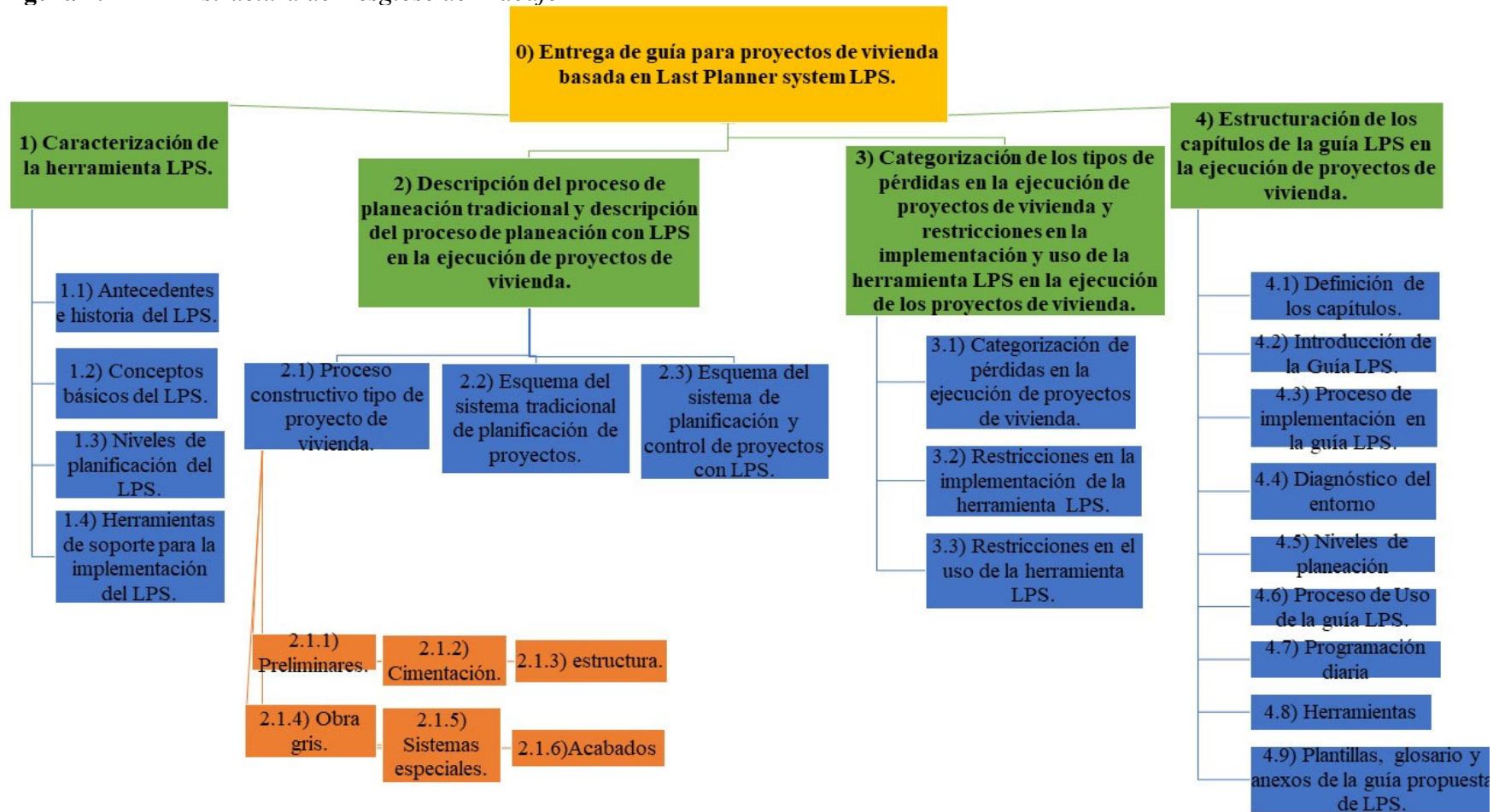
Identificar los tipos de pérdidas durante la ejecución de proyectos de vivienda para la optimización y desarrollo de la secuencia del flujo de trabajo en la generación de valor del proyecto.

Ejecutar el proyecto basado en el marco de trabajo PMBOK para la entrega de la guía Last Planner System aplicada en proyectos de vivienda en la etapa constructiva.

### 3.2 Gestión del alcance del proyecto

#### 3.2.1 EDT – Esquema de Desglose de Trabajo

Figura 1. EDT – Estructura de Desglose de Trabajo



Con respecto a la gestión del alcance se contextualiza por Project Management Institute (2017) que es definir todo lo que se requiere para completar el proyecto a satisfacción, y para ello, es importante identificar las características y especificaciones del proyecto y si este, es predictivo o adaptativo. Se debe formalizar el alcance y entregables del proyecto con el fin de que los interesados estén informados desde la planificación, además que se definan los parámetros de calidad de dichos entregables. En resumen, es importante que los requisitos de los interesados estén dentro del alcance del proyecto.

En la gestión del alcance, el director del proyecto y los investigadores, establecen y definen las metas del proyecto y se organizan a través de entregables en la estructura de desglose de trabajo EDT (ver figura 1) teniendo en cuenta los requisitos de los interesados y con esto claro se procede a realizar el diccionario de cada entregable (ver tablas de 5 - 9) para tener mayor claridad sobre el desglose de trabajo planteado. Las metas propuestas se evalúan de acuerdo con el nivel de calidad de la documentación entregada; en el caso de que la documentación no se entregue o no cumpla con el objetivo propuesto, es necesario corregir y dar cumplimiento final a la gestión del alcance.

### 3.2.2 *Diccionario EDT*

**Tabla 5.** *Diccionario EDT. Entrega de guía para proyectos de vivienda*

<b>ID # 0</b>	<b>Entrega de guía para proyectos de vivienda basada en LAST PLANNER SYSTEM LPS</b>	<b>Última actualización julio 2023</b>	<b>Responsable Roberth Bermúdez - Jorge Fabian Bermúdez</b>
Descripción: formular una guía para gerentes de proyectos de vivienda basada en last planner system para la secuencia del flujo de trabajo que agregue valor al proyecto en la etapa de ejecución a través del marco de gestión de trabajo PMBOK			

<b>ID # 0</b>	<b>Entrega de guía para proyectos de vivienda basada en LAST PLANNER SYSTEM LPS</b>	<b>Última actualización julio 2023</b>	<b>Responsable Roberth Bermúdez - Jorge Fabian Bermúdez</b>
Criterio de aceptación: La guía contiene información actualizada de los últimos 5 años.			
Entregables: Informe de guía versión editorial Last Planner System			
Supuestos: El cliente desea la publicación de la guía antes de la fecha final			
Recursos asignados 02 profesionales, ingeniero ambiental - administrador de empresas, ingeniero civil			
Duración 81 días.			
Hitos 20/OCT/2023 Entrega final del proyecto			
Costos: \$ 49.252.750			
Firma del director ROBERTH BERMÚDEZ - JORGE BERMÚDEZ			

**Tabla 6.** *Diccionario EDT. Caracterización de la herramienta last planner system*

<b>ID # 1</b>	<b>Caracterización de la herramienta LAST PLANNER SYSTEM</b>	<b>Última actualización julio 2023</b>	<b>Responsable Roberth Bermúdez - Jorge Fabian Bermúdez</b>
Descripción: Determinar las características que identifican la herramienta Last Planner System en la construcción de proyectos de vivienda.			
Criterio de aceptación: La guía contiene información actualizada de los últimos 5 años			
Entregables: Informe de caracterización de la implementación de Last Planner System			
Supuestos: Las características tienen naturaleza distinta.			
Recursos asignados 02 profesionales, ingeniero ambiental - administrador de empresas, ingeniero civil			

<b>ID #</b> 1	<b>Caracterización de la herramienta LAST PLANNER SYSTEM</b>	<b>Última actualización</b> julio 2023	<b>Responsable</b> Roberth Bermúdez - Jorge Fabian Bermúdez
Duración 16 días.			
Hitos 16/AGO/2023 Entrega final			
Costos: \$ 9.850.550			
Firma del director Roberth Bermúdez - Jorge Bermúdez			

**Tabla 7.** *Diccionario EDT. Descripción de procesos de planeación tradicional y LPS*

<b>ID #</b> 2	Descripción de procesos de planeación tradicional y LPS	Última actualización julio 2023	Responsable Roberth Bermúdez - Jorge Fabian Bermúdez
Descripción: Realizar la descripción del proceso de planeación tradicional y descripción del proceso de planeación con LPS.			
Criterio de aceptación: el trabajo final contiene información actualizada de los últimos 5 años			
Entregables: Informe de la descripción de procesos de planeación para la implementación de Last Planner System			
Supuestos: La información recolectada es escasa en Colombia			
Recursos asignados 02 profesionales, ingeniero ambiental - administrador de empresas, ingeniero civil			
Duración 12 días			
Hitos 28/AGO/2023 Entrega final			
Costos: \$ 4.925.275			
Firma del director Roberth Bermúdez - Jorge Bermúdez			

**Tabla 8.** *Diccionario EDT. Categorización de los tipos de perdida*

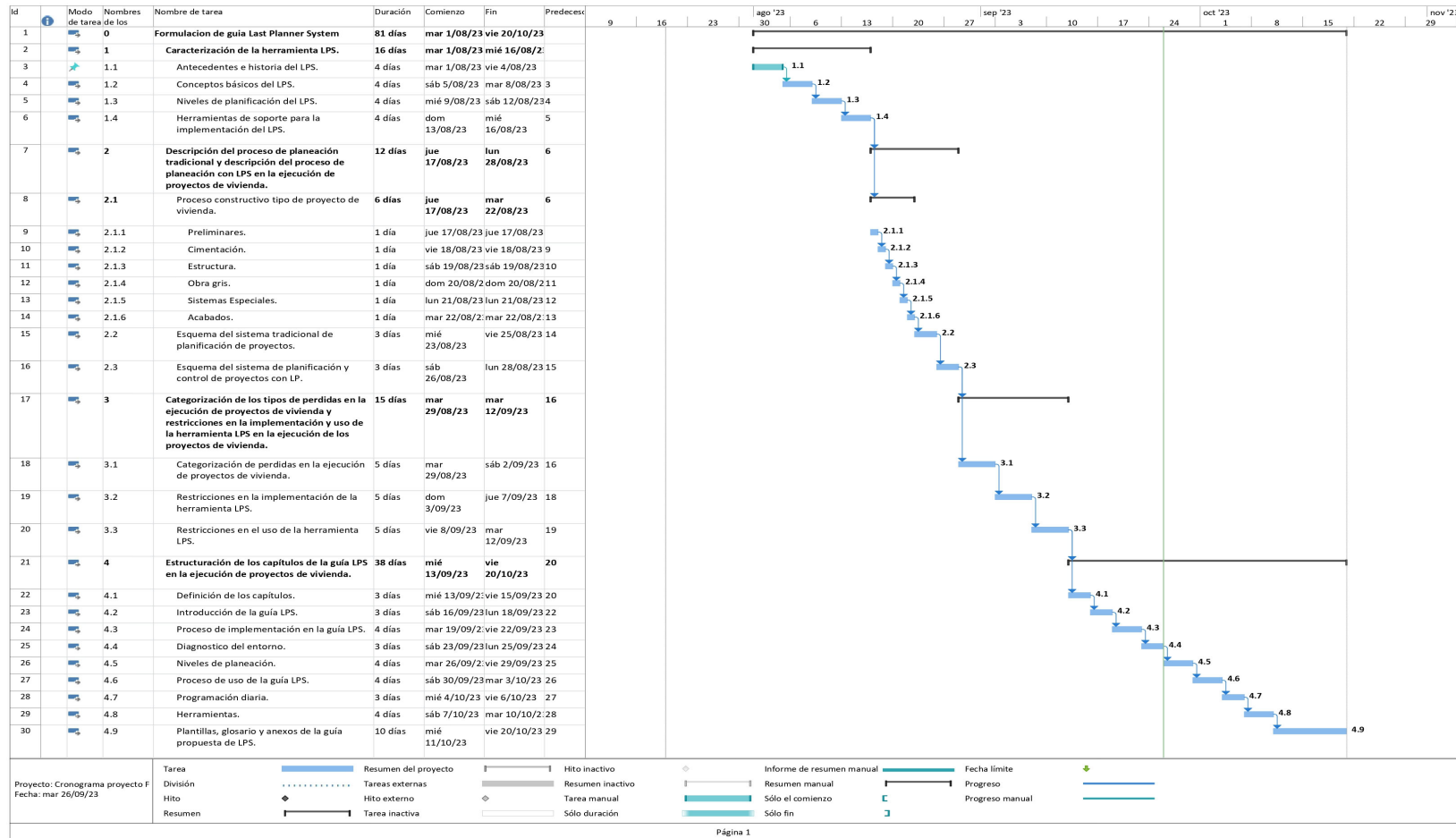
<b>ID #</b>	<b>Categorización de los tipos de pérdida y restricciones en implementación y uso de LPS</b>	<b>Última actualización julio 2023</b>	<b>Responsable Roberth Bermúdez - Jorge Fabian Bermúdez</b>
3			
Descripción: Realizar la categorización de los tipos de pérdidas en la ejecución de proyectos de vivienda y restricciones en la implementación y uso de la herramienta LPS en la ejecución de los proyectos de vivienda			
Criterio de aceptación: La guía contiene información actualizada de los últimos 5 años			
Entregables: Informe de tipo de pérdidas y restricciones sobre Last Planner System			
Supuestos: La literatura encontrada tiene limitaciones en Colombia			
Recursos asignados 02 profesionales, ingeniero ambiental - administrador de empresas, ingeniero civil			
Duración 15 días			
Hitos 12/SEP/2023 Entrega final			
Costos: \$ 9.850.550			
Firma del director ROBERTH BERMÚDEZ - JORGE BERMÚDEZ			

**Tabla 9.** *Diccionario EDT. Estructuración de la guía LPS*

<b>ID #</b>	<b>Estructuración de la guía LPS</b>	<b>Última actualización julio 2023</b>	<b>Responsable Roberth Bermúdez - Jorge Fabian Bermúdez</b>
4			
Descripción: Estructuración de los capítulos de la guía LPS en la ejecución de proyectos de vivienda			
Criterio de aceptación: La guía contiene información actualizada de los últimos 5 años			
Entregables: Plantilla de guía Last Planner System			
Supuestos: La literatura encontrada tiene limitaciones en Colombia			
Recursos asignados 02 profesionales, ingeniero ambiental - administrador de empresas, ingeniero civil			
Duración 38 días			
Hitos 20/OCT/2023 Entrega final			
Costos: \$ 24.626.375			
Firma del director ROBERTH BERMÚDEZ - JORGE BERMÚDEZ			

### 3.3 Gestión del cronograma del proyecto

Tabla 10. Cronograma del proyecto



El siguiente punto trata sobre la gestión del cronograma, que según Project Management Institute (2017) hace referencia a una de las principales restricciones que presenta el director de proyecto a la hora de dar el alcance total y costos requeridos. El Cronograma se entiende como el tiempo máximo total necesario para cumplir todas las actividades que dan cumplimiento al proyecto organizado mediante unos objetivos que tienen unos plazos de entrega y juntos forman el cronograma. La gestión del cronograma conlleva una planificación ya que se hace un estimado de duración para cada actividad necesaria, además el seguimiento y control cuando se esté realizando; dicho de otra forma, no es solo definir las tareas sino darles la secuencia ideal asegurando los recursos necesarios para cada actividad y así poder controlar el cronograma. En la tabla 10 anterior se explica a detalle el cronograma del presente proyecto.

### 3.4 Gestión de los costos del proyecto

En cuanto a la gestión de costos se tiene en cuenta lo analizado por Project Management Institute (2017), el cual la define como la identificación del presupuesto que se requiere para cumplir con los entregables del proyecto. Dentro de esto también se incluye su control y formas de financiamiento si se requiere. Además, indica la importancia de las decisiones que se tomen en cuanto a los costos por usar, mantener y soporte al resultado del proyecto, ya que esto incurre directamente en el presupuesto de este.

En ese orden de ideas, se enuncia el presupuesto para la entrega del proyecto a realizar:

**Tabla 11.** *Costos del proyecto*

ÍTEM	Descripción	Und	Cantidad	Vr unitario	Vr parcial
1	Caracterización de la herramienta LPS.				\$ 9,850,550
1.1	Antecedentes e historia del LPS.	mes	0.25	\$ 9,850,550	\$ 2,462,638
1.2	Conceptos básicos del LPS.	mes	0.25	\$ 9,850,550	\$ 2,462,638

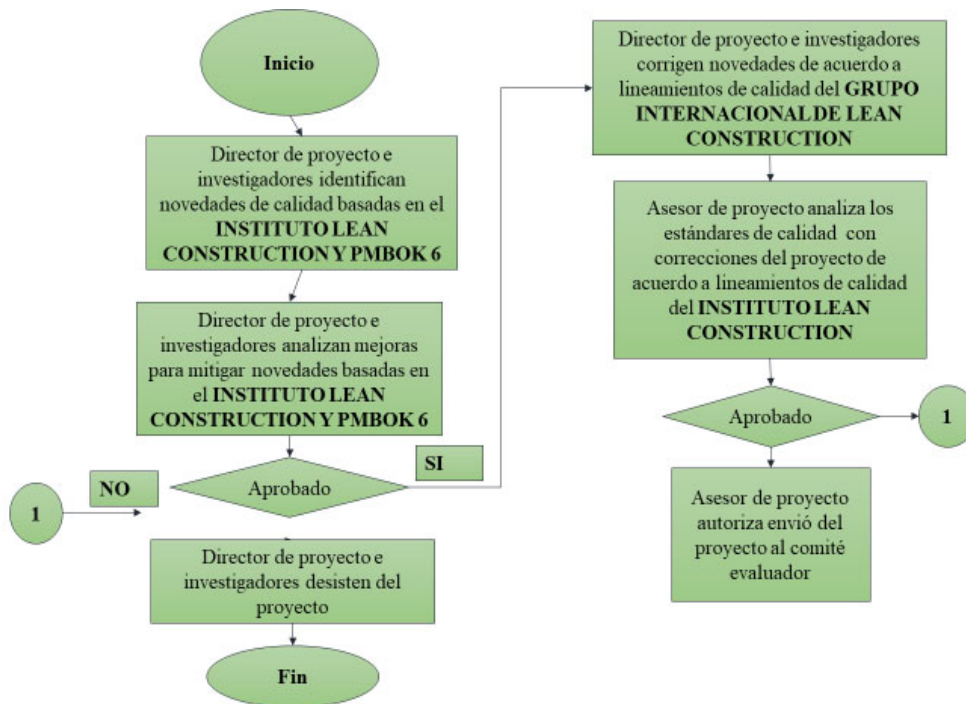
ÍTEM	Descripción	Und	Cantidad	Vr unitario	Vr parcial
1.3	Niveles de planificación del LPS.	mes	0.25	\$ 9,850,550	\$ 2,462,638
1.4	Herramientas de soporte para la implementación del LPS.	mes	0.25	\$ 9,850,550	\$ 2,462,638
2	Descripción del proceso de planeación tradicional y descripción del proceso de planeación con LPS en la ejecución de proyectos de vivienda.				\$ 4,925,275
2.1	Proceso constructivo tipo de proyecto de vivienda.	mes	0.2	\$ 9,850,550	\$ 1,970,110
2.1.1	Preliminares.	mes	0.03	\$ 9,850,550	\$ 295,517
2.1.2	Cimentación.	mes	0.03	\$ 9,850,550	\$ 295,517
2.1.3	Estructura.	mes	0.03	\$ 9,850,550	\$ 295,517
2.1.4	Obra gris.	mes	0.03	\$ 9,850,550	\$ 295,517
2.1.5	Sistemas especiales.	mes	0.05	\$ 9,850,550	\$ 492,528
2.1.6	Acabados.	mes	0.03	\$ 9,850,550	\$ 295,517
2.2	Esquema del sistema tradicional de planificación de proyectos.	mes	0.15	\$ 9,850,550	\$ 1,477,583
2.3	Esquema del sistema de planificación y control de proyectos con LPS.	mes	0.15	\$ 9,850,550	\$ 1,477,583
3	Categorización de los tipos de pérdidas en la ejecución de proyectos de vivienda y restricciones en la implementación y uso de la herramienta LPS en la ejecución de los proyectos de vivienda.				\$ 9,850,550
3.1	Categorización de las pérdidas en la ejecución de proyectos de vivienda.	mes	0.4	\$ 9,850,550	\$ 3,940,220
3.2	Restricciones en la implementación de la herramienta LPS.	mes	0.3	\$ 9,850,550	\$ 2,955,165
3.3	Restricciones en el uso de la herramienta LPS.	mes	0.3	\$ 9,850,550	\$ 2,955,165
4	Estructuración de los capítulos de la guía LPS en la ejecución de proyectos de vivienda.				\$ 24,626,375
4.1	Definición de los capítulos.	mes	0.2	\$ 9,850,550	\$ 1,970,110
4.2	Introducción de la guía LPS.	mes	0.2	\$ 9,850,550	\$ 1,970,110

ÍTEM	Descripción	Und	Cantidad	Vr unitario	Vr parcial
4.3	Proceso de implementación en la guía LPS.	mes	0.3	\$ 9,850,550	\$ 2,955,165
4.4	Diagnóstico del entorno.	mes	0.2	\$ 9,850,550	\$ 1,970,110
4.5	Niveles de planeación.	mes	0.3	\$ 9,850,550	\$ 2,955,165
4.6	Proceso de uso de la guía LPS.	mes	0.3	\$ 9,850,550	\$ 2,955,165
4.7	Programación diaria.	mes	0.2	\$ 9,850,550	\$ 1,970,110
4.8	Herramientas.	mes	0.2	\$ 9,850,550	\$ 1,970,110
4.9	Plantillas, glosario y anexos de la guía propuesta de LPS.	mes	0.6	\$ 9,850,550	\$ 5,910,330
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 49,252,750</b>

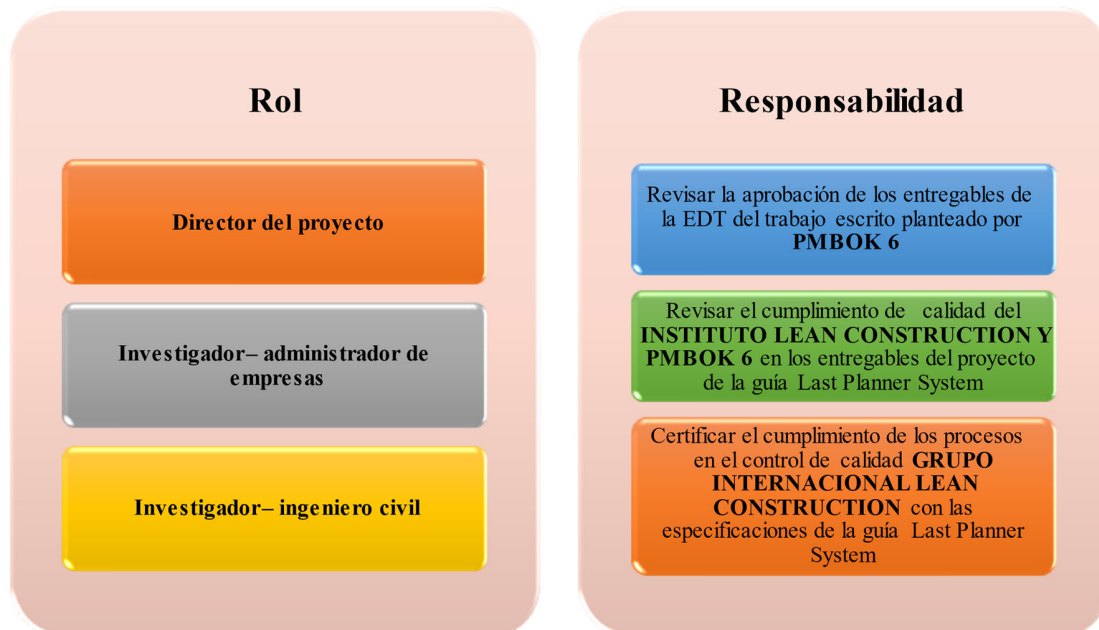
### 3.5 Gestión de la calidad del proyecto

En lo que toca al área de gestión de calidad, se puede afirmar por Project Management Institute (2017) que está encaminada a cumplir los requerimientos de elaboración de la guía Last Planner System mediante la incorporación de políticas y lineamientos de calidad en lo cual permita tener mayor control y gestión de los requisitos de calidad emitidos por el Instituto Lean Construction, Grupo Internacional Lean Construction y marco de trabajo PMBOK sexta edición. A continuación, se plantea en la figura 2 el flujograma de la gestión de calidad que explica la serie de actividades que se realizan para aprobar los estándares de calidad en la elaboración de la guía Last Planner System y a su vez en la figura 3 se muestra también los roles y responsabilidades en la gestión de calidad de los encargados de la ejecución del proyecto, lo cual permite tener mayor claridad sobre que realiza cada miembro del proyecto en aras de cumplir los lineamientos necesarios de calidad.

**Figura 2.** *Flujograma de gestión de calidad interno*



**Figura 3.** *Roles y responsabilidades de Calidad*



### 3.6 Gestión de los recursos del proyecto

En relación con la gestión de los recursos se generaliza por Project Management Institute (2017), son todos los recursos de personal y recursos físicos necesarios para llevar a cabo el proyecto, y dichos recursos deben estar a disposición del director de proyecto en los tiempos y sitios adecuados. El recurso físico se refiere a todo equipamiento, materiales, instalaciones e infraestructura, y los recursos de personal se refiere al recurso humano. El PMBOK 6 hace énfasis en que, si bien se le asigna roles y responsabilidades a cada uno de los individuos del recurso humano, la importancia del director de proyecto como motivador del equipo se vuelve fundamental para lograr el objetivo final del proyecto o los diferentes entregables. Con respecto al recurso físico, es importante que estos insumos se encuentren en las cantidades, especificaciones y lugares correctos, pues al no cumplirse esto, pueden crear riesgos en el proyecto para una exitosa finalización de este.

En este orden de ideas, el equipo del proyecto determinó los recursos necesarios para garantizar la realización del proyecto, donde se abarcó desde la infraestructura y equipamientos necesarios, hasta el volumen de recurso humano.

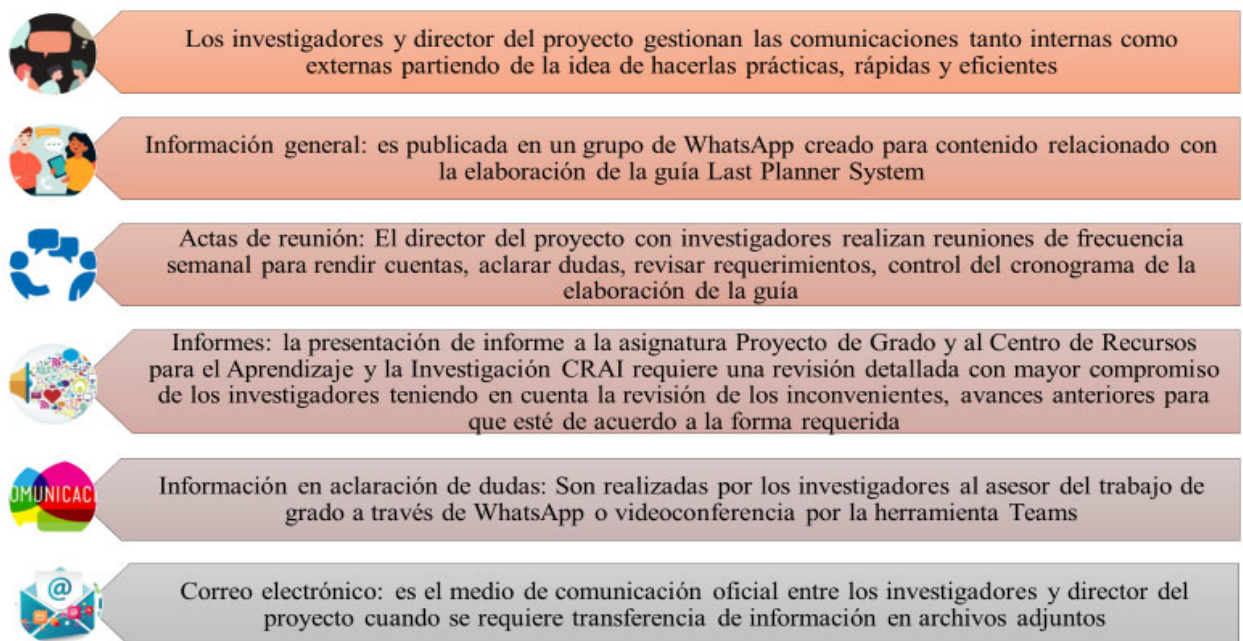
**Tabla 12.** *Gestión de los recursos del Proyecto*

ÍTEM	Descripción	Und.	Cantidad
1	Recurso de infraestructura y equipamiento de oficina.		
1.1	Alquiler oficina con baño	mes	5
1.2	Suministro e instalación equipo de cómputo (una sola vez en el proyecto)	und	3
1.3	Suministro e instalación escritorio mueble en madera para una persona en madeflex incluye silla tipo ergonómica (una sola vez en el proyecto)	und	3
1.4	Suministro e instalación de impresora (una sola vez en el proyecto)	und	1
1.5	Suministro papelería	GB	1
2	Recurso humano.		

<b>ÍTEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>
2.1	Honorarios de investigador 1	mes	5
2.2	Honorarios de investigador 2	mes	5

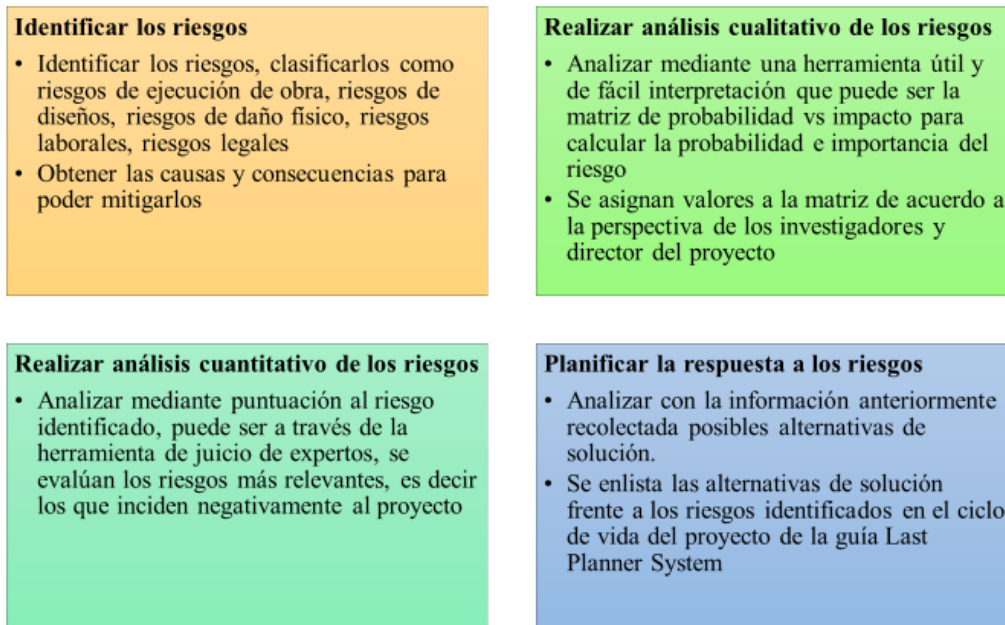
### **3.7 Gestión de las comunicaciones del proyecto**

Otro punto es la área de la gestión de las comunicaciones que Project Management Institute (2017) lo contextualiza partiendo de la importancia de proceder a tener una aplicación de todas las generalidades, representaciones simplificadas y métodos de la teoría de la comunicación a todos los requerimientos del proyecto, en este caso, es necesario contar con la información y comunicación de los stakeholders. En esta área, los interesados en el proyecto de la guía establecen de manera proactiva los medios de comunicación, el modo de hacer intercambio de datos e información a nivel interno y externo que se establece como un proceso, sea la comunicación de carácter informativo, advertencias, informes, avances de la guía, consultas, aclaración de dudas, etc. A continuación, se explica el plan de comunicaciones para la elaboración de la guía Last Planner System, es decir que se realiza para cada tipo de comunicación que se pueda presentar en la elaboración de la guía, así:

**Figura 4.** *Gestión de las comunicaciones del proyecto*

### 3.8 Gestión de los riesgos del proyecto

Por lo que se refiere a la actual área, se determina mediante Project Management Institute (2017) que la gestión de riesgos establece una identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos. Los objetivos de esta área pretenden aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos. En la gestión del riesgo se tiene presente la premisa que la elaboración de la guía Last Planner System tiene distintos riesgos que pueden tener incidencia en el resultado final, esto se relaciona con la condición de que normalmente no se identifican los riesgos en este tipo de proyectos, llegando incluso a la ausencia de planes de contingencia para disminuir los riesgos. El director del proyecto con los investigadores realiza una serie de actividades para enfrentar los riesgos presentes en el proyecto promoviendo propuestas de solución y prevención. En ese orden de ideas a continuación se expone el procedimiento realizable en el proyecto para la gestión del riesgo de la guía Last Planner System.

**Figura 5.** *Gestión de los riesgos del proyecto*

### 3.9 Gestión de las adquisiciones del proyecto

Sobre la gestión de adquisiciones se argumenta por Project Management Institute (2017), que son todos los procesos requeridos para comprar o adquirir productos o servicios necesarios para llevar a cabo el proyecto. En esta gestión incluye los procesos para la elaboración de órdenes de compra, ordenes de nivel de servicio y contratos, y en estos documentos debe estar plasmada claramente los entregables del servicio o compra, ya que lo que no queda escrito, legalmente no se puede exigir. Es importante que el grupo de trabajo esté completamente seguro que todas las adquisiciones satisfagan la necesidad del proyecto, de tal manera que, en algunos casos requieran de revisión y aprobación por el departamento legal y alta Gerencia. También el vendedor puede ser identificado como contratista, proveedor de las compras o servicios.

En ese orden de ideas, se indica que el proyecto inició con los recursos necesarios, por ende, no se tiene planeado llevar a cabo ninguna adquisición, porque se tiene los recursos para el cumplimiento de los entregables y de los objetivos del proyecto.

### **3.10 Gestión de los interesados del proyecto**

Acercas de la gestión de los interesados con Project Management Institute (2017), se hace referencia a la identificación de las personas, grupos u organizaciones que de una u otra manera pueden afectar o ser afectados por el proyecto, en la cual se deben estudiar qué es lo que esperan del proyecto y que impacto le pueden generar al mismo, con el fin de definir los pasos a seguir para que estos interesados tengan una participación fluida y constante con el proyecto y sean partícipes del mismo. También es importante que, en el estudio del impacto de los stakeholders, se logre evaluar el grado en que afectan o son afectados por el proyecto. Así mismo, hay que tener en cuenta que depende del director del Proyecto el éxito o el fracaso del mismo, al realizar un estudio detallado sobre todos los interesados del proyecto. Hay que darle una alta relevancia a la necesidad de identificar las exigencias y solicitudes de los interesados, con el fin de tener el panorama claro de cómo gestionarlas y solucionarlas, por eso es importante involucrar a los stakeholders desde la etapa inicial del proyecto una vez se cuente con acta de constitución del proyecto aprobado.

Como se indicó en el acta de constitución del proyecto (ver numeral 3.1.1), se enuncian los interesados identificados del proyecto, posición o rol, funciones, influencia, categoría externa o interna, email.

Para más información, se adjunta la siguiente tabla de dichos interesados.

**Tabla 13.** *Gestión de los interesados del proyecto*

Ítem	Interesados / involucrados	Nombre	Posición / rol	Funciones	Influencia	Categoría	Email
1	Creadores y Directores del proyecto	Jorge Fabián Bermúdez Roberth Leonardo Bermúdez	Directores del proyecto / Estudiantes de Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos	Elaborar el Trabajo Final de Maestría	ALTA	Interno	jorge.bermudez@ustabuca.edu.co roberth.bermudez@ustabuca.edu.co
2	Tutor de TFM	Luis Carlos Tiria	Tutor del Proyecto	Guiar y acompañar a los autores del proyecto en la elaboración del mismo	ALTA	Interno	luis.tiria@ustabuca.edu.co
3	Universidad Santo Tomas sede Bucaramanga	Comité evaluador	Propietario del proyecto	Calificar y avalar el proyecto de grado	ALTA	Interno	info@ustabuca.edu.co
4	Autores de literatura existente sobre el tema del proyecto	Literatura existente	Proveedor del proyecto	Suministrar literatura de libros, estudios de caso, proyectos de grado existentes sobre el tema de	MEDIA	Externo	N-A

Ítem	Interesados / involucrados	Nombre	Posición / rol	Funciones	Influencia	Categoría	Email
				proyecto de grado para la elaboración del proyecto			
5	Gerentes de Proyectos	Varios	Proponentes de la herramienta LPS	Proponer la Herramienta LPS ante la Junta Directiva y/o Representantes Legales y/o Socios de la Organización, para que sea implementada en la empresa	ALTA	Interno	N-A
6	Junta Directiva y/o Representantes Legales y/o Socios de la Organización	Varios	Alta Gerencia	Aprobar o no la Herramienta LPS, para que sea implementada en la empresa	ALTA	Interno	N-A
7	Potenciales Clientes y/o Personas Naturales	Varios	Compradores de unidades de vivienda	Adquirir las unidades de vivienda	MEDIA	Externo	N-A

#### 4. Resultados

El siguiente punto trata de los resultados obtenidos luego del proceso de investigación, recolección y clasificación de información pertinente para la elaboración de la guía Last Planner System. Para comprender mejor es necesario mencionar que el presente trabajo es de análisis predictivo, realizado bajo el marco de trabajo PMBOK sexta edición, y que sirve de instrumento en la investigación mediante las áreas de conocimiento como Integración, Alcance, Cronograma, Costos, Calidad, Recursos, Comunicaciones, Riesgos, Adquisiciones, e Interesados.

Con respecto al contenido de la guía Last Planner System es de mencionar que consta de 4 capítulos a saber:

En cuanto al capítulo 1 contiene la introducción de la guía LPS que sirve para que el lector contextualice de donde proviene esta herramienta, cuál es su función y en qué sector se utiliza, para este caso es el sector de la construcción de vivienda en fase ejecución.

Así mismo sigue el capítulo 2 que presenta los pasos preliminares y se deja constancia del compromiso, procesos, el trabajo colaborativo para la implementación y uso de LPS a través de acta de comité.

Por otra parte, en el capítulo 3 muestra el proceso de implementación de LPS partiendo con el diagnóstico del entorno que tiene como objetivo dar al lector una guía de como analizar la secuencia de flujo de trabajo; el análisis está encaminado a realizar la propuesta de las categorías de pérdidas del proceso constructivo de vivienda que se pueden presentar; dicho diagnostico resume las condiciones sociales en que se está ejecutando el proyecto; habría que decir también que en el capítulo 3 se abarca la preparación requerida, el proceso de entrenamiento y plan experimental para implementar la herramienta LPS.

Además, está el capítulo 4 que abarca el proceso de uso de LPS, y contiene el plan general o plan maestro en donde se promueve la creación de la estrategia de ejecución del proyecto acompañada de la programación por fases de la construcción de vivienda. Por otra parte, al plan maestro le sigue el plan intermedio o lookahead que promueve la categorización de restricciones presentes en los procesos del proyecto y por último el plan semanal que se encarga de establecer la reunión de la orden del día que permite el control diario del proyecto.

*Nota:* ver apéndice A. Guía para proyectos de vivienda basada en Last Planner System para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo.

## **5. Discusión**

Según literatura, LPS es una herramienta de planificación y control que aplica sus principios de estabilidad de flujo de trabajo y transformaciones del sistema de producción para agregar valor al proyecto, y que efectivamente ha tenido buenos resultados en el uso de esta en nuestro país. Pero, al ser una herramienta que funciona de manera integrada en todos sus procesos y que requiere un trabajo colaborativo entre sus participantes, en Colombia no todas las organizaciones siguen sus lineamientos, ya sea por omisión, falta de conocimiento, o por la cultura del sector constructor en Colombia. Por ende, se abrió la necesidad de elaborar una guía que le permita a los Gerentes de Proyectos y personal interesado, implementar y usar esta herramienta para sus proyectos de Vivienda.

El trabajo colaborativo pasa a ser un baluarte fundamental para que LPS funcione y entregue los resultados esperados, por eso es necesario realizar un análisis del funcionamiento de la organización antes de su implementación y uso.

Teniendo el insumo anterior, y con la literatura teórica y casos de estudio existentes, se procedió a elaborar la guía bajo los capítulos principales de pasos preliminares, implementación y uso, llevando un paso a paso de las mejores prácticas y documentación a diligenciar para que permita llevar su registro.

## **6. Conclusiones**

En el trabajo investigativo se visualiza que, como resultado de la revisión de literatura se concluyó la identificación de los factores asociados a las restricciones en la implementación y uso de la herramienta Last Planner System en proyectos de vivienda requeridos para la elaboración de la guía; dichas restricciones corresponden a diseños, materiales, herramientas y equipos, contratos

mayores, mano de obra y actividades previas. Dicha información es un insumo clave para la fase de uso de la guía, en el nivel de plan intermedio o lookahead.

De acuerdo con las restricciones en la implementación y uso de la herramienta LPS, se estudió todos los tipos de pérdidas que se presentan en el proceso constructivo de proyectos de vivienda con el propósito de dar solución a cada una de ellas. Se identificaron los tipos de pérdidas durante la ejecución de proyectos de vivienda para la optimización y desarrollo de la secuencia del flujo de trabajo en la generación de valor del proyecto. En el sector constructor de proyectos de vivienda, se concluye que las categorías principales de pérdidas en el proceso constructivo se relacionan con sobreproducción, tiempos de espera, transportes innecesarios, procesos inadecuados, no conformidad de producción, movimientos sin valor e inventarios. Esta información fue necesaria como insumo para realizar la guía en la fase de implementación, para realizar el diagnóstico del entorno de la organización.

Se ejecutó la guía LPS para gerentes de proyectos de vivienda basada en el marco de trabajo PMBOK sexta edición la cual proporciona un plan de acción desde el punto de vista de implementación y uso. Por parte del uso se describe de manera detallada los buenos procesos y requisitos propuestos por la herramienta LPS para ejecutarlos; así mismo, desde la parte de implementación se dio las pautas previas requeridas para permitir que la herramienta se adapte con mayor facilidad en todo el proyecto. Al ser un proyecto predictivo, el PMBOK sexta edición, se adaptó correctamente al mismo, permitiendo obtener en todas sus áreas de conocimiento como integración, alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados, un panorama claro de lo que se esperaba desde la concepción del proyecto y obteniendo como resultado principal, la guía para gerentes de proyectos basada en LPS

para obras civiles de vivienda. Cabe resaltar que la guía propuesta es para cualquier tipo de proyecto del sector constructor de vivienda, estrato o uso sea unifamiliar o multifamiliar.

### Referencias

- Aslam, M., Gao, Z., y Smith, G. (2020, junio 1). Development of Innovative Integrated Last Planner System (ILPS). *International Journal of Civil Engineering*, 18(6), 701-715. <https://doi.org/10.1007/s40999-020-00504-9>.
- Ayala, J. (2021). *Desafíos en la implementación de la herramienta last planner system (lps) para un proyecto inmobiliaria en el municipio de Sahagún – córdoba lps* [Tesis de Maestría, Maestría en Ingeniería Civil y Ambiental]. Universidad de los Andes. Base de datos de la Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55319/25440.pdf?sequence=1>
- Ballard, G. (2000). *El ultimo planificador—Sistema de control de producción* [Tesis doctoral, Doctorado en Filosofía en Ingeniería]. Escuela de ingeniería civil - Birmingham. Base de datos de Escuela de ingeniería civil - Birmingham. <https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/09/08152942/the-last-planner-system-of-production-control-ballard2000-dissertation.pdf>
- Ballard, G. (1994, 22-24 de abril). *El ultimo planificador* [conferencia]. Conferencia de primavera del Instituto de Construcción del Norte de California. Monterey, CA. Norte de California. Monterey, CA. <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/09/LastPlanner.pdf>
- Ballard, G. (1997). *Planificación Lookahead: El eslabón perdido en control de producción* [conferencia]. Quinta Conferencia Anual Del Grupo Internacional de Construcción Lean. Gold Coast, Australia. <https://iglc.net/papers/Details/17>
- Ballard, G., y Howell, G. (1998). Producción de blindaje: Un paso esencial en el control de producción. *Journal of construction Engineering and Management*, 1(11), 1-17.

- [https://www.researchgate.net/publication/238626514\\_Shielding\\_Production\\_An\\_Essential\\_Step\\_in\\_Production\\_Control](https://www.researchgate.net/publication/238626514_Shielding_Production_An_Essential_Step_in_Production_Control).
- Ballard, G., y Howell, G. (2003). Una actualización del último planificador. *Centro Para La Innovación En La Gestión Del Producto y Producción*, 1-13.  
[https://www.researchgate.net/publication/254576025\\_AN\\_UPDATE\\_ON\\_LAST\\_PLANNER1](https://www.researchgate.net/publication/254576025_AN_UPDATE_ON_LAST_PLANNER1).
- Botero, L. (2021). *Principios, herramientas e implementación de Lean Construction* (Primera Edición). EAFIT.
- Botero, L. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Universidad EAFIT*, 40(136), 50-64. <http://hdl.handle.net/10784/17183>.
- Botero, L., y Álvarez, M. E. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. *Ingeniería y desarrollo*, (17), 148-159.  
<https://www.redalyc.org/pdf/852/85201708.pdf>.
- Camacol. (2018). *Informe de productividad sector construcción de edificaciones*. Cámara Colombiana de la Construcción.  
<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/INFORME%20DE%20PRODUCTIVIDAD.pdf>
- Camacol. (2022). *Informe de gestión construimos con usted*. Cámara Colombiana de la Construcción.  
[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/INFORME%20GESTION%20CAMACOL%202021-2022\\_HD\\_25102022.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/INFORME%20GESTION%20CAMACOL%202021-2022_HD_25102022.pdf)

Carrillo, D. R. (2022). *Implementación Last Planner System en el proyecto Urban salitre Zúrich E2, construido por Ménsula Ingenieros S.A.* [Tesis de Maestría, Magister en Ingeniería Civil]. Universidad de los Andes. Base de datos de la Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/58168>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023a). *Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC)*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib\\_const/Bol\\_IEAC\\_IVtrim22.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_IEAC_IVtrim22.pdf)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023b). *Índice de Costos de la Construcción de Edificaciones (ICOCED)*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/icoced/bol\\_icoced\\_ene23.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/icoced/bol_icoced_ene23.pdf)

Diaz, M. A. (2021). *Modelo de implementación integrada del sistema del último planificador (LPS) 1.0 y 2.0 para proyectos inmobiliarios en Colombia.* [Tesis de Maestría, Magister en ingeniería civil con énfasis en ingeniería y gerencia de la construcción]. Universidad de los Andes. Base de datos de la Universidad de los Andes. Repositorio Uniandes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/55802>

Diaz, M. A. (2022, Julio 27). *Challenges and Importance of Human Beings Within the Last Planner System in Colombia: A Case Study* [Conferencia]. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Edmonton, Canadá. <http://iglc.net/Papers/Details/1963>

- Ferrer, Y. de J. (2018). *Definición de una guía metodológica de gestión de proyectos basado en PMBOK V6 para el departamento de mantenimiento de producción de El Tiempo Casa Editorial*. [Tesis de especialización, Especialización en gestión de proyectos]. Universidad nacional abierta y a distancia. Base de datos de Universidad Nacional abierta y a distancia. Repository UNAD. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/23127>
- Hoyos, M. F. (2018). *Last Planner en Colombia, una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción* [Tesis de Maestría, Magister en Ingeniería con énfasis en gestión de la construcción]. EAFIT. Base de datos de Universidad EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/13024>
- Koskela, L. (1999). Gestión de producción en la construcción: Una visión teórica. *Universidad de California*, 241-252. [https://www.researchgate.net/publication/2323248\\_Management\\_Of\\_Production\\_In\\_Construction\\_A\\_Theoretical\\_View](https://www.researchgate.net/publication/2323248_Management_Of_Production_In_Construction_A_Theoretical_View).
- Koskela, L., y Howell, G. (2002). *The Underlying Theory of Project Management is Obsolete*. *Proceedings of the 2002 PMI* [conferencia]. Project Management Institute. Huddersfield, Reino Unido. [https://www.researchgate.net/publication/44708842\\_The\\_Underlying\\_Theory\\_of\\_Project\\_Management\\_is\\_Obsolete](https://www.researchgate.net/publication/44708842_The_Underlying_Theory_of_Project_Management_is_Obsolete). [https://www.researchgate.net/publication/44708842\\_The\\_Underlying\\_Theory\\_of\\_Project\\_Management\\_is\\_Obsolete](https://www.researchgate.net/publication/44708842_The_Underlying_Theory_of_Project_Management_is_Obsolete)
- Lagos, C., y Alarcón, L. F. (2020, julio 6). *Using Percent Plan Completed for Early Success Assessment in the Last Planner System®*[conferencia]. 28th Annual Conference of the

- International Group for Lean Construction (IGLC). Berkeley, California, USA.  
<http://iglc.net/Papers/Details/1788>
- Lagos, C. I., y Alarcón, L. F. (2021, julio 14). *Composition and Impact of Reasons for Noncompletion in Construction Projects* [conferencia]. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Lima, Perú.  
<http://iglc.net/Papers/Details/1938>
- Lagos, C. I., Herrera, R. F., y Alarcón, L. F. (2017, julio 9). *Contributions of Information Technologies to Last Planner System Implementation* [conferencia]. Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Heraklion, Greece. <http://iglc.net/Papers/Details/1938>
- Lagos, C. I., Herrera, R. F., Muñoz, J., y Alarcón, L. F. (2022, julio 27). *Influence of Last Planner® System Adoption Level on Project Management and Communication* [conferencia]. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Edmonton, Canada. <http://iglc.net/Papers/Details/1958>
- Macomber, H., Howell, G., y Reed, D. (2005). *Gestión de promesas con el sistema del último planificador: Acercándose al flujo ininterrumpido* [conferencia]. 13ª Conferencia Anual Del Grupo Internacional de Construcción Lean. Sydney, Australia.  
<https://iglc.net/Papers/Details/344>
- Panagiotis, M. (2005). *'trabajo planificado listo': Una métrica proactiva para el control de proyectos* [conferencia]. 13.ª Conferencia Del Grupo Internacional de Construcción Lean. Sídney, Australia.  
<https://search.informit.org/doi/epdf/10.3316/informit.588721080897118>

- Poudel, R., García de Soto, B., y Martínez, E. (2020). Last Planner System and Scrum: Comparative analysis and suggestions for adjustments. *Frontiers of Engineering Management*, 7(3), 359-372. <https://doi.org/10.1007/s42524-020-0117-1>
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (Sixth edition). Project Management Institute. <http://faspa.ir/wp-content/uploads/2017/09/PMBOK6-2017.pdf>
- Rudeli, N., Viles, E., González, J., y Santilli, A. (2018). Causas de retrasos en proyectos de construcción. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (16), 71-84. <http://www.revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/298>
- Salazar, I. (2016). *Guía basada en el PMBOK para la ejecución de proyectos en la Municipalidad de Monsefú, Chiclayo 2016* [Tesis de pregrado, Ingeniería Empresarial]. Universidad César Vallejo. Base de datos de Universidad César Vallejo. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_eb402972d448399acb9263604f0c4459/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_eb402972d448399acb9263604f0c4459/Details)
- Salazar, L. A., Ballard, G., Arroyo, P., y Alarcón, L. F. (2018, julio 18). *Indicators for Observing Elements of Linguistic Action Perspective in Last Planner® System* [conferencia]. Proc. 26th Annual Conference of the International. Chennai, India. <http://iglc.net/Papers/Details/1564>
- Salazar, L. A., Retamal, F., Ballard, G., Arroyo, P., y Alarcón, L. F. (2019, julio 3). *Results of Indicators From the Linguistic Action Perspective in the Last Planner® System* [conferencia]. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Dublin, Ireland. <http://iglc.net/Papers/Details/1696>

- Samad, G. E., Hamzeh, F. R., y Emdanat, S. (2017, Julio 9). *Last Planner System – the Need for New Metrics* [conferencia]. Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Heraklion, Grecia. <http://iglc.net/Papers/Details/1368>
- Silva, A. (2008). *Propuesta de una metodología para la formulación de proyectos en la unidad de proyectos especiales modernización de aeropuertos y gestión de tránsito aéreo (MAGTA) del INAC, con base en el PMBOK* [Tesis de especialización, Especialización en gerencia de proyectos]. Universidad católica Andrés bello. Base de datos de Universidad católica Andrés bello. <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR7414.pdf>
- Vásquez, A. (2021). *Análisis de las herramientas (Conversaciones para la Acción y Last Planner® System) para el mejoramiento en la planeación de los comités de obra de proyectos de construcción* [Trabajo de grado, Ingeniería Civil]. Universidad de los Andes. Base de datos de la Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/53031/25299.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## **Apéndices**

**Apéndice A.** *Guía para proyectos de vivienda basada en Last Planner System LPS para el mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo.*



## Lista de Tablas

- Tabla 1. Plantilla de Reunión.
- Tabla 2. Diagnóstico de las categorías de pérdidas del proceso constructivo de vivienda.
- Tabla 3. Categorías de las restricciones.
- Tabla 4. Esquema básico de identificación de restricciones.
- Tabla 5. Control de análisis de restricciones.
- Tabla 6. Esquema de seguimiento a restricciones.
- Tabla 7. Propuesta de participantes en la reunión semanal de planificación en el LPS.
- Tabla 8. Cuadro de control programación semanal.
- Tabla 9. Control diario de producción.
- Tabla 10. Porcentaje de Asignaciones Completadas PAC.
- Tabla 11. Pesos porcentuales y criterios de calificación contratistas.
- Tabla 12. Evaluación de contratistas.
- Tabla 13. Ejemplo presentación gráfica CNC.

## Lista de Figuras

- Figura 1. Pasos preliminares.
- Figura 2. Diagnóstico del entorno.
- Figura 3. Modelo de flujograma de la secuencia de trabajo para proyectos de vivienda.
- Figura 4. Alternativas para el cambio de cultura organizacional.
- Figura 5. Actividades de la fase de preparación.
- Figura 6. Jornadas de entrenamiento.
- Figura 7. Plan Experimental en los tres niveles de planes.
- Figura 8. Plan General o Plan Maestro.
- Figura 9. Plan Intermedio o Lookahead.
- Figura 10. Plan Semanal.

# 1 | Introducción de la Guía LPS

Dentro del sector de la construcción existen distintas metodologías de gestión, una de ellas es conocida como Lean Construction, en dicha metodología se encuentra inmerso distintas herramientas que optimizan la secuencia del flujo de trabajo y así mismo le dan valor agregado al producto final a través de un control exhaustivo en el proceso constructivo de obras civiles. Para el trabajo actual se especifica la herramienta Last Planner System la cual permite una mejora en la secuencia del flujo de trabajo y da control a todas las actividades propuestas en tres niveles distintos de planificación para proyectos de vivienda (Al Taie, 2022)

Sin embargo, la implementación de la herramienta Last Planner System ha tenido complicaciones cómo es la ausencia de un plan de capacitación de la herramienta, también la alta gerencia tiene cierta resistencia a dar

cambios en la planificación, es decir no brinda el liderazgo necesario para utilizar la herramienta.

Teniendo en cuenta la información recolectada, se ha planteado la creación de la guía de implementación y uso de Last Planner System para proyectos de vivienda. El propósito principal de la guía es promover una ruta de acción para los gerentes de proyecto de vivienda en como implementar Last Planner System. Es importante mencionar que la guía planteada no es el único método de implementación y uso de la herramienta ya que cada gerente de proyecto puede realizar cambios teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto, dichos cambios se ven reflejados en los procedimientos de planificación.

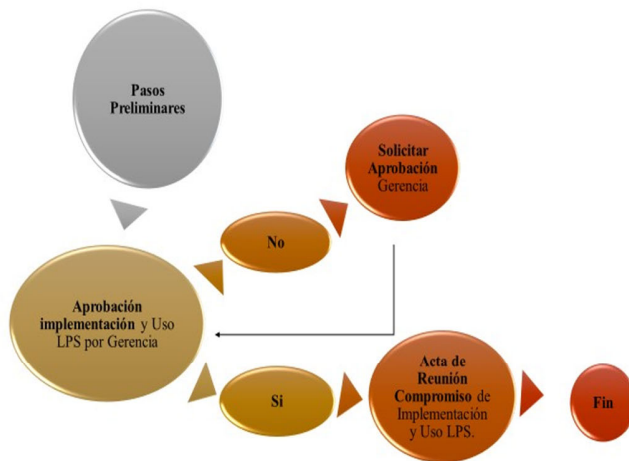


## 2 Pasos Preliminares

Luego, es necesario tener claro los protocolos de revisión, consulta, recepción y respuesta de cada una de las dudas que tenga del proyecto. Así como la entrega y socialización de la Ingeniería del proyecto, como la Arquitectura,

Estructura, Sistema Eléctrico, Sistema Voz y Datos, Sistema Hidrosanitario, Sistema Red Contra Incendio, etc, que contengan sus licencias, disponibilidades y permisos con las entidades de servicio y demás (Vega, 2017)

Figura 1. Pasos preliminares.



## 3 Proceso de Implementación

### 3.1. Diagnóstico Del Entorno

En el diagnóstico del entorno, es necesario en primera instancia, entender ¿en dónde la herramienta Last Planner System puede brindar un valor agregado al proyecto? (necesidad del cambio) para tener claridad sobre esto es importante reconocer la organización a través de un diagnóstico mediante un flujograma de la secuencia de trabajo para proyectos de vivienda en donde se identifican las categorías de pérdidas presentes en el proceso constructivo de vivienda, es decir definir todas aquellas actividades innecesarias que aumentan costos, como exceso de personal, inventario o equipo, además tener una idea detallada de las condiciones sociales de las personas que laboran en el proyecto. Con la información recolectada del diagnóstico se obtiene todos los tipos de pérdidas que se presentan en el proceso constructivo de un proyecto de vivienda unifamiliar para que posteriormente se integren con la propuesta de la puesta en marcha de

la herramienta Last Planner System, aquí es importante ser claro para que el personal comprenda la pertinencia de la herramienta dentro del proyecto (Díaz, 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior se procede a realizar una reunión de todo el personal administrativo con el propósito de divulgar los resultados del diagnóstico del proyecto y así poder fundamentar por qué la herramienta Last Planner System da solución a todos esos tipos de pérdida identificados para que en última instancia se visualicen los cambios positivos y futuros que puede promover la implementación de la herramienta LPS.

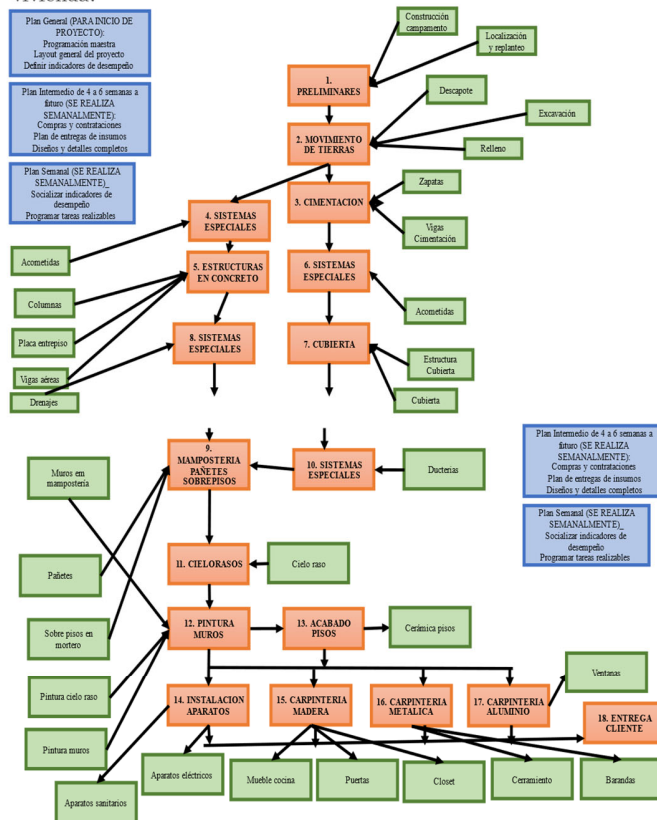
Por otro lado, luego de que el personal administrativo reconoce la pertinencia de la herramienta, se procede a ejecutar otra reunión, esta vez con el personal que realiza las actividades de construcción; el propósito de esta reunión es entrar en detalle sobre los roles y responsabilidades que tiene cada uno de ellos en el proceso constructivo.

Figura 2. Diagnóstico del entorno.



### 3 Proceso de Implementación

Figura 3. Modelo de flujograma de la secuencia de trabajo para proyectos de vivienda.



### 3.2. Diagnóstico De las categorías de pérdidas del proceso constructivo de vivienda

Tabla 2. Diagnóstico de las categorías de pérdidas del proceso constructivo de vivienda.

Clasificación de pérdidas	Descripción
1 Sobreproducción	Fabricar un mayor número de unidades terminadas antes de ser solicitadas por el mercado, lo cual genera como pérdidas en el talento humano y de materiales
2 Tiempos de espera	Hace referencia al tiempo que no se está utilizando para el proceso por falta de organización en la asignación de las materias primas o ritmo de trabajo.
3 Transportes	Recorridos no necesarios de materiales en la obra tomando como causa principal la falta de planeación y consecuencias como el mismo deterioro de los materiales y pérdida de tiempo en la ejecución del trabajo.
4 Procesos innecesarios	Incumplimiento en el proceso de construcción, incumplimiento que puede solucionarse a través del uso de tecnologías
5 No conformidad de producción	Entregables que no cumplen con los estándares de calidad vigentes, incumplimiento en el proceso de construcción, que puede solucionarse a través del uso de tecnologías. Cuando no se consiguen los resultados se asume responsabilidad a personal que no cumple con las habilidades requeridas y que no son controlados ni supervisados durante la ejecución de las tareas.
6 Movimientos sin valor	Son movimientos no necesarios de personal o materias primas causados por la mala organización del trabajo y mala disposición del sitio a operar
7 Inventarios	Bodega de almacenamiento mayor a 75% de capacidad máxima; productos terminados que pueden ocasionar pérdidas por almacenamiento erróneo, dichas novedades se asocian al mal cálculo de las cantidades de recursos necesarios

Nota. Adaptado de Ohno (1988)

### 3 Proceso de Implementación

#### 3.3. Preparación

En esta fase se tiene como objetivo principal adaptar la herramienta a las condiciones del proyecto donde se va a implementar; para llevarlo a cabo es necesario en primera instancia reconocer el ambiente laboral y luego generar la cantidad necesaria de formatos para implementar el sistema. La fase de preparación consta de ciertas actividades, así:

##### 3.3.1. Reconocimiento a la cultura organizacional.

Hace referencia a la forma de actuar, a los valores y normas que rigen al capital humano, resultado del tiempo de trabajo que tienen los interesados dentro del proyecto. Desde otro punto de vista podría decirse que la herramienta está enfocada al mejoramiento de la secuencia del flujo de trabajo, sin embargo, el cambio se refleja en el comportamiento de los interesados, es por eso que se tiene en cuenta la cultura organizacional.

##### 3.3.1.1. Opciones para el cambio de cultura organizacional:

Con respecto a la forma en que se va a gestionar los posibles cambios de comportamiento de los interesados, se tienen dos alternativas:

**Empoderamiento:** esta alternativa trata acerca de que los interesados al momento de contribuir de manera proactiva y transparente al proyecto permiten que se empoderen de los procesos y haya un grado de entrega que sea reconocido entre sus compañeros, con esto, quiere decir que se convierten en agentes de cambio.

**Sistema de incentivos y reconocimientos:** Dar un realce y recompensa pública a los interesados que tienen la forma de actuar alineada a los principios, valores y normas del proyecto gestionado con la herramienta LPS, conviene subrayar que dicho realce debe ir relacionado con las aspiraciones que tienen los interesados dentro del proyecto.

Figura 4. Alternativas para el cambio de cultura organizacional.



Nota. Adaptado de Boteroy Álvarez (2005).

##### 3.3.2. Selección de agentes de cambio.

En este apartado se procede a seleccionar el personal que tenga habilidades de liderazgo con el ánimo de que se conviertan en los agentes de cambio y sean promotores del uso de la herramienta LPS, luego de ser seleccionados se realiza una instrucción en las nuevas responsabilidades y roles necesarios para el uso de la herramienta.

En este punto se recomienda llevar a cabo pequeños cambios en todas las dependencias del proyecto, dichos cambios generan un impacto en la forma como el talento humano realiza las actividades. Lo que se busca con este ejercicio es preparar al personal cuando se implemente definitivamente la herramienta LPS.

##### 3.3.3. Preparación al cambio de cultura organizacional.

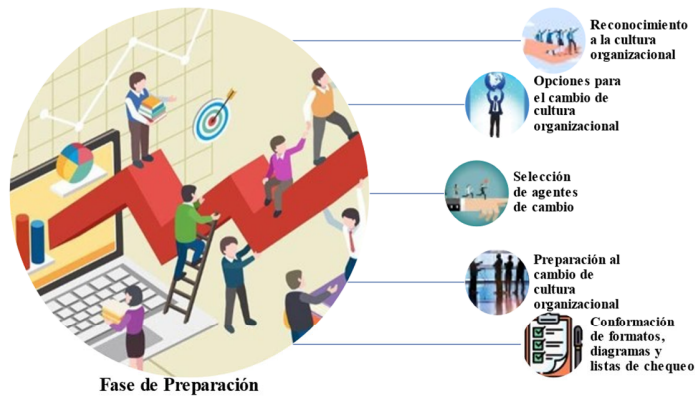
### 3 Proceso de Implementación

3.3.4. Conformación de formatos, diagramas y listas de chequeo.

En este punto se pretende plantear el paso a paso de los procesos de la herramienta LPS; en concreto se realiza para dar una base de soporte en la implementación y dichos paso a paso se

establecen con la experiencia, conocimiento e iniciativa de los colaboradores del proyecto, es necesario recalcar que los procedimientos quedan en formatos que pueden ser modificados sobre la marcha, si es necesario, para abarcar todos los procesos en la obra.

Figura 5. Actividades de la fase de preparación.



Nota. Adaptado de Caballero, et ál., (2018)

#### 3.4. Proceso de entrenamiento.

Con respecto a la presente fase hace alusión a la capacitación y explicación del proceso por el método que se pretende ejecutar con todos los colaboradores del proyecto. De manera puntual la capacitación se realiza mediante jornadas que explican de

manera detallada los componentes y términos indispensables de la herramienta LPS.

Figura 6. Jornadas de entrenamiento.



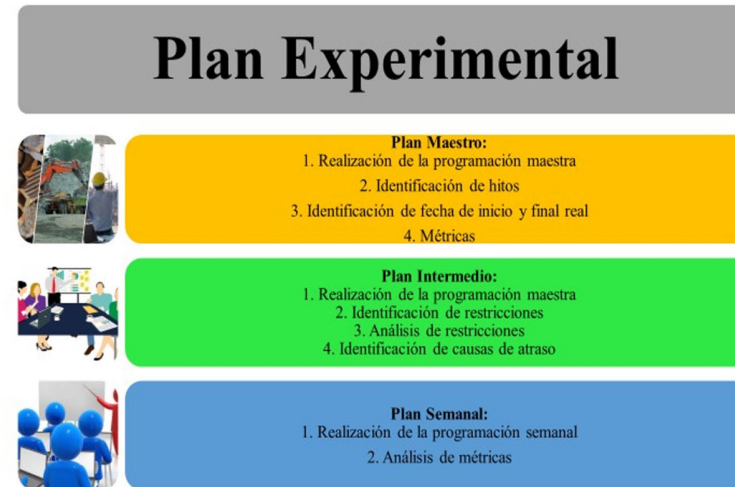
### 3 | Proceso de Implementación

#### 3.5. Proceso Plan experimental.

El siguiente punto trata sobre la puesta en marcha de un plan piloto el cual tiene como punto de inicio en el momento cuando ha terminado la fase de entrenamiento, con esto se quiere decir que cuando el personal contextualice qué es y cómo se lleva a cabo la implementación de la herramienta LPS se procede a realizar el plan experimental de forma gradual, poco a poco, revisando la respuesta de los colaboradores ante los objetivos

planteados en el plan; todo esto con el propósito de que los interesados tengan el tiempo necesario de relacionarse con la herramienta y comprobar la pertinencia que tiene para satisfacer las necesidades del proyecto. A continuación, se hace una propuesta de implementación que abarca los conceptos básicos de la herramienta para luego ir poco a poco entrando en detalle sobre todos los indicadores a tener en cuenta para darle el uso óptimo y alcance mayor a la herramienta.

Figura 7. Plan Experimental en los tres niveles de planes.



Nota. Adaptado de Hoyos Botero (2019)

## 4 Proceso de Uso

En este capítulo se explicará el procedimiento del uso de la herramienta LPS, para ello, es necesario generar adherencia y cultura empresarial en la importancia del trabajo colaborativo para poder obtener resultados óptimos y esperados. Además, la empresa debe llevar los diferentes controles para saber si se está realizando o no el uso correcto de la herramienta LPS y generar alertas que permitan las mejoras del mismo.

### 4.1. Plan General o Plan Maestro.

Como **primero** se debe divulgar a todos los participantes del proyecto de este nivel (Diseñadores, Director de Obra, Residentes, Compras y Contratación, Control de Obra, Control de Calidad, Maestros, Inspectores, Contratistas, equipo humano del proyecto, etc.) a través de los medios de comunicación establecidos por la organización, la licencia y demás permisos aprobados y

la estrategia del proyecto indicada por la Gerencia, es decir el alcance y paquetes de trabajo, el orden de la construcción de las diferentes etapas, fases y paquetes de trabajo según la necesidad de entregas del proyecto, y la velocidad y fechas de entregas de los paquetes de trabajo, información necesaria para elaborar la planificación de fases con la técnica pull planning (Díaz, 2021)

Como **segundo**, conocer el sitio del proyecto para planificar el layout del mismo y definir las ubicaciones de la distribución provisional de obra, como oficinas para reunión de planes LPS, campamentos, almacén, caspete, recepción de concretos y materiales varios, cuarto de cilindros, vías de acceso, equipos de izaje vertical y horizontal, etc. (Botero, 2021)

Como **tercero**, realizar la técnica colaborativa pull planning para elaborar el plan general por fases y “determinar los tiempos de ejecución de los paquetes de trabajo con todos los participantes del proyecto”, donde su particularidad es teniendo definida una fecha de entrega del último paquete de trabajo, nos devolvemos para definir el inicio del proyecto, es decir hacer una planificación de atrás hacia adelante. Ejemplos de paquetes de trabajo en la construcción de proyectos de vivienda: preliminares, cimentación, estructura, obra gris, sistemas especiales, acabados, etc. Del resultado del pull planning se obtiene la programación visualizada con post its autoadhesivos pegados en un tablero con una secuencia que identifica cada paquete de trabajo con diferente color, tiempos y actividades predecesoras requeridas para iniciarlo, y la idea es que cada involucrado participe y diligencie los postits según su rol y responsabilidad en el proyecto (Botero, 2004)

Como **cuarto**, se pasa la información de la planificación realizada en el tablero con los postits, a la herramienta de visualización computacional como

Microsoft Project o la asignada por la Gerencia, con el fin de pulir las interferencias entre actividades. Realizado ello, se envía a los participantes del proyecto para su aprobación final.

## 4 Proceso de Uso

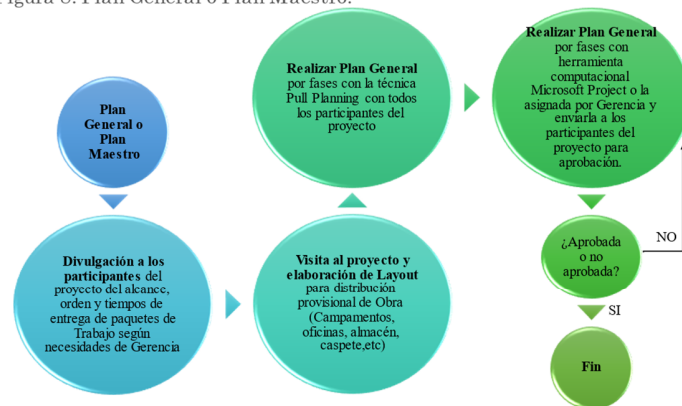
### Entregables del Plan General o Plan Maestro:

- 1) Entrega de la estrategia del proyecto indicado por la Gerencia a los participantes del proyecto.
- 2) Plano de distribución en planta del layout del proyecto.
- 3) Programación de Obra por fases con los tiempos acordados con los

participantes del proyecto visualizada en tablero con post its.

- 4) Programación de Obra por fases visualizada con herramienta computacional Microsoft Project o la asignada por Gerencia. Debe estar aprobada por los participantes del proyecto.

Figura 8. Plan General o Plan Maestro.



### 4.2. Plan Intermedio o Lookahead.

El equipo participante recomendable es el siguiente: Diseñadores, Director de Obra, Residentes, Compras y Contratación, Contratistas, áreas de soporte, etc. (Díaz, 2021)

Frecuencia de las reuniones para Plan Intermedio: semanal.

**Primero**, teniendo como referencia la programación General o Maestra de la sección anterior, se debe definir el rango de tiempo para identificar las restricciones de las actividades que se encuentran en ese horizonte. Según Ballard (2000), recomienda un periodo de cuatro a seis semanas, pero esta debe ser validada según la velocidad de respuesta de los procesos de la organización en cuanto a detalles de diseño y temas de compras y contrataciones (Botero, 2004)

Como **segundo**, es importante categorizar las restricciones, y a su vez, establecer el responsable para su liberación (Botero, 2021). Con la siguiente tabla, puede ser usada para este fin.

## 4 Proceso de Uso

Tabla 3. Categorías de las restricciones.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>&lt;Logo&gt;</span> <span><b>DETALLE DE LAS CATEGORÍAS DE RESTRICCIONES</b></span> <span>&lt;Código&gt;</span> </div>		
NOMBRE DEL PROYECTO: <input type="text"/> DIRECCIÓN DEL PROYECTO: <input type="text"/>		
Área	Restricción	Responsable
Diseño	Planos	
	Especificaciones	
Compra de Materiales	Cotización de Obra	
	Requerimiento de Obra	
	Orden de Compra	
Contratos Mayores (suministro e instalación)	Llegada de Material	
	Pleques de Solicitud	
	Envío a Proveedor	
	Recibo de Propuestas	
	Cuadro Comparativo	
	Ajudicación del contrato	
	Minuta del Contrato	
	Legalización del Contrato	
	Entrega de Plécos	
	Validación de Plécos	
	Entrega de Anticipo	
	Polización	
	Disponibilidad de Almacenamiento	
	Recibo de Insumos	
	Transporte Interno	
Contratos de Mano de Obra	Pleques de Solicitud	
	Envío a Contratista	
	Recibo de Propuestas	
	Cuadro Comparativo	
	Ajudicación del contrato	
	Verificación Requisitos SST	
	Reunión de Inicio	
Logística Interna		

Nota. Adaptado de Hoyos & Botero (2018)

Como **tercero**, en cada reunión de Plan Intermedio se deben identificar las restricciones de las actividades contenidas en el Lookahead; para ello, es necesario enlistar todas las actividades que están dentro del rango temporal del Plan Intermedio, y determinar qué tipo de restricción presenta o si efectivamente se puede hacer esa actividad (Botero, 2004). Se

Tabla 4. Esquema básico de identificación de restricciones.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>&lt;Logo&gt;</span> <span><b>ESQUEMA BÁSICO DE IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES</b></span> <span>&lt;Código&gt;</span> </div>							
NOMBRE DEL PROYECTO: <input type="text"/> DIRECCIÓN DEL PROYECTO: <input type="text"/>							
Actividad que se debe hacer	Grupos de Restricciones					¿Se puede hacer?	
	Diseños	Materiales	Herramientas y Equipos	Mano de Obra	Actividad Previa	Si	No
Preliminares							
Movimiento de Tierras							
Cimentación							
Estructura							
Mampostería, paneles y sótreplos							
Sistema hidráulico							
Cerchas							
Prueba masas							
Acabado piso							
Instalación sanitarios							
Carpentería madera							
Carpentería metálica							
Carpentería aluminio							

Nota. Adaptado de Botero (2021)



## 4 Proceso de Uso

Como **quinto**, al tener en el radar todas las restricciones de las actividades, procedemos a enlistarlas en el tablero de compromisos de restricciones, donde se debe citar el área y responsable, fecha máxima de liberación, y la fecha a la cual fue liberada. Esta debe ser entregada también en la reunión del plan Intermedio para sentar compromisos.

Tabla 6. Esquema de seguimiento a restricciones.

<Logo>		ESQUEMA DE SEGUIMIENTO A RESTRICCIONES										<Codigo>		
NOMBRE DEL PROYECTO:														
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:														
Actividad	Grupo de Liberación	Detalle Liberación	Responsable	Fecha máxima de Liberación	Conti de Liberación						Fecha de Liberación			
					Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6				
Primeriza														
Movimiento de tierras														
Cimentación														
Estructura														
Mampostería, pintura y acabados														
Sistema eléctrico														
Cableado														
Pintura muros														
Acabado pisos														
Instalación aparatos														
Carpintería madera														
Carpintería metalica														
Carpintería aluminio														

Nota. Adaptado de Botero (2021)

Como **sexto**, es importante indicar que se pueden presentar casos en que las actividades que no se liberen a tiempo, salgan del horizonte del Plan Intermedio, pero estas no se deben sacar, es más, estas actividades son las que debemos prestarles mayor atención porque pueden causar rutas críticas al proyecto (Díaz, 2021).

liberadas y el porcentaje de restricciones liberadas por área. Tener en cuenta que todas las reuniones del Lookahead se deben informar los resultados obtenidos.

Matemáticamente las define de la siguiente manera:

Como **séptimo**, teniendo la información anterior, se procede a compartir los resultados de indicadores de seguimiento del Plan Intermedio. Según Botero (2021), recomienda llevar registro del porcentaje de restricciones

$$\% \text{ de restricciones liberadas} = \frac{\text{restricciones liberadas}}{\text{restricciones realizadas}} \times 100$$

$$\% \text{ de restricciones liberadas por área} = \frac{\text{restricciones liberadas por área}}{\text{restricciones realizadas por área}} \times 100$$

## 4 Proceso de Uso

Como **octavo**, en la reunión se deben programar las nuevas actividades del plan Intermedio de la siguiente semana, y compromisos que salgan de las mismas.

### Entregables del Plan Intermedio o Lookahead:

- 1) Definir el rango de tiempo para identificar las restricciones de las actividades que se encuentran en ese horizonte.
- 2) Entregar la categorización de restricciones, el responsable de cada una de ellas.
- 3) Entregar las restricciones de las actividades inmersas en el horizonte del Lookahead correspondiente semanalmente.
- 4) Entregar cuadro de control de restricciones semanalmente.
- 5) Entregar diligenciado el tablero de

control de compromisos de cada uno de los responsables semanalmente.

6) Socializar los resultados de indicadores del Plan Intermedio semanalmente.

7) Programar las nuevas actividades del Plan Intermedio de la siguiente semana.

Figura 9. Plan Intermedio o Lookahead.



## 4 Proceso de Uso

### 4.3. Plan Semanal.

El equipo participante recomendable es el siguiente: director de Obra, Residentes, Contratistas, Maestros, Inspectores de Obra, áreas de soporte, etc. Según Botero (2021) y Díaz (2021) recomienda los participantes de la tabla 7.

Frecuencia de las reuniones para Plan Semanal: semanal.

Como **primero**, Se recomienda tener buen espacio físico para la reunión que cuente con herramientas visuales como proyección de pantallas de TV o medios impresos (Botero, 2004)

Como **segundo**, se debe preparar el orden del día para la reunión, en la cual se recomienda iniciar con la evaluación de los compromisos de la semana anterior, socializando las causas de no cumplimiento CNC y el porcentaje de asignaciones completadas PAC. Esta información debe ser verificada a través

de un recorrido de obra el día anterior a la reunión. Además, se recomienda que esta no dure más de una hora y media (Botero, 2021)

Tabla 7. Propuesta de participantes en la reunión semanal de planificación en el LPS.

PROPUESTA DE PARTICIPANTES EN LA REUNIÓN SEMANAL DE PLANIFICACIÓN EN EL LPS		
ROL	CARGO EN EL PROYECTO	DESCRIPCIÓN
Coordinador de la reunión	Profesional Director o Residente de Obra	Con reconocida autoridad y conocimientos sobre el tema dentro del grupo de asistentes, con competencias para liderar, coordinar y resolver los conflictos que alguna vez se presenten entre ejecutores y controladores. Garantiza la efectividad de la reunión.
Jefes de frentes de Obra	Residente de Obra o Profesional Técnico	Con conocimientos técnicos y autoridad reconocida por los grupos de trabajo, conocedores de los requerimientos del plan general y sus hitos y actualizados en la liberación de las restricciones de cada actividad a su cargo.
Coordinador de registros y trazabilidad	Profesional o auxiliar letrado, profesional de productividad	Prepara los informes de control de avance de actividades, el registro de las actividades ejecutables a partir de la liberación de las restricciones. Responsable por difundir los resultados en la obra.
Subcomité de la especialista o empresa participante en la ejecución del proyecto	Representante legal o encargado del grupo de los trabajadores	Asume compromisos para el periodo de corto plazo, a partir de sus capacidades que deben responder a la carga semanal solicitada. Difunde entre sus trabajadores los compromisos y acciones requeridas después del análisis de no cumplimiento CNC.
Supervisión y control de actividades	Maestros de obra, capataz, jefe de cuadrilla, inspectores de calidad, seguridad	Con conocimientos sobre los requerimientos de inspección y control de las actividades y de los compromisos a verificar en el periodo de análisis.
Mantenimiento y suministros de recursos materiales	Almacénista	Con conocimientos de las necesidades de abastecimiento de materiales y equipos en las unidades de producción.

Nota. Adaptado de Botero (2021) y Díaz (2021)

## 4 Proceso de Uso

Como **tercero**, se programan las actividades que se pueden realizar según el inventario de trabajo ejecutable ITE obtenido del Plan Intermedio y que no tienen restricciones. Dicha programación se debe hacer con cada uno de los responsables de esa actividad, sea de un contratista o personal administrativo de la organización. En este numeral es importante revisar con que recurso humano se cuenta con el fin de garantizar su cumplimiento. Una buena práctica es diligenciar el cuadro de control de programación semanal con el fin de registrar los resultados, obligaciones y causas de no cumplimiento en las actividades incompletas (Botero & Álvarez, 2005)

Tabla 8. Cuadro de control programación semanal.

Este formulario permite registrar la programación semanal de un proyecto. Incluye campos para el nombre y dirección del proyecto, el periodo y día de programación, y una tabla detallada de actividades con sus respectivas unidades, cantidades planeadas y ejecutadas, responsables, porcentajes de avance y causas de no cumplimiento.

Nota. Adaptado de Botero (2021) y Castiblanco (2020)

Como **cuarto**, se debe hacer seguimiento diario de la programación semanal, para lo cual se recomienda llevar registro del control diario de producción. Este servirá de insumo para diligenciar el cuadro de control semanal indicado en el numeral anterior. Para la recopilación de la información diaria, basta con una corta reunión antes de iniciar labores con los encargados de los procesos constructivos, donde se recoge avances de las actividades del día anterior y se dan instrucciones de las actividades de la jornada a iniciar.

Tabla 9. Control diario de producción.

Este formulario permite registrar el control diario de producción. Incluye campos para el nombre y dirección del proyecto, el periodo y día de programación, y una tabla detallada de actividades con sus respectivas unidades, cantidades planeadas y ejecutadas, responsables, porcentajes de avance y causas de no cumplimiento.

Nota. Adaptado de Botero (2021)

## 4 Proceso de Uso

Como **soporte**, hay que determinar los indicadores a controlar, y según Botero (2021), recomienda llevar registro del porcentaje de asignaciones completadas PAC, y causas de no cumplimiento por categoría CNC. Para esto se puede tener plantillas en Excel con graficas que permitan una lectura visual, fácil de analizar. Tener en cuenta que, en

todas las reuniones del Plan semanal, se deben informar los resultados obtenidos.

Matemáticamente el PAC se define de la siguiente manera:

$$PAC = \frac{\# \text{ asignaciones completadas en la semana}}{\# \text{ de asignaciones comprometidas en la semana}} \times 100$$

El PAC se puede sacar por contratista para determinar sus desempeños y cumplimientos, además se recomienda hacer seguimiento en el tiempo para analizar si mejora o no el PAC.

Tabla 10. Porcentaje de Asignaciones completadas PAC.

PROGRAMACIÓN SEMANAL					
PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS (PAC)					
<Logo>	<Código>				
NOMBRE DEL PROYECTO: <input type="text"/>					
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: <input type="text"/>					
PERIODO DE PLANEACIÓN					
FECHA INICIAL	SEMANA				
FECHA FINAL	1,2,3,n...				
FECHA DE REGISTRO					
SEMANA	PERIODO DE TIEMPO ANALIZADO		SEGUIMIENTO		
	DEL (dd-mm-aaaa)	AL (dd-mm-aaaa)	PAC (%)	PAC ACUMULADO (%)	FECHA DE EVALUACION
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

EVOLUCIÓN SEMANAL DEL % PAC

Nota. Adaptado de Castiblanco (2020)

## 4 Proceso de Uso

También, se usarán los pesos propuestos por Botero (2021). porcentuales de los criterios y variables para la calificación de los contratistas

Tabla 11. Pesos porcentuales y criterios de calificación contratistas.

CRITERIO	VALOR PORCENTUAL
Calidad	35%
Cumplimiento (PAC)	35%
Seguridad Industrial	15%
Orden y Aseo	15%

Nota. Adaptado de Hoyos y Botero (2019)

Ahora bien, el resultado de desempeño de cada contratista le permite a la organización solicitar a los contratistas de mejorar si quieren seguir prestando los servicios a la organización.

A manera de ejemplo, se presenta

Tabla 12. Evaluación de contratistas.

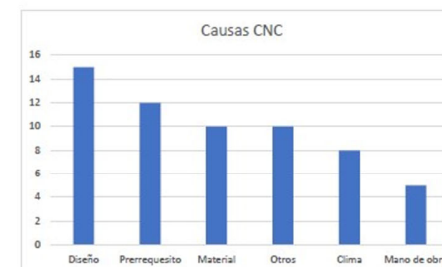
PERIODO DE PLANEACIÓN		CALIFICACIÓN	RANGO	PAC SEMANAL
FECHA INICIAL	SEMANA	BIEN	0-100	
FECHA FINAL	1, 2, 3, n...	REGULAR	1-100	
FECHA DE REGISTRO		MAL	100-150	

CONTRATISTA	ACTIVIDAD CONTRATADA	Criterios				TOTAL
		CUMPLIMIENTO (PAC)	CALIDAD	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO SST	ORDEN Y ASEO	
	Prehincios	35%	35%	15%	15%	
	Movimiento de tierra					
	Construcción					
	Estructura					
	Almacenamiento, paletizado y rotación					
	Sistema especial de					
	Construcción					
	Perforaciones					
	Acabado final					
	Instalación operación					
	Capacitación técnica					
	Capacitación médica					
	Capacitación ambiental					

Nota. Adaptado de Castiblanco (2020) y Botero (2021)

Tabla 13. Ejemplo presentación grafica Causas de no Cumplimiento CNC.



Etiqueta eje x = Causas de no cumplimiento.

Etiqueta eje y = Porcentaje de causas de no cumplimiento.

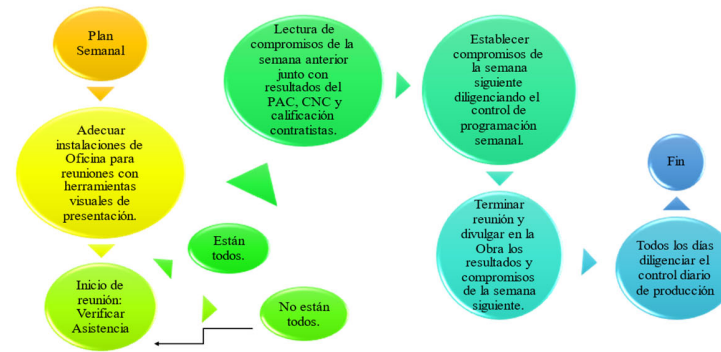
Nota. Adaptado de Díaz (2021)

## 4 Proceso de Uso

### Entregables del Plan Semanal:

- 1) Adecuar una oficina con buen espacio físico para las reuniones semanales que cuente con herramientas visuales como proyección de pantallas de TV o medios impresos.
- 2) Preparar el orden del día para la reunión, en la cual se recomienda iniciar con la evaluación de los compromisos de la semana anterior, como PAC general, PAC por contratista, Evaluación de Contratistas, y CNC.
- 3) Entregar diligenciado el cuadro de control de programación semanal.
- 4) Entregar diligenciado el control diario de producción de la semana.

Figura 10. Plan Semanal.



## Bibliografía

- Al Taie, M. (2022). *Applications of Lean in Construction: Benefits from Using the Last Planner System* [Tesis doctoral, Doctorado en Filosofía en Ingeniería]. University Liberty. Repositorio Institucional University Liberty. <https://digitalcommons.liberty.edu/doctoral/4039>
- Ballard, G. (2000). *El ultimo planificador—Sistema de control de producción* [Tesis doctoral, Doctorado en Filosofía en Ingeniería]. Escuela de ingeniería civil – Birmingham. Repositorio Institucional Escuela de ingeniería civil – Birmingham <https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/09/08152942/the-last-planner-system-of-production-control-ballard2000-dissertation.pdf>
- Botero, L. (2021). *Principios, herramientas e implementación de Lean Construction* (Primera Edición). EAFIT.
- Botero, L. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Universidad EAFIT*, 40(136), 50-64. <http://hdl.handle.net/10784/17183>
- Botero, L., y Álvarez, M. E. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción *Ingeniería y desarrollo*, (17), 148-159. <https://www.redalyc.org/pdf/852/85201708.pdf>
- Castiblanco, F. (2020). *Análisis cualitativo de herramientas lean para la generación de una guía aplicable a la cadena de abastecimiento de la construcción de vivienda en Bogotá d.c.* [Tesis de Maestría, Maestría en Ingeniería Industrial ]. Universidad Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Repositorio Institucional Universidad Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. <https://repositorioescuelaing.edu.co/handle/001/1233>
- Díaz, M. A. (2021). *Modelo de implementación integrada del sistema del último planificador (LPS) 1.0 y 2.0 para proyectos inmobiliarios en Colombia.* [Tesis de Maestría, Maestría en ingeniería civil con énfasis en ingeniería y gerencia de la construcción]. Universidad de los Andes. Repositorio Institucional Universidad de los Andes. <https://repositoriauniandes.edu.co/handle/1992/55802>
- Díaz, M. A. (2022, julio 27). *Challenges and Importance of Human Beings Within the Last Planner System in Colombia: A Case Study* [conferencia]. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Edmonton, Canada. <http://iglc.net/Papers/Details/1963>
- Hoyos, M. F., y Botero, L. F. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: Una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 187-214. <https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10946>

## Bibliografía

Ohno, T. (1988). *El Sistema de Producción Toyota: Mas Allá de la Producción a Gran Escala*. (Primera Edición). New York: Productivity Press.

Vega, T. (2017). *Implementación de last planner system y building information modeling en proyectos de construcción*. [Tesis de Maestría, Magíster en Ingeniería, con énfasis en Gestión de la Construcción]. Universidad EAFIT. Repositorio Institucional Universidad EAFIT. [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13327/Tomas\\_VegaTrujillo\\_2018.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13327/Tomas_VegaTrujillo_2018.pdf?sequence=2)