

Cano, S. (2024). Enseñando el Last Planner System® con su propia metodología. Una experiencia desde el aula. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y tecnología de la Construcción (IX ELAGEC2024)*.

ENSEÑANDO EL LAST PLANNER SYSTEM® CON SU PROPIA METODOLOGÍA: UNA EXPERIENCIA DESDE EL AULA

Sandra Cano¹ – sandra.cano@correounivalle.edu.co

¹Escuela de Ingeniería Civil, Grupo de Investigación GRUA, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

RESUMEN

En el ámbito educativo, la integración de metodologías industriales puede mejorar significativamente el aprendizaje. El Last Planner System® (LPS), utilizado en la construcción para optimizar la productividad, se adapta eficazmente a entornos educativos. Este artículo describe un curso sobre LPS en la Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad del Valle¹, con el objetivo documentar la implementación del LPS en el contexto educativo, destacando los beneficios y desafíos de aplicar esta metodología en la formación de posgrado. El curso fue diseñado con base en resultados de aprendizaje e integró indicadores de logro, siguiendo las fases del LPS: planificación maestra, planificación de fases y planificación semanal. Esto permitió a los estudiantes, organizados en equipos, participar en juegos de aprendizaje y simulaciones que replican procesos reales de implementación del LPS en obra. La implementación del LPS en la educación no solo contribuye al desarrollo de competencias técnicas en planificación y control de la producción, sino que también fomenta habilidades clave como el trabajo en equipo, la toma de decisiones y la resolución de problemas. Así, los estudiantes están mejor preparados para enfrentar los desafíos del sector de la construcción, demostrando que la aplicación del LPS en el entorno académico es no solo viable, sino también altamente beneficiosa para la formación de futuros profesionales en construcción.

PALABRAS CLAVE

Last Planner System® (LPS); Producción en construcción; Gestión de proyectos; Educación en construcción; Trabajo en equipo; Colaboración en proyectos.

¹ Universidad del Valle, Cali, Colombia. www.univalle.edu.co

INTRODUCCIÓN

Desde 2018, el curso de LPS se imparte en la Maestría en Ingeniería Civil, con el objetivo de dotar a los profesionales de competencias técnicas y profesionales para la planificación y control de la producción en obra. Este curso prepara a los profesionales para enfrentar los desafíos de una industria que exige procesos más eficientes y productivos (González, Alarcón, & Mundaca, 2008). La implementación del LPS, herramienta clave de Lean Construction, ha aumentado significativamente en proyectos de construcción, requiriendo profesionales capaces de aplicarlo con eficiencia y calidad. Creado por Glenn Ballard y Gregory Howell, y publicado en la tesis doctoral de Ballard en 2000, el LPS es esencial para la planificación y confiabilidad en la ejecución de proyectos de construcción y otros ámbitos (Ballard, 2000; Howell & Ballard, 1998; Ballard & Tommelein, 2016).

El curso LPS sigue un proceso similar al de un proyecto de construcción en su planificación y ejecución. Se conforman equipos de trabajo en torno a un objetivo común, facilitando el cumplimiento de costos, tiempo y calidad previstos (Hamzeh, Ballard, & Tommelein, 2009; Jang & Kim, 2007). El enfoque práctico del curso, basado en su propia metodología, refuerza las habilidades técnicas de los estudiantes de posgrado y promueve una mentalidad de mejora continua y colaboración, esenciales en la construcción moderna. Además, capacita a los participantes para que puedan ser líderes en el uso de la herramienta en sus futuros proyectos. Este artículo presenta la experiencia del curso LPS, proporcionando una visión detallada de su aplicación práctica en el aula.

COMPRENDIENDO EL LPS

El LPS es un sistema de planificación de producción diseñado para generar un flujo de trabajo predecible y promover un aprendizaje rápido en la programación, diseño, construcción y puesta en marcha de proyectos (Ballard, 2000). Este sistema involucra una serie de procesos de planificación colaborativa, que incluyen la programación maestra, la programación de fases, la planificación anticipada, la planificación semanal del trabajo y las reuniones diarias. Al centrarse en los compromisos de los "últimos planificadores", es decir, las personas que dirigen el trabajo, el LPS busca mejorar la confiabilidad y el desempeño del proyecto (Ballard & Howell, 1998; Ballard & Tommelein, 2016).

Un aspecto crucial para la efectiva implementación del LPS es traducir su metodología a un lenguaje claro y cotidiano que todos los miembros del equipo puedan entender. Esto facilita que las personas comprendan el trabajo asignado y se sienta parte del proceso, Hamzeh, Ballard, & Tommelein, (2009) sugieren que renombrar el LPS en la organización aumenta la apropiación y pertinencia del sistema, de modo que refleje la cultura organizacional. Todo esto requiere de un profesional con competencias adecuadas para su implementación, competencias que se gestan desde el aprendizaje en el curso.

El diseño y desarrollo del curso del LPS se distingue por integrar la metodología del LPS directamente en el proceso de enseñanza, combinando teoría con práctica a través de simulaciones y proyectos colaborativos. Esta aproximación no solo prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos reales en la construcción, sino que también promueve la mejora continua mediante revisiones y ajustes semanales.

DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES EN PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

El desarrollo de competencias profesionales en planificación y control de la producción es esencial para una gestión eficiente y efectiva de proyectos. Estas competencias mejoran la gestión de la cadena de suministro, aseguran la disponibilidad de materiales y recursos, y optimizan la logística interna, espacio y tiempo (Weinmann et al., 2024). Una planificación rigurosa contribuye significativamente a la seguridad en la obra, identificando y mitigando riesgos antes de que se conviertan en problemas (IGLC, 2024). La alineación con las áreas de soporte de la empresa constructora es fundamental para un flujo constante en cada fase del proyecto, alcanzando objetivos de calidad, costo y tiempo. Estas competencias integradas al curso del LPS se detallan en la Tabla 1.

El LPS ha demostrado ser eficaz para mejorar la eficiencia y confiabilidad en proyectos de construcción (Ballard & Howell, 1998; Ballard & Tommelein, 2016). Su enseñanza, principalmente virtual, ha crecido rápidamente a través de empresas de consultoría. Sin embargo, esta formación no reemplaza la profundidad y reflexión académica de la educación universitaria (Hamzeh et al., 2009). La formación universitaria no solo proporciona competencias técnicas, sino que también fomenta la reflexión y la investigación (González et al., 2008). La inclusión del LPS en los programas académicos de construcción es crucial para preparar profesionales competentes en gestión de proyectos de construcción, asegurando un flujo de trabajo constante y la alineación de los procesos organizacionales con los objetivos de calidad, costo y tiempo (Jang & Kim, 2007).

Tabla 1. Categorías de competencias profesionales. Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Competencia profesional
Gestión del Proyecto	Planificación, organización y control eficiente de proyectos
Análisis y Solución de Problemas	Identificación y resolución efectiva de problemas
Toma de Decisiones	Habilidad para tomar decisiones informadas y estratégicas
Trabajo en Equipo	Colaboración efectiva con equipos multidisciplinarios
Comunicación Efectiva	Transmisión clara y concisa de información
Adaptabilidad	Ajuste de planes y estrategias ante cambios y desafíos
Pensamiento Crítico y Creativo	Análisis de situaciones complejas y desarrollo de soluciones innovadoras
Gestión de la Información	Manejo de información relevante para planificación y control
Orientación a Resultados	Enfoque en el logro de objetivos específicos del proyecto
Planificación Estratégica	Desarrollo de planes integrales a largo plazo
Liderazgo	Motivación y guía de equipos hacia objetivos comunes
Coordinación y Organización	Coordinación eficiente de actividades, tareas y recursos
Responsabilidad Ética y Profesional	Comprensión de responsabilidades éticas y profesionales
Innovación en Procesos	Implementación de mejoras en procesos logísticos y de suministro
Gestión de Riesgos	Identificación y mitigación de riesgos
Sostenibilidad	Aplicación de prácticas sostenibles en gestión de recursos y logística

A diferencia de la formación ofrecida por consultores, centrada en aspectos prácticos y específicos, la formación universitaria permite un enfoque más holístico y crítico, inspirando a los estudiantes a desarrollar investigaciones en temas relacionados y contribuyendo al avance del conocimiento y la práctica en la industria de la construcción (IGLC, 2024). La escasa oferta de cursos universitarios sobre LPS es una oportunidad perdida para equipar a futuros profesionales con habilidades esenciales. Es imperativo

que las universidades adopten y adapten el LPS, incluso desde el pregrado, para mejorar la formación en producción y profesionalizar más la industria de la construcción (Ballard & Tommelein, 2016; Hamzeh, Ballard, & Tommelein, 2009). Además, la integración del LPS en los currículos universitarios, como se destaca en la Tabla 2, subraya la importancia de alinear la formación académica con las necesidades y prácticas de la industria de la construcción. Esta inclusión no solo mejora la preparación técnica de los profesionales, sino que también facilita una conexión directa con las empresas del sector en sus respectivos países. Parte de la misión universitaria es colaborar con la industria para crear conocimiento aplicable, mientras que la industria proporciona experiencias prácticas que enriquecen la enseñanza y mejoran la formación profesional.

EL CONTENIDO DEL CURSO

Para llevar a cabo un proceso efectivo de planificación y control de la producción, que incluye el diseño del proceso de producción, fabricación y logística (Ballard, 2008), el producto debe estar diseñado con un alto nivel de constructabilidad, es decir, que sea fácilmente edificable.

Del mismo modo, un curso debe abarcar diversos temas que capaciten al alumno para desarrollar competencias técnicas y profesionales en la implementación y gestión del LPS en la fase de ejecución del proyecto. Esto incluye comprender la relación entre LC y LPS, así como profundizar en la conceptualización del LPS desde la perspectiva del autor (Ballard y Howell, 2003). Un curso de LPS debe ofrecer una comprensión detallada de la metodología de trabajo desde un enfoque general hasta la ejecución detallada, proporcionando una visión integral de su funcionamiento y aplicación práctica.

Es crucial también asegurar el entendimiento de la adecuada articulación de la cadena de suministro y la logística interna de la obra para garantizar el abastecimiento efectivo del punto de producción (Murguía, 2019). La reunión semanal es esencial para la planificación, seguimiento y control del proyecto dentro del LPS, enfatizando su papel en la coordinación y resolución oportuna de problemas. Estas dinámicas que promuevan el trabajo colaborativo son fundamentales para formar equipos confiables que refuercen los compromisos del LPS (Daniel et al., 2015). La importancia de los incentivos en el desarrollo y éxito del LPS también se discute ampliamente (Lappalainen et al., 2022). La Tabla 3 presenta el contenido del curso ofrecido en la Maestría de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle.

Tabla 2. Algunas universidades en el mundo que enseñan el LPS. Fuente: Elaboración propia.

Universidad	Descripción	¿Cómo se usa el LPS para enseñar LPS?
Universidad de Stanford	Incluye Lean Construction y el LPS en su programa de Ingeniería Civil y Ambiental. Los estudiantes aplican estas metodologías en contextos reales.	Los estudiantes aplican el LPS en proyectos reales y simulaciones, desarrollando habilidades prácticas.
Universidad de California, Berkeley	Ofrece cursos especializados en Lean Construction y el LPS dentro de su currículo de Ingeniería Civil. Usa la metodología del LPS para enseñar Lean Construction y el propio LPS.	A través del P2SL, usan sesiones de planificación y simulaciones que reflejan situaciones reales.
Universidad de Alberta	Ha integrado el LPS en sus programas de Ingeniería Civil, usando la metodología del LPS para la planificación y enseñanza del curso.	Utilizan simulaciones y ejercicios prácticos para aplicar el LPS en un entorno controlado.
Universidad Técnica de Dinamarca (DTU)	Líder en Europa en la enseñanza de Lean Construction y el LPS. Sus programas de posgrado incluyen módulos específicos sobre estas metodologías.	Incluyen módulos específicos sobre el LPS en programas de posgrado, destacando su aplicación práctica.
Universidad de Auckland	Ha integrado el LPS en sus programas de Ingeniería Civil y Gestión de la Construcción, combinando teoría y práctica.	Combinan teoría y práctica aplicando el LPS en simulaciones y estudios de caso.
Universidad Politécnica de Cataluña	Ofrece programas de Ingeniería de Edificación y Gestión de la Construcción que incluyen el LPS, enfocándose en la colaboración y el compromiso de los equipos de proyecto.	Fomentan la colaboración y el compromiso del equipo mediante ejercicios prácticos de LPS.
Universidad de Salford	Incluye el LPS en su currículo de Ingeniería de la Construcción y Gestión de Proyectos. Los estudiantes participan en talleres y proyectos prácticos.	Usan talleres y proyectos prácticos para aplicar el LPS en entornos reales.
Universidad de Melbourne	Ha adoptado el LPS en sus programas de Ingeniería y Construcción, combinando teoría y práctica.	Combinan teoría y práctica, utilizando el LPS en proyectos para mejorar la eficiencia.
Pontificia Universidad Católica de Chile	Ha integrado el LPS en sus programas de Ingeniería Civil y Gestión de la Construcción, usando la metodología del LPS para planificar y desarrollar sus cursos.	Aplican el LPS en la planificación y desarrollo del curso con ejercicios y simulaciones.
Universidade de São Paulo (USP)	Implementa Lean Construction y el LPS en sus programas de Ingeniería Civil y Gestión de Proyectos, usando simulaciones y estudios de caso.	Se realizan simulaciones y estudios de caso para aplicar el LPS en escenarios reales.
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	Adopta el LPS en sus cursos de posgrado en Ingeniería Civil y Construcción, usando la metodología del LPS para la planificación y enseñanza del curso.	Utilizan la metodología del LPS para la planificación y enseñanza con ejercicios prácticos.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Enseña el LPS en sus programas de Ingeniería Civil, incluyendo ejercicios prácticos y simulaciones.	Diseñan cursos con ejercicios prácticos y simulaciones que replican el LPS.
Universidade Federal do Ceará (UFC)	Integra el LPS en sus programas de Ingeniería Civil, usando talleres y proyectos prácticos.	Ofrecen talleres y proyectos que permiten aplicar el LPS en situaciones reales.
Universidad de los Andes	Pionera en la integración de Lean Construction y el LPS en su currículo de Ingeniería Civil.	Incorporan el LPS en cursos y proyectos de investigación con aplicación práctica.
Pontificia Universidad Javeriana	Incluye módulos sobre Lean Construction y el LPS en sus programas de posgrado en Gerencia de Proyectos de Construcción.	Realizan talleres y seminarios para actualizar a los profesionales en LPS.
Universidad Nacional de Colombia	Incorpora la enseñanza del LPS a través de cursos especializados y colaboraciones con empresas del sector.	Promueven la investigación y aplicación práctica del LPS mediante colaboraciones.
Universidad del Valle	Integra Lean Construction y el LPS en sus programas académicos de Ingeniería Civil y de posgrado en Ingeniería Civil.	El programa de trabajo del curso y el curso mismo se desarrollan según los lineamientos del LPS
Escuela de Administración y Finanzas e Instituto Tecnológico (EAFIT)	Adopta el LPS en sus currículos, especialmente en programas de posgrado relacionados con la gestión de proyectos de construcción.	Forman en LPS con enfoque teórico y práctico en gestión eficiente de obras.

CARGA ACADÉMICA DEL CURSO

El curso LPS, con una carga académica de 4 créditos, se ofrece durante 16 semanas, con 2 semanas adicionales para evaluaciones. Requiere una dedicación total de 192 horas por parte del estudiante y 8 horas para evaluaciones parciales y finales. De estas 192 horas, 64 son de trabajo presencial (4 hr/semana) y 128 de trabajo independiente (8 hr/semana).

El curso combina sesiones magistrales, simulaciones y juegos de aprendizaje para explicar conceptos clave relacionados con el proceso de producción y los conceptos propios de LC. Además, los estudiantes desarrollan un proyecto final y participan en tareas que replican las etapas del LPS: la planificación "pull", la intermedia y la semanal. Se asignan tareas y lecturas complementarias, y se recomiendan videos en línea relacionados con la temática del curso. El curso también incluye discusiones, participación de expertos y actividades diseñadas para promover procesos de aprendizaje activo. Es en esta diversificación que la libertad de cátedra adquiere relevancia para el docente y su función como maestro.

DISEÑO Y CONTENIDO DEL CURSO

En el contexto educativo actual, existe una creciente necesidad de elaborar programas basados en resultados de aprendizaje. Esta tendencia responde a la demanda de una educación más efectiva y centrada en el estudiante, garantizando que los conocimientos y habilidades adquiridos sean aplicables y relevantes en el ámbito profesional. Diseñar cursos con este enfoque permite evaluar con precisión el progreso y éxito de los estudiantes, asegurando que se cumplan los objetivos educativos de manera consistente y transparente.

Los resultados de aprendizaje son una herramienta clave en la educación superior, ya que permiten alinear las competencias esperadas de los estudiantes con las necesidades sociales, económicas y productivas del país, así como con los objetivos institucionales de cada programa académico. Estos resultados, definidos en coherencia con el perfil de egreso y las competencias del programa, sirven como indicadores del progreso y desarrollo de los estudiantes a lo largo de su formación. Además, facilitan la evaluación continua de los procesos educativos mediante el Sistema Interno de Aseguramiento de la Calidad (SIAC), garantizando que los egresados posean las capacidades necesarias para desempeñarse eficazmente en su ámbito profesional. La claridad en la formulación de los resultados de aprendizaje no solo orienta el diseño curricular y la planificación didáctica, sino que también proporciona una referencia explícita para empleadores y la sociedad sobre las competencias y habilidades adquiridas por los estudiantes durante su formación.

En la Tabla 3, se presentan temas y tareas del curso, para todas las tareas marcadas con (*) los estudiantes deben elaborar el informe de desempeño en el formato estándar para el reporte de la ejecución de la tarea al finalizar la misma.

Tabla 3. Temas y tareas del programa del curso LPS. Fuente: Elaboración propia.

Bloques	Temas		Trabajo colaborativo		Juegos de Aprendizaje		Asignaciones	
Lean Construction	0	Presentación del plan de trabajo	1	Elaboración de la EDT y plan de trabajo del curso*	1	Variabilidad	0	Plan de trabajo del curso. Uso de herramientas p. ejemplo: Miro, Trello
	1	Introducción al Sistema de Producción Toyota, TPS	2	Ejercicio de producción: Lectura colaborativa	2	Fábrica de aviones*	1	Lectura libro Sistema de Producción Toyota
	2	Principios TPS					2	Lectura (Koskela, 1992)
	3	Principios LC, Koskela 1992	3	Taller sobre los cinco principios Lean Production*				
Origen del LPS	4	Lean Project Delivery System	4	Taller sobre conceptos de Valor, Flujo y Transformación*	3	Parade of Trades*	3	Lectura artículo (Ballard, 2008)
	5	Introducción al LPS	5	Ejercicio de producción: Lectura colaborativa			4	Lectura de la Tesis Glenn Ballard
Last Planner System	6	Las reuniones LPS	6	Diseño del producto. Documentación del diseño*	4	Adaptación del juego “Villego” *	5	Realizar la Pull Session del trabajo del curso. Definir hitos y fases.
	7	Planificación Maestra, definición de hitos						
	8	Planificación de Fases						
	9	Planificación intermedia	7	Pull Session. Análisis de restricciones. Plan de suministro. Plan logístico para construcción*				
	10	Planificación semanal	8	Avance y planificación para cada periodo simulado. Análisis de resultados*				Planificación y control del avance de la simulación. Reporte del resultado de la simulación.
	11	La reunión semanal	9	Ejemplos de la realización de la reunión semanal*				Lectura de artículo relacionado con la reunión semanal
	12	Incentivos en el desarrollo del LPS	10	Puesta en común de ejemplos de incentivos*			6	Lectura de artículo relacionado con los incentivos en el desarrollo del LPS
Herramientas LC	13	BIG ROOM	11	Taller en clase: Desarrollo del Layout de la obra*	5	Juego 5S*	7	Investigación sobre otras herramientas y reporte en el formato A3 de un caso documentado de utilización de la herramienta
	14	Takt Time						
	15	Metodología 5 S						
	16	Solución de problemas	12	Sesión A3				
	17	Estudios de Layout						
	18	Gestión Visual						
Simulación LPS	19	Taller LPS aplicado a un proyecto real	13	Asignación de roles y desarrollo del LPS*	6	Simulación*	8	Proyecto: Visita a obra. información del avance de la construcción
Gestión de la Cadena de suministro, GCS, y gestión logística de obra, LO	20	La problemática de la gestión de la GCS en construcción	14	Proyecto: Plan de gestión de la cadena de suministro para el proyecto	7	Juego del cemento*	9	Lectura Juego de la Cerveza
	21	Modelo de logística en obra			8	Rutas de abastecimiento*	10	Proyecto: Plan de abastecimiento al punto de producción para el proyecto

RESULTADOS DE APRENDIZAJE, INDICADORES DE LOGRO Y CAPACIDADES

A continuación, se presenta la Tabla 4 que detalla los resultados de aprendizaje esperados, los indicadores de logro correspondientes y las capacidades profesionales que se proponen alcanzar mediante la implementación del curso.

Tabla 4. Resultados de aprendizaje, indicadores de logro y capacidades propuestas a alcanzar. Elaboración propia.

Criterio de aprendizaje	Resultado de aprendizaje	Indicadores de logro	Capacidades profesionales para la planificación y el control de la producción en construcción
Aplicación de métodos y técnicas propias del LPS en la fase de construcción del proyecto	Despliega un sistema de planificación y control de la ejecución de la construcción de obras para utilizar adecuadamente los recursos disponibles y garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto en términos de tiempo, costo, calidad y alcance con el desarrollo de habilidades para el trabajo en equipo	<ul style="list-style-type: none"> ● Demuestra la capacidad de elaborar planes detallados utilizando el LPS. ● Gestiona la ejecución de proyectos con base en la metodología LPS. ● Identifica y resuelve problemas relacionados con la programación y control de proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión del Proyecto: Habilidad para planificar, organizar y controlar proyectos de construcción de manera eficiente. ● Análisis y Solución de Problemas: Capacidad para identificar problemas y aplicar soluciones efectivas utilizando el LPS. ● Toma de Decisiones: Habilidad para tomar decisiones informadas y estratégicas en la gestión de proyectos. ● Trabajo en Equipo: Desarrolla habilidades para colaborar efectivamente con equipos multidisciplinarios. ● Comunicación Efectiva: Habilidad para comunicar planes, problemas y soluciones de manera clara y concisa a todos los miembros del equipo. ● Adaptabilidad: Capacidad para ajustar planes y estrategias en función de los cambios y desafíos del proyecto.
Comprensión y Reconocimiento del Alcance del Trabajo en el LPS	Reconoce la aplicación del LPS en la fase de construcción, comprendiendo el alcance del trabajo a desarrollar y gestionando cada nivel de planificación y control.	<ul style="list-style-type: none"> ● Comprende y explica el alcance del trabajo en el contexto del LPS. ● Gestiona niveles de planificación y control en proyectos de construcción. ● Desarrolla estrategias para la implementación efectiva del LPS. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pensamiento Crítico y Creativo: Habilidad para analizar situaciones complejas y desarrollar soluciones innovadoras. ● Gestión de la Información: Capacidad para gestionar información relevante para la planificación y control de proyectos. ● Trabajo Colaborativo: Habilidad para trabajar efectivamente en equipos multidisciplinarios. ● Orientación a Resultados: Capacidad para enfocar esfuerzos y recursos en el logro de objetivos específicos del proyecto. ● Planificación Estratégica: Habilidad para desarrollar planes a largo plazo que integren múltiples niveles de gestión. ● Liderazgo: Capacidad para guiar y motivar a los equipos hacia el logro de los objetivos del proyecto.
Gestión de la Cadena de Suministro y Logística Interna	Establece la articulación de la organización de construcción con la fase de construcción del proyecto, gestionando la cadena de suministro y la logística interna de la obra.	<ul style="list-style-type: none"> ● Implementa estrategias de gestión de la cadena de suministro en proyectos de construcción. ● Optimiza la logística interna de la obra para mejorar la eficiencia del proyecto. ● Coordina eficazmente las tareas de diferentes áreas involucradas en el proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de la Cadena de Suministro: Habilidad para gestionar la cadena de suministro y logística interna en proyectos de construcción. ● Coordinación y Organización: Capacidad para coordinar tareas y organizar recursos de manera eficiente. ● Responsabilidad Ética y Profesional: Comprensión de las responsabilidades éticas y profesionales en la gestión de proyectos. ● Innovación en Procesos: Habilidad para implementar mejoras en los procesos de logística y suministro. ● Gestión de Riesgos: Capacidad para identificar y mitigar riesgos relacionados con la cadena de suministro y la logística. ● Sostenibilidad: Conciencia y aplicación de prácticas sostenibles en la gestión de recursos y logística en la construcción.

IMPLEMENTACIÓN DEL LPS EN EL CURSO

El curso se implementa utilizando la metodología del LPS mediante una estructura organizada que refleja las etapas del LPS en la gestión de proyectos. Inicialmente, se establece un plan maestro que define los objetivos e hitos clave del curso. Luego, se lleva a cabo la planificación de fases, desglosando estos hitos en tareas más detalladas y manejables. Cada semana, se realizan sesiones de planificación anticipada para identificar y resolver posibles restricciones que puedan afectar el progreso. Al concluir la sesión semanal, se evalúa el Porcentaje del Plan Completado (PPC), se efectúa la planificación intermedia, se revisan y se identifican nuevas restricciones, se verifica el cumplimiento de las comprometidas, y se planifica el trabajo para la semana siguiente. Este proceso asegura que todos los recursos y tareas estén coordinados. Esta estructura permite una implementación dinámica y efectiva del curso, promoviendo la colaboración y el aprendizaje activo entre los estudiantes, al desarrollarse bajo la misma metodología de la herramienta que se está aprendiendo. En la Figura 1 se presenta el Plan Maestro del curso, referenciado a las tareas de la Tabla 3.

EL PLAN MAESTRO

La obtención del Plan Maestro (PM) para el curso difiere del proceso de creación del PM para una obra. En la primera versión del curso, se desarrolló estratégicamente el PM para ser presentado a los estudiantes en la primera sesión del curso. En esta primera sesión, después de que los estudiantes han leído y entendido el programa del curso, han elaborado la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) y han definido la herramienta de trabajo para gestionar el curso como un proyecto, se presenta el PM, como se muestra en la Figura 1. De igual manera se aclaran los roles para llevar a cabo el programa.

Una vez completada la EDT, los estudiantes adquieren una visión del alcance del trabajo en el curso, lo que permite explicar y discutir las tareas incluidas en el PM. Se reflexiona sobre los ritmos de trabajo de los grupos de tareas, la secuencia de ejecución de las tareas, la necesidad de identificar restricciones y la importancia de liberarlas para garantizar el flujo de trabajo. Si durante esta conversación de planificación se identifica la necesidad de ajustar el PM, se realiza inmediatamente. Entender el programa del curso es equivalente a entender el proyecto, el programa actúa como el producto diseñado que pasa a su fase de producción.

Cuando el PM está comprendido, se identifican los hitos. Posteriormente, se discute la pertinencia de establecer fases para el desarrollo del programa. Con un curso de 16 semanas, tradicionalmente se han propuesto dos fases separadas por la evaluación intermedia, en otras ocasiones, se ha sugerido dividir en cuatro fases de 4 semanas cada una.

De igual manera se presenta a los estudiantes la planificación semanal para la primera semana de clase. Esta planificación es la orientación para el desarrollo del primer encuentro del curso.



Figura 1. Plan Maestro resultado de la Pull Session. Fuente: Elaboración propia.

PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

A continuación de la obtención del PM, se realiza la planificación intermedia a cuatro semanas vistas, como se muestra en la Figura 2. En esta etapa, se identifican las restricciones y se asignan responsables. Los estudiantes conforman grupos de trabajo para la elaboración del Trabajo Final del Curso (TF) y para realizar las tareas asignadas. En este contexto, se distinguen dos roles principales: estudiantes y profesor, quienes colaboran en la ejecución del programa del curso. Más adelante, durante las simulaciones, cada estudiante asume diferentes roles según las necesidades de las simulaciones.

Durante la planificación intermedia, se detallan con más precisión las actividades a ser desarrolladas por cada último planificador. Este último planificador establece compromisos y contribuye a la identificación de restricciones. En la última parte de cualquier sesión, se planifica la siguiente. Al final de la primera sesión, ya que se tiene claridad sobre el trabajo a desarrollar y las asignaciones futuras, de manera que se inicia la rutina de planificación con la segunda semana. Esta primera sesión termina con un juego de aprendizaje para familiarizar a los estudiantes con los conceptos de variabilidad y desperdicio. En esta sesión no se utilizan plantillas para levantar restricciones; es un acercamiento inicial al entendimiento de conceptos y la metodología misma.

PLANIFICACION INTERMEDIACURSO SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR																			
Semana No: 1					Semana No: 2					Semana No: 3					Semana No: 4				
L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
				0					1					3					5
									2					4					6
																			5
				1					2					3					
														4					
				1					2					2					3
				0					3										5
				1					4										
				2															

Figura 2. Plan intermedio resultado de la primera sesión de clase. Fuente: Elaboración propia.

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Al inicio de cada sesión de clase se presenta el plan de trabajo detallado, que incluye las tareas a realizar y las actividades en reserva con restricciones liberadas. Según la metodología del LPS, una actividad en reserva es una tarea adicional que se puede realizar si las tareas principales se completan antes de lo previsto o si surgen imprevistos. Estas actividades ya han superado las restricciones y están listas para ser ejecutadas, asegurando que el tiempo se utilice productivamente. En la Figura 3 se presenta el Plan Semanal para la primera semana, con un registro del PPC de la primera versión del curso.

Una sesión típica se desarrolla conforme al plan previsto, con 4 horas en total, divididas en bloques de trabajo intercalados con dos descansos de 15 minutos, dejando 3.5 horas efectivas para el trabajo. Al finalizar, se lleva a cabo la reunión semanal, donde primero se calcula el PPC de la semana, luego se realiza la planificación intermedia, revisando y abordando las restricciones y finalmente, se planifican las tareas para la próxima semana, permitiendo que cada último planificador establezca su compromiso. En la Figura 4 se presenta un ejemplo de las Causas de No Cumplimiento (CNC) de la primera versión del curso en 2019.

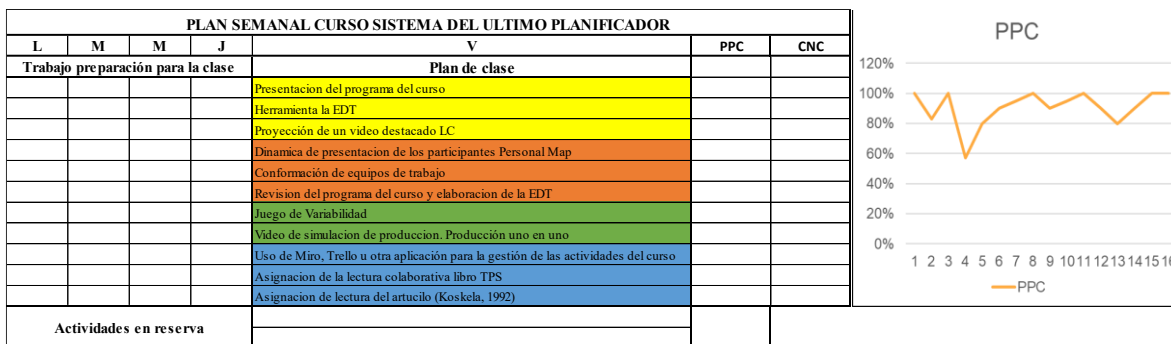


Figura 3. Plan semanal resultado de la planificación intermedia. En este plan se incluyen las tareas a realizar en la semana por cada uno de los últimos planificadores, estudiantes y profesor del curso.

	CNC	Frecuencia	Acumulado
1	Se superó el tiempo de descanso	40%	40%
2	Las tareas usaron mas tiempo que el previsto	30%	70%
3	Las tareas no estaban listas para su ejecución	20%	90%
4	Se planificaron mas tareas que las que podían ser llevadas a cabo	10%	100%
		100%	100%

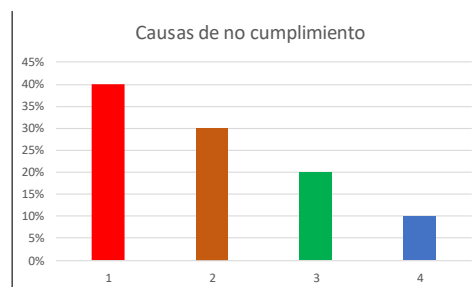


Figura 4. Registro del PPC del desempeño de la primera versión del curso de 2019 y un ejemplo del registro de CNC.

LA BIG ROOM

Durante el desarrollo del curso, el salón de clase se transforma en una "Big Room" para las simulaciones del LPS. Este entorno permite una colaboración intensiva y eficaz, simulando un entorno real de gestión de la producción de la obra. Los estudiantes asumen diferentes roles y trabajan en equipo para planificar y controlar proyectos de construcción con información real. Las paredes del salón se utilizan para visualizar planes, tareas y restricciones, permitiendo un seguimiento constante del progreso y la resolución rápida de problemas. Esta metodología fomenta el aprendizaje activo y prepara a los estudiantes para desafíos reales en la gestión de proyectos. En las imágenes a continuación se aprecian momentos de actividades en el salón de clase, Figura 5.

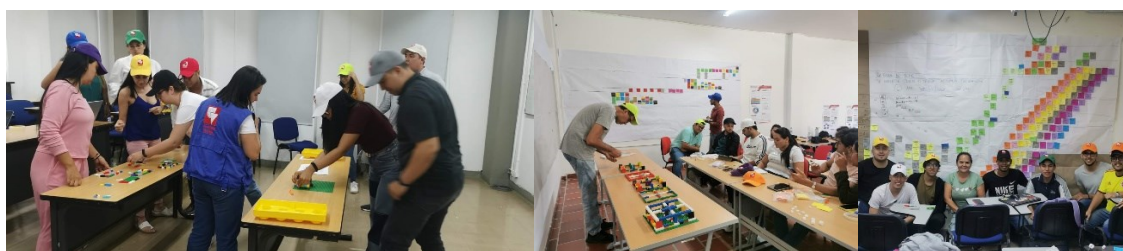


Figura 5. Aspectos del trabajo en las simulaciones y sesiones de trabajo en clase.

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE

La evaluación de los resultados de aprendizaje en este curso se realiza a través de una combinación de tareas, proyectos, simulaciones y evaluaciones periódicas. Cada componente del curso está diseñado para medir el progreso y el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje establecidos al inicio. La siguiente tabla detalla los métodos de evaluación utilizados, las actividades correspondientes y los resultados de aprendizaje específicos que se espera alcanzar. Esta estructura de evaluación integral garantiza que los estudiantes

desarrollen las competencias técnicas y profesionales necesarias para la gestión efectiva de proyectos de construcción. En la Tabla 5 se relacionan los métodos de evaluación, los resultados de aprendizaje evaluados y las competencias alcanzadas.

Tabla 5. Medios de evaluación, resultados de aprendizaje evaluados y competencias alcanzadas

Método de Evaluación	Actividad	Resultados de Aprendizaje Evaluados	Competencias Profesionales Alcanzadas
Tareas y Lecturas	Asignación de lecturas complementarias	Comprensión teórica de los conceptos de LPS y LC	Conocimiento técnico, análisis crítico
Proyecto	Trabajo Final del Curso (TF)	Aplicación práctica de la metodología LPS en un proyecto real	Gestión de proyectos, solución de problemas
Simulaciones	Participación activa en las simulaciones	Desarrollo de habilidades colaborativas y de resolución de problemas	Trabajo en equipo, pensamiento estratégico
Evaluaciones Semanales	Participación en la planificación semanal	Monitoreo del progreso y capacidad de planificación intermedia	Planificación y seguimiento, cumplimiento de objetivos
Reuniones Semanales	Discusión de progreso y restricciones	Habilidades de comunicación y resolución de conflictos	Comunicación efectiva, liderazgo
Evaluaciones Intermedias	Exámenes parciales	Evaluación del conocimiento adquirido y capacidad de aplicación práctica	Evaluación crítica, capacidad analítica
Participación en Clase	Contribuciones en discusiones y actividades	Involucramiento activo y desarrollo de pensamiento crítico	Participación activa, pensamiento crítico

ANÁLISIS DEL PROGRAMA DEL CURSO Y REFLEXIÓN SOBRE SUS BENEFICIOS

El programa del curso abarca diferentes niveles de planificación y ejecución que reflejan fielmente la metodología del LPS. Este enfoque proporciona una formación holística que combina teoría y práctica para desarrollar competencias técnicas y profesionales en los estudiantes. El curso no solo imparte conocimientos teóricos sobre el LPS, sino que también desarrolla habilidades prácticas para la gestión efectiva de proyectos de construcción.

Para verificar los beneficios descritos, se ha realizado un análisis cualitativo alineado con los indicadores de logro y capacidades presentados en la Tabla 4. Este análisis se basa en observaciones directas durante el curso, testimonios de estudiantes, y reflexiones de los instructores, que evidencian cómo la metodología del LPS ha facilitado el desarrollo de competencias clave. Aunque los datos cuantitativos pueden ser limitados, estos aspectos cualitativos proporcionan una validación tangible de los beneficios del curso, demostrando un impacto positivo en la preparación de los estudiantes para enfrentar los desafíos en el sector de la construcción.

- Los beneficios de este curso se reflejan en varios aspectos clave:
- **Aplicación Práctica:** Los estudiantes aplican conceptos teóricos en proyectos reales, mejorando su capacidad para gestionar proyectos de manera efectiva.
- **Desarrollo de Competencias:** El curso fomenta habilidades esenciales como la comunicación, el trabajo en equipo y la resolución de problemas.

- **Mejora Continua:** La cultura de retroalimentación y ajuste constante ayuda a los estudiantes a adaptarse y mejorar continuamente.
- **Preparación Integral:** Los diferentes niveles de planificación aseguran que los estudiantes estén preparados para asumir roles de liderazgo y responsabilidad en la producción y productividad en la construcción.

CONCLUSIONES

La integración del Last Planner System en el curso de la Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad del Valle, prepara a futuros profesionales de la construcción para la mejora de la planificación y el control de la producción en obra, así como la productividad del proyecto en su fase de ejecución. El principal aspecto diferenciador es la integración directa del LPS en la estructura del curso, junto con su enfoque práctico y adaptable, ejemplificando durante su desarrollo elementos propios de la implementación de LPS.

El curso no solo proporciona competencias técnicas en la gestión de proyectos de construcción, sino que también fomenta habilidades como la toma de decisiones, el trabajo en equipo, y la resolución de problemas. Estas competencias son esenciales para que los profesionales puedan liderar proyectos de manera eficiente y efectiva, alineándose con los objetivos de calidad, costo y tiempo entre otros.

La metodología del curso, que incluye tareas, proyectos, simulaciones y evaluaciones continuas, ofrece a los estudiantes una experiencia práctica que complementa su formación teórica. Esta combinación de teoría y práctica asegura que los estudiantes estén mejor preparados para enfrentar los desafíos del mundo real en la industria de la construcción.

La adaptación del LPS a la enseñanza universitaria crea un entorno de aprendizaje más organizado, colaborativo y receptivo. Este enfoque innovador no solo mejora la experiencia educativa, sino que también demuestra el potencial de las aplicaciones interdisciplinarias para impulsar la excelencia educativa.

RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS

Aplicación del LPS en diferentes contextos educativos: Explorar la implementación del LPS en distintos niveles educativos y en diferentes contextos culturales y geográficos y como estos contextos afectan la efectividad de la metodología para mejorar su adaptación.

Integración de tecnología en la implementación del LPS: Investigar cómo la tecnología, como el uso de software de gestión de proyectos, aplicaciones de simulación y plataformas de colaboración en línea, puede mejorar la implementación del LPS en entornos educativos.

Impacto del LPS en la sostenibilidad y seguridad: Analizar cómo la implementación del LPS en la formación de profesionales de obra influye en prácticas sostenibles y en la mejora de la seguridad en obras de construcción, así como la propensión a adoptar medidas sostenibles y a priorizar la seguridad en sus proyectos.

Desarrollo de herramientas de evaluación específicas: Crear y validar herramientas de evaluación específicas para medir el impacto del LPS en el desarrollo de competencias

profesionales. Estas herramientas deben ser capaces de evaluar el conocimiento teórico, la capacidad práctica, la toma de decisiones y las habilidades de trabajo en equipo.

Colaboración Universidad-Industria: Fomentar la colaboración entre universidades y empresas de construcción para desarrollar programas de estudio y proyectos de investigación conjuntos.

REFERENCIAS

- Ballard, G. (2000). The Last Planner System of Production Control (Doctoral dissertation, University of Birmingham).
- Ballard, G., & Tommelein, I. (2016). Lean Project Delivery and Integrated Practices. Lean Construction Institute.
- Ballard, G., & Howell, G. (1998). Implementing lean construction: Improving downstream performance. Proceedings of the 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24856.65286>
- Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). An Update on Last Planner System. Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28377.95840>
- Ballard, G., & Tommelein, I. (2016). Current process benchmark for the Last Planner System.
- Bortolazza, R. C. & Formoso, C. T. 2006. A Quantitative Analysis of Data Collected From the Last Planner System in Brazil, 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 625-635.
- Construction Industry Institute. (1986). Constructability: A Primer. Research Summary 3-1, CII.
- Daniel, E. I., Pasquire, C., & Dickens, G. (2015). Exploring the Implementation of the Last Planner® System Through IGLC Community: Twenty-One Years of Experience. Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System. Ingeniería y Desarrollo, vol.36 no.1 Barranquilla Jan./June 2018.
- Fuemana, J. & Puolitaival, T. 2013. Last Planner System – a Step Towards Improving the Productivity of New Zealand Construction, 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 679-688.
- González, V., Alarcón, L. F., & Mundaca, F. (2008). Investigating the relationship between planning reliability and project performance. Production Planning & Control, 19(5), 461-474. [10.1080/09537280802059023](https://doi.org/10.1080/09537280802059023)
- Hamzeh, F. R, Ballard, G. & Tommelein, I. D. 2009. Is the Last Planner System Applicable to Design? A Case Study, 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 165-176.
- Howell, G. & Ballard, G. 1998. Implementing Lean Construction: Understanding and Action, 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- Jang, J. W., and Kim, Y. W. (2007). Use of Percent of Constraint Removal to Measure the Make Ready Process. In: 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. East Lansing, Michigan, USA. 15, pp. 529–38.

- Lappalainen, E., Ibrahim, H. A., Seppänen, O. & Palsola, I. 2022. Findings on the Use of the Last Planner System—a Case Study, Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 60-71
- Letsbuild. (2023). The Last Planner® system: A brief but comprehensive overview. Recuperado de <https://www.letsbuild.com>
- Lean Construction Blog. (2024). Teaching Lean Construction II: Last Planner System. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com>
- Murguía, D. 2019. Factors Influencing the Use of Last Planner System Methods: An Empirical Study in Peru, Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 1457-1468. doi.org/10.24928/2019/0224
- Salama, T., Salah, A. y Moselhi, O. (2021), "Integración de la gestión de proyectos de cadena crítica con el sistema de último planificador para la programación lineal de la construcción modular", Construction Innovation, vol. 21, núm. 4, págs. 525-554. <https://doi.org/10.1108/CI-05-2018-0046>
- Ballard, G. (2008). The Lean Project Delivery System: An Update. Lean Construction Journal.
- Warcup, R., & Reeve, E. (2014). Villego® Simulation to Teach the Last Planner® System. Lean Construction Journal, 1-15.
- Tsao, C. C., Azambuja, M., Hamzeh, F. R., Menches, C. & Rybkowski, Z. K. 2013. Teaching Lean Construction Perspectives on Theory and Practice, 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 977-986.
- Toledo, M., Olivares, K. & González, V. 2016. Exploration of a Lean-Bim Planning Framework: A Last Planner System and Bim-Based Case Study, 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction
- Weinmann, M., Baier, C., Miguel, A. S. & Haghsheno, S. 2024. Structuring Approach and Current Status of Integrated Project Delivery (IPD) in Germany, Proceedings of the 32nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 32) , 143-154. doi.org/10.24928/2024/0171
- Zaeri, F., Rotimi, J.O.B., Hosseini, M.R. and Cox, J. (2017), "Implementation of the LPS using an excel spreadsheet: A case study from the New Zealand construction industry", onstruction Innovation, Vol. 17 No. 3, pp. 324-339. <https://doi.org/10.1108/CI-01-2016-0002>