

02-036

IMPLEMENTATION OF LAST PLANNER SYSTEM TO SINGLE-FAMILY HOUSING

Casas-Rico, José (1); Montalbán-Domingo, Laura (1); Alarcón, Luis F. (2); Pellicer, Eugenio (1)

(1) Universitat Politècnica de València, (2) Pontificia Universidad Católica de Chile

Last planner is a system of planning and control that uses methods targeted to processes, allowing to schedule, execute and check the job done and managed by commitment. Percentage of plan completed is one of the metrics more used to measure the reliability of production planning in the short term, generally a week. In this paper, we introduce the average values of the percentage of plan completed got from the construction of six single family houses. Project and contract documents were obtained, and personal interviews to the construction managers were done too. The total initial cost (foreseen) and total final cost (actual), as well as the deviation from schedule for each project, were obtained. The indicators used were the percentages of predictability from time, total cost, direct cost, contingency cost and profit for the six construction projects. Results highlighted that facets alien to construction, such as project financing and project scope during the design phase, can influence significantly in project planning and, therefore, in values of percentage of plan completed for this kind of projects.

Keywords: last planner system; lean construction; best practices; construction industry

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES

El último planificador es un sistema de planificación y control que utiliza métodos orientados a procesos, permitiendo programar, ejecutar y comprobar el trabajo realizado y gestionado por compromisos. El porcentaje del plan completado es una de las métricas más utilizadas para medir la confiabilidad de la planificación de la producción a corto plazo, normalmente una semana. En este artículo, presentamos los valores promedio de los porcentajes de plan completado obtenidos en la construcción de seis proyectos de viviendas unifamiliares. Se recopiló datos de los documentos proyectuales y contractuales, y también se realizaron entrevistas personales a los jefes de obra de las diferentes obras. Se pudo obtener el coste total inicial (previsto) y final (real) y la desviación de plazo para cada proyecto. Los indicadores empleados fueron los porcentajes de previsibilidad del plazo, coste total, coste directo, coste de contingencias y beneficio económico en los seis proyectos. Los resultados destacaron que aspectos ajenos a la construcción, tales como la financiación de los proyectos y la definición del alcance en la fase de diseño, pueden influir significativamente en la planificación y, por tanto, en los porcentajes del plan completado para este tipo de proyectos.

Palabras clave: sistema del último planificador; lean construction; mejores prácticas; sector de la construcción

Correspondencia: Eugenio Pellicer. Correo: pellicer@upv.es

Agradecimientos: Los autores agradecen la colaboración de todos los participantes en la reuniones y sesiones realizadas, así como a los promotores de las viviendas.



©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El Sistema del Último Planificador (en adelante el SUP) propone un enfoque sistemático para la planificación y control con uso de métodos orientados a procesos que permite preparar, ejecutar y controlar el trabajo gestionado por compromisos (Ballard y Tommelein 2016). Las funciones principales del SUP son (Ballard 2000):

- especificar qué tareas se deben realizar, cuándo y por quién, desde hitos hasta fases, procesos dentro de fases, operaciones dentro de procesos, pasos dentro de operaciones,
- hacer que las tareas programadas estén listas para ser realizadas,
- planificar y replanificar para lograr los objetivos del proyecto,
- seleccionar tareas para los planes de trabajo diarios y semanales: decidir qué trabajo hacer a continuación,
- hacer que la liberación de las restricciones de los trabajos entre especialistas sea confiable,
- visibilizar el estado actual y futuro del proyecto,
- medir el desempeño del sistema de planificación y
- aprender de los fallos.

Teniendo en cuenta estas funciones, Ballard et al. (2009) resumen los principios subyacentes al SUP de la siguiente manera:

1. planificar con mayor detalle a medida que se acerque a hacer el trabajo,
2. producir planes en colaboración con quienes harán el trabajo,
3. revelar y eliminar las restricciones en las tareas planificadas como equipo,
4. hacer y asegurar promesas confiables y
5. aprender de los fallos.

En la implementación del SUP, el Porcentaje del Plan Completado (PPC en adelante) es una de las métricas más utilizadas para medir la confiabilidad de la planificación de la producción a corto plazo mediante el número de compromisos cumplidos con éxito sobre el número total de compromisos asumidos para un período específico, normalmente una semana (Ecuación 1) (Daniel, Pasquire y Dickens 2015; Salvatierra et al. 2015; Sarhan y Fox 2012).

$$PPC(\%) = \frac{\text{Nº de Tareas Comprometidas Completadas}}{\text{Nº Total de Tareas Comprometidas Planificadas}} * 100 \quad (1)$$

Ballard y Tommelein (2016) postularon que la inspiración para el SUP fue el descubrimiento de una confiabilidad de flujo de trabajo crónicamente baja en proyectos de construcción. Su investigación mostró que el PPC aumentó cuando el SUP tuvo un nivel de implementación mayor y los proyectos con un PPC más alto y más estable eran más probables a tener mayores tasas de éxito en términos de cumplimiento del cronograma (Alarcón, Salvatierra, y Letelier 2014; Ballard y Tommelein 2016; Lagos, Herrera y Alarcón 2019). Los investigadores encontraron correlaciones positivas entre el PPC de períodos de tiempo específicos y sus indicadores de costes y cumplimiento de cronograma (González, Alarcón y Mundaca 2008; Kim et al. 2015; Leal y Alarcón 2010). Sin embargo, autores como Liu, Ballard e Ibbs (2011) no pudieron determinar correlaciones fuertes entre el PPC promedio de un proyecto y su cronograma final o cumplimiento presupuestario, en parte debido a la falta de suficientes muestras de proyectos estandarizados (Formoso y Moura 2009).

2. Objetivos

La presente investigación tiene por objeto mostrar la implementación del Sistema del Último Planificador (SUP) en seis obras de vivienda unifamiliares de alta gama en España. La singularidad de las viviendas unifamiliares es su principal característica común. Las viviendas son diferentes, aunque sea en su ubicación; además, el terreno donde se cimienta, puede suponer importantes cambios o adaptaciones. Por otra parte, las viviendas unifamiliares, también permiten repetir procesos y obtener lecciones aprendidas proyecto a proyecto, dada la cierta sistematización de sus procedimientos constructivos. En cambio, si se hace una comparación entre dos viviendas entregadas hoy y hace 30 años, veremos que la calidad del producto final sigue siendo prácticamente la misma, y en algunos casos puede llegar a ser incluso inferior. Las prestaciones del edificio y la calidad de los materiales han mejorado, pero la fiabilidad frente a defectos no lo ha hecho, porque el proceso de producción no ha cambiado (Pellicer et al. 2016).

En este artículo presentamos los valores promedio de los PPCs, obtenidos a lo largo de la construcción de seis proyectos de viviendas unifamiliares. Queremos averiguar si el valor promedio del PPC es significativamente mayor en proyectos exitosos, y mostrar indicadores de resultado y analizar las diferencias entre casos.

La investigación presenta cómo se llevó a cabo la implementación del SUP en seis proyectos de viviendas unifamiliares: los planes maestros conseguidos a partir de sesiones “pull”, el proceso de eliminación de restricciones (“look ahead”) y la planificación y control semanal realizados.

3. Descripción de los casos de estudio

Para la realización de la investigación se seleccionaron seis obras de viviendas unifamiliares que cumplieran los siguientes factores de selección con el objeto de garantizar cierto grado de homogeneidad:

1. Tipo de obra: construcción de vivienda unifamiliar.
2. Clase de obra: obra nueva.
3. Presupuesto de obra: presupuesto entre 300.000 y 700.000 €.
4. Superficie construida: entre 300 y 600 m².
5. Equipo de obra: experiencia > 10 años.
6. Tipo de propiedad: autopromotores privados (usuarios finales del edificio).
7. Plazo de construcción: entre 10 y 15 meses.
8. Ubicación: Comunidad Valenciana (España)

Los datos se recogieron de los documentos proyectuales y contractuales, así como a través de entrevistas personales a los constructores de las diferentes obras. Dichos datos fueron examinados y depurados para su posterior análisis. En la Tabla 1 se muestran las características principales de los casos de estudio analizados.

Tabla 1: Características de los casos de estudio

ID Proyecto	Superficie construida (m ²)	Plazo previsto (meses)	Presupuesto previsto (miles de Euros)
SOR	384	10	310
IVN3	328	10	302
RIC	348	12	309

VIC	331	12	332
PAB	324	12	316
FLC	572	15	655

4. Implementación del SUP

El SUP está organizado en cuatro niveles de planificación principales (Ballard 2000): (1) “pull session” y programa maestro de hitos (completo o por fases); (2) “look ahead” (anticipación y proceso de preparación); (3) planificación del trabajo semanal (compromiso y control); y (4) reunión de coordinación diaria.

a) “Pull session”

El objetivo general de la planificación “pull” es capturar una imagen general de la planificación del proyecto de manera que todas las partes comprendan el plan. Favorece la identificación temprana de restricciones y todas aquellas acciones que impidan el comienzo o avance de una actividad, así como identificar las oportunidades de mejora que permitan comprimir aún más la planificación (Daniel et al. 2015). En las sesiones que realizamos, participaron todos los actores relevantes, en algunos casos, incluso participaron la propiedad, el equipo de proyectos y la dirección de obra.

Figura 1. Fotografías de diversas “pull sessions”





Como reunión de lanzamiento del SUP se realizó una sesión informativa y formativa previa con los participantes. Antes de empezar la obra, realizamos una primera “pull session” solamente con el equipo de profesionales y contratistas que iban a realizar los trabajos previos de reposición de servicios, movimiento de tierras, cimentaciones y la estructura del edificio. Durante los dos o tres meses que duró esta 1ª fase, a la vez se realizaban las gestiones de compras y las contrataciones venideras. También se aprovechó para formar al resto de “industriales colaboradores” sobre los conocimientos necesarios del SUP (sobre todo cuando eran neófitos). Una vez hormigonado el último forjado que componía la estructura, en la mayoría de las ocasiones fue obligado dejar apuntalada la estructura un periodo de veintiocho días, lo cual nos dió un margen suficiente para preparar una segunda “pull session” de instalaciones. Una vez celebrada esta segunda “pull session” de instalaciones, estuvimos en condiciones de presentar el plan principal de nuestra construcción al resto de agentes. En la construcción de viviendas unifamiliares figuraba en el contrato entre el promotor y el constructor, un plazo de construcción de entre doce y quince meses. Fue necesario realizar una última “pull sesión” a falta de dos o tres meses de la terminación de las obras, la cual ayudó a obtener el último compromiso de cumplimiento de las tareas de revestimientos y remates, que en esta tipología de edificios tuvo una importancia especial.

b) “Look ahead”

Es una ventana de entre tres y ocho semanas en la que se “prepara el trabajo”: restricciones gestionadas de manera eficiente y liberadas a tiempo, que nos permite obtener un inventario de trabajo ejecutable (ITE) en forma de órdenes de producción concretas. Para pasar tareas del medio-largo plazo al medio-corto plazo (“look ahead”) las tareas tenían que tener todas sus restricciones o bien liberadas, o al menos, identificadas y asignadas con una fecha de compromiso para que dicha restricción quedara liberada antes de la fecha de ejecución (Ebbs y Pasquire 2019). En cada reunión semanal se analizaron las restricciones pendientes de liberar y se incorporaron las tareas de una semana más al análisis, para tener siempre la ventana de la planificación a medio plazo actualizada con el número de semanas vistas adelante que habíamos decidido.

c) Reunión de planificación semanal

Las tareas a comprometer deben ser las que se encuentran en el ITE, aunque puede existir una “zona gris” con actividades que hoy tienen alguna restricción asociada, pero existe una alta probabilidad de que antes de que termine el periodo se libere dicha restricción (por ejemplo, la llegada de un material). No se trata de escuchar y aceptar los compromisos del equipo sin cuestionarlos (Ballard et al. 2009).

En nuestros casos, las jefaturas de los proyectos verificaban si el compromiso que estaban asumiendo los últimos planificadores eran los que realmente necesitaba la obra para cumplir con sus objetivos. Estas reuniones se llevaron a cabo al final de cada semana, jueves por la tarde o viernes por la mañana. En estas reuniones se evaluó la semana ejecutada y se hizo

la planificación para la siguiente semana. En ese sentido, la agenda se dividía en dos partes: revisión de la semana ejecutada y planificación inmediata de la semana posterior.

En la revisión de la semana ejecutada mediante el PPC, se verificaba el cumplimiento de las actividades del plan semanal para la semana ejecutada (Ballard y Tommelein, 2016).

En la planificación inmediata de la semana posterior, plan de trabajo semanal o plan de trabajo detallado para la semana siguiente, se elaboró con actividades libres de restricciones (tareas ejecutables). Se realizaba el análisis de restricciones con información de cada restricción que comprometía la ejecución de una actividad, identificada en el lookahead, con el fin de determinar el tiempo y el responsable de liberarla. El “look ahead” permite llevar a cabo la planificación cuyo horizonte temporal debía ser equivalente al tiempo que se tardaba en levantar las restricciones más críticas, para que estas fueran identificadas y resueltas a tiempo (Ballard et al. 2009). En el caso de nuestro estudio el horizonte temporal fue de cuatro semanas.

d) Reunión diaria

Cada día, el equipo discutía durante 5 o 10 minutos, su progreso de forma regular, hacía compromisos de trabajo, revisaba los indicadores de rendimiento y el progreso de las acciones de mejora, y mantenía actualizada la información que se llevaba a la reunión semanal, con el objetivo de conseguir hacerlas cada vez más ágiles. Esta reunión diaria estaba dirigida por el encargado de obra o por el jefe de producción con el objetivo de revisar los progresos del día anterior, revisar los compromisos de ese día e identificar los obstáculos o problemas (Ballard et al. 2009).

En nuestros seis proyectos se midió el nivel de implementación del SUP según el test de Lagos, Herrera y Alarcón (2019). Se calificaron de cero a tres puntos las preguntas de los correspondientes apartados del test: implementación inexistente (0 puntos), mal implementado (1 punto), moderadamente implementado (2 puntos), y completamente implementado (3 puntos). En la tabla 2 podemos ver la puntuación media obtenida tras someter a nuestros casos al test (Lagos et al., 2019). El mejor nivel de implementación lo obtuvo el proyecto IVN3.

Atendiendo al orden cronológico del comienzo de las obras, podemos observar un mayor esfuerzo por parte del primer equipo de obra (SOR), que posteriormente es mejorado por el segundo equipo de obra (IVN3). En los siguientes tres proyectos (PAB, RIC y VIC) se produce un descenso de los niveles de implementación provocado por cierta relajación de los equipos de obra, falta de interés por mejorar o por agotamiento de los equipos de obra. Esta situación continúa en el último proyecto (FLC) que es el proyecto con el menor nivel de implementación.

Tabla 2. Nivel de implementación del SUP

	SOR	IVN3	PAB	RIC	VIC	FLC
- Estandarización proceso de planificación y control.	1,2	1,8	1,7	1,7	1,7	1,5
- Estandarización reuniones de planificación a corto plazo.	1,5	1,8	1,5	1,3	1,3	1
- Participación de los últimos planificadores en la reunión semanal de planificación y control	1,6	2,2	1,8	1,8	1,8	1,2
- Análisis crítico de la información.	1	1	1	1	1	1
- Gestión de la información visual	2,3	2,6	2,4	2,4	2,4	2,1
- Definición correcta de paquetes de trabajo	1,8	2	2	2	2	1,8
- Uso de un plan maestro transparente y fácil de entender.	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8

- Planificación de fases	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3
- Estandarización de la planificación intermedia.	2,2	2,2	1,8	1,8	1,8	1,8
- Análisis sistemático y eliminación de restricciones.	2,4	2,4	1,8	1,8	1,8	1,8
- Uso de un Inventario de trabajo ejecutable (ITE)	2	3	1	1	1	1
- Uso exclusivo de ITE en la planificación a corto plazo	2,2	2,2	2	2	2	2
- Planificación y control de flujos de trabajo físico.	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
- Acciones correctivas basadas en causas incumplimiento	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2
- Comunicación y trabajo en equipo.	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
TOTAL	1,7	1,9	1,6	1,6	1,6	1,5

5. Resultados del SUP

En la tabla 3 podemos ver los importes en miles de euros del coste total al inicio (previsto) y al final de cada proyecto, la variación del alcance del proyecto y la desviación de los plazos y las fechas de inicio y de entrega del edificio.

En este artículo hemos considerado como alcance de la construcción de una vivienda unifamiliar, todos los trabajos necesarios a realizar por el constructor para entregar el diseño definido previamente en un documento (tradicionalmente llamado “proyecto” en España) por un estudio de arquitectura. Las variaciones del alcance que sucedieron en los seis proyectos se detectaron a través de los datos de costes aportados por las constructoras en diferentes momentos del proceso constructivo.

Los costes se definieron desde la perspectiva del constructor, fueron los costes que tuvo que abonar el promotor al constructor, no incluyendo en ningún caso el coste de la fase del diseño. Todos los costes se actualizaron con un factor que permitió comparar las obras construidas en diferentes momentos (años), bajo condiciones económicas variables. El índice que se utilizó para actualizar los costes fue el valor del IPC más reciente publicado en el momento de la depuración y preparación de los datos.

Respecto a la variación en el coste de construcción, en general los proyectos no superaron el 10% del coste inicial. Únicamente los proyectos SOR e IVN3 presentaron variaciones de entorno al 20% debido principalmente a cambios en el alcance propuesto o solicitado por promotor o arquitecto.

En el desglose de costes de SOR e IVN3 apreciamos el coste total de la construcción, el coste directo, el coste indirecto, un buffer o coste de reserva para contingencias y los honorarios. El incremento del coste directo, mantiene una relación con el incremento del alcance. Los costos directos se asocian directamente con un producto terminado o con su elaboración. El incremento del coste directo desde el inicio al final de obra, fue la referencia que tomamos para reconocer las variaciones en el alcance.

Tabla 3: Desviaciones de coste, alcance y plazo

Nº	ID	COSTE del Propietario (€)		ALCANCE (€)		PLAZO (meses)		FECHAS (meses)	
1	SOR	inicial	310	inicial	247	inicial	10	inicial	ene-17
		final	377	final	307	final	18	final	jul-18
		variación	22%	variación	24%	variación	80%		
Nº	ID	COSTE del Propietario (€)		ALCANCE (€)		PLAZO (meses)		FECHAS (meses)	

2	IVN3	inicial	302	inicial	236	inicial	10	inicial	sep-17
		final	362	final	295	final	12	final	sep-18
		variación	20%	variación	25%	variación	20%		
Nº	ID	COSTE del Propietario (€)		ALCANCE (€)		PLAZO (meses)		FECHAS (meses)	
3	PAB	inicial	309	inicial	236	inicial	12	inicial	sep-18
		final	327	final	255	final	12	final	sep-19
		variación	6%	variación	8%	variación	0%		
Nº	ID	COSTE del Propietario (€)		ALCANCE (€)		PLAZO (meses)		FECHAS (meses)	
4	RIC	inicial	332	inicial	262	inicial	12	inicial	dic-18
		final	354	final	280	final	12	final	dic-19
		variación	7%	variación	7%	variación	0%		
Nº	ID	COSTE del Propietario (€)		ALCANCE (€)		PLAZO (meses)		FECHAS (meses)	
5	VIC	inicial	316	inicial	247	inicial	12	inicial	feb-19
		final	335	final	263	final	12	final	feb-20
		variación	6%	variación	7%	variación	0%		
Nº	ID	COSTE del Propietario (€)		ALCANCE (€)		PLAZO (meses)		FECHAS (meses)	
6	FLC	inicial	655	inicial	517	inicial	15	inicial	abr-19
		final	684	final	545	final	15	final	jul-20
		variación	4%	variación	5%	variación	0%		

La tabla 4 muestra los plazos de ejecución brutos y netos. El plazo bruto incluye todas las interrupciones producidas mientras que el plazo neto solo incluye las interrupciones achacables al constructor y no las provocadas por los promotores o por los arquitectos, directores de obra. Cambios en el diseño produjeron retrasos menores (de un mes) achacables a los arquitectos en SOR y en IVN3.

Todos los proyectos finalizaron sin retrasos, salvo los proyectos SOR (80% de variación) y IVN3 (20% de variación). En algunos casos los retrasos se produjeron por causas ajenas al constructor. La falta de financiación del promotor de SOR hizo que la obra se parara, después de concluir la estructura del edificio, durante seis meses. El aumento del alcance en ambos proyectos también provocó incrementos de plazos.

Tabla 4. Plazos de ejecución brutos y netos

ID	PLAZOS (meses)			INTERRUPCIONES (meses) CAUSADAS POR		
	INICIAL PREVISTO	FINAL EJECUCIÓN (BRUTO)	FINAL EJECUCIÓN (NETO)	PROPIEDAD	ARQUITECTURA	CONSTRUCTORA
SOR	10	18	11	6	1	1
IVN3	10	12	10	1	1	0
RIC	12	12	12	0	0	0
VIC	12	12	12	0	0	0
PAB	12	12	12	0	0	0

FLC	15	15	15	0	0	0
-----	----	----	----	---	---	---

En la tabla 5 presentamos un resumen de los resultados obtenidos de previsibilidad del plazo, del coste, del coste directo, del coste de contingencias y del beneficio económico en los seis proyectos de viviendas unifamiliares en los que se implementó el SUP. Las fórmulas empleadas fueron estas (Ecuaciones 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8):

$$\% \text{ previsibilidad del plazo} = \frac{\text{plazo previsto}}{\text{plazo neto de construcción}} * 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ previsibilidad del coste} = \frac{\text{coste previsto en licitación}}{\text{coste de construcción}} * 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ coste directo} = \frac{\text{coste directo de construcción}}{\text{coste total de construcción}} * 100 \quad (4)$$

$$\% \text{ coste de las contingencias} = \frac{\text{coste de las contingencias}}{\text{coste de construcción}} * 100 \quad (5)$$

$$\% \text{ previsibilidad conting.} = \frac{\text{coste contingencias previsto en licitación}}{\text{coste de contingencias en construcción}} * 100 \quad (6)$$

$$\% \text{ beneficio económico} = \frac{\text{beneficio económico}}{\text{coste de construcción}} * 100 \quad (7)$$

$$\% \text{ previsibilidad del beneficio} = \frac{\text{beneficio en construcción}}{\text{beneficio previsto en licitación}} * 100 \quad (8)$$

Se obtuvieron valores altos (buenos) en tanto por ciento (%) de previsibilidad de plazos. Para su cálculo se utilizó el plazo neto, que solo considera las interrupciones achacables al constructor. Sobre la previsibilidad del coste, también se obtuvieron valores altos. Valores por encima del 100% significaban haber conseguido costes menores respecto a los previstos inicialmente. Los datos de coste directo hacían ver que gran parte del coste, entorno al 80%, se transformaba en valor. El coste directo fue la referencia que tomamos para reconocer las variaciones en el alcance. Los costes de las contingencias supusieron entre un 5% y un 6% del coste total. Valores de previsibilidad de coste de contingencias por encima del 100% indicaron costes de contingencia menores que los previstos. El beneficio económico, aunque con valores bajos, fueron los previstos desde el inicio por los constructores. Para las empresas constructoras en general y para el resto de agentes, promotores y arquitectos, es muy importante la previsibilidad tanto en plazo, como en coste.

Tabla 5: Previsibilidad de plazo, coste, contingencias y beneficio económico

ID proyecto	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
FLC	100,00	98,10	80,00	5,69	107,26	4,82	100,00
IVN3	100,00	107,18	81,00	4,97	106,55	4,14	83,33
PAB	100,00	108,87	78,00	5,20	112,05	5,81	95,00
RIC	100,00	108,19	79,00	5,65	90,63	5,37	95,00
SOR	90,00	98,94	82,00	5,04	96,01	4,24	88,89
VIC	100,00	108,06	78,00	6,27	90,87	5,67	95,00

Nota: (ID) identificador del proyecto, (1) % previsibilidad de plazo neto, (2) % previsibilidad de coste, (3) % costes directos, (4) % coste de contingencias / coste total, (5) % previsibilidad de contingencias, (6) % beneficio / coste total, (7) % previsibilidad del beneficio.

Análisis del PPC

La tabla 6 muestra los valores del PPC obtenidos durante la construcción de los seis proyectos seleccionados en cada una de las fases de ejecución. Dichas fases se correspondieron con las “pull sessions” que realizamos en cada proyecto. La Fase 1 se correspondió con la primera “pull session”, fase de cimentación y estructura, la Fase 2 se correspondió con la segunda “pull session”, fase de instalaciones y la Fase 3 con la tercera “pull session”, fase de terminaciones. Los valores obtenidos, aunque mostraron algo de inestabilidad, generalmente se mantuvieron entre el 70 y el 80 por ciento, cayendo ocasionalmente por debajo del 70 por ciento o subiendo a más del 90 por ciento. Las conversaciones fueron en ocasiones tensas y más antagónicas cuando se discutían las valoraciones bajas del PPC. Los valores del PPC podrían estar influenciados por la efectividad de la implementación de todas las funciones del SUP. En todos nuestros casos, creemos que una implementación débil e incompleta según Lagos et al (2019) estaba limitando el logro de PPC’s mayores.

Tabla 6. Promedios del PPC en las distintas fases de ejecución

Proyectos:	SOR	IVN3	PAB	RIC	VIC	FLC
Fase 1	69	72	75	74	67	94
Fase 2	68	72	71	72	71	59
Fase 3	72	81	70	74	81	68
TOTAL	70	75	72	74	73	73

Tal y como se observa en los resultados, el mejor nivel de implementación lo obtuvo IVN3. Este nivel de implementación ayudó a que el proyecto alcanzara los valores más altos de PPC en comparación con los casos analizados. Sin embargo, los cambios en el alcance por parte del promotor y el arquitecto supusieron variaciones de entorno al 20% en plazo y coste. Por otro lado, el proyecto SOR, aunque fue el segundo en nivel de implementación del SUP, fue el que peores resultados obtuvo de PPC a nivel global y el que mayores variaciones en plazo (20%) y coste (80%) obtuvo. Dichos resultados fueron causados por la falta de financiación del promotor quien obligó a paralizar las obras y a cambiar el alcance de la actuación de manera significativa.

En el otro extremo se encuentra el proyecto FLC que presentó el nivel de implementación más bajo y es el que obtuvo el valor más bajo de PPC en una de las fases (Fase 2 = 59). Sin embargo, no obtuvo variaciones respecto al plazo y la variación respecto al coste alcanzó un 4%, siendo la menor variación de los proyectos analizados. Un comportamiento similar presentaron los proyectos PAV, RIC y VIC. Aunque sus niveles de implementación no fueron los más altos, los valores promedio del PPC en cada fase se situaron entre el 69 y el 81. Estos proyectos no presentaron variaciones en plazo y su variación respecto a coste se situó en torno al 6-7% principalmente debido a variaciones en el alcance por parte del promotor.

Estos resultados destacan que aspectos ajenos a la construcción como la financiación de los proyectos y la definición del alcance en la fase de diseño que pueden influir significativamente en la planificación y por tanto en los valores del PPC. Por tanto la implementación del SUP requerirá de la mejor definición posible del alcance y de la financiación para garantizar una mejor planificación.

6. Conclusiones

En el artículo hemos mostrado la implementación del Sistema del Último Planificador (SUP) en seis obras de viviendas unifamiliares de alta gama en España. Una de las funciones principales del SUP es medir el desempeño de la planificación.

El PPC es una de las métricas más utilizadas para medir la confiabilidad de la planificación de la producción. En este artículo hemos presentado los valores promedio de los PPCs obtenidos a lo largo de la construcción de seis proyectos de viviendas unifamiliares y hemos querido averiguar si el valor promedio del PPC de cada proyecto era significativamente mayor en proyectos exitosos, mostrando indicadores de resultado y analizando las diferencias entre casos.

Las seis obras de viviendas unifamiliares garantizaron cierto grado de homogeneidad. Los datos se recogieron de los documentos proyectuales y contractuales, así como a través de entrevistas personales a los constructores de las diferentes obras. Pudimos ver los importes en miles de euros del coste total al inicio (previsto) y al final de cada proyecto, el valor del alcance desde el punto de vista de la variación del coste directo durante la construcción de cada proyecto y la desviación de los plazos y las fechas de inicio y de entrega del edificio. Dichos datos fueron examinados y depurados para su posterior análisis.

La implementación del SUP se llevó a cabo en sus cuatro niveles de planificación principales: (1) "pull session", (2) "look ahead", (3) planificación y control semanal, y (4) reunión diaria. En los seis proyectos se midió el nivel de implementación del SUP y la puntuación promedio obtenida estuvo entre 1,5 y 1,9 puntos, en una escala de 0 a 3 puntos, siendo 0 una implementación inexistente y 3, completamente implementado. El mejor nivel de implementación lo obtuvo el proyecto IVN3.

Respecto a la variación en el coste de construcción, en general los proyectos no superaron el 10% del coste inicial. Únicamente los proyectos SOR y IVN3 presentaron variaciones de entorno al 20% debido principalmente a cambios en el alcance propuesto o solicitado por promotor o arquitecto.

Todos los proyectos finalizaron sin retrasos, salvo los proyecto SOR (80% de variación) y IVN3 (20% de variación) aunque por causas ajenas al constructor. También los cambios en el diseño produjeron retrasos achacables a los arquitectos en SOR y en IVN3.

Como indicadores de resultado elegimos las previsibilidades del plazo, del coste, del coste directo, del coste de contingencias y del beneficio económico en los seis proyectos de viviendas unifamiliares en los que implementamos el SUP. Se obtuvieron valores altos (buenos) en tanto por ciento (%) menos en el caso del beneficio económico, aunque fueron los previstos desde el inicio por los constructores.

Obtuvimos los valores promedio de los PPCs de los seis proyectos seleccionados en cada una de las fases de ejecución. Dichas fases se correspondieron con las "pull sessions" que fuimos realizando en cada proyecto. Los valores obtenidos, aunque mostraron algo de inestabilidad, generalmente se mantuvieron entre el 70 y el 80 por ciento, cayendo ocasionalmente por debajo del 50 por ciento o subiendo a más del 90 por ciento. Los valores del PPC podrían estar influenciados por la efectividad de la implementación de todas las funciones del SUP. En todos nuestros casos, creemos que una implementación débil e incompleta estaba limitando el logro de PPC's mayores.

Los resultados destacaron que aspectos ajenos a la construcción como la financiación de los proyectos y la definición del alcance en la fase de diseño pueden influir significativamente en la planificación y por tanto en los valores del PPC. Por tanto la implementación del SUP

requerirá de la mejor definición posible del alcance y de la financiación para garantizar una mejor planificación. Recomendamos seguir mejorando la definición del diseño de los proyectos y los niveles de implementación del SUP en la construcción de viviendas unifamiliares, y conseguir una muestra mayor de casos para realizar más adelante un nuevo análisis comparativo de resultados. Nuestras conclusiones han estado limitadas tanto por la tipología de los proyectos, viviendas unifamiliares de gama alta, como por el número de casos de estudio.

Referencias

- Alarcón, L. F., Salvatierra, J. L. & Letelier, J. A. 2014. "Using Last Planner Indicators to Identify Early Signs of Project Performance." In: Kalsaas, B. T., Koskela, L. & Saurin, T. A., 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Oslo, Norway, 25-27 Jun 2014. pp 547-558
- Ballard, G. (2000) The Last Planner System of Production Control, Doctoral Dissertation, The University of Birmingham, UK.
- Ballard, G., Hammond, J. & Nickerson, R. (2009) "Production Control Principles", In Proceedings of the 17th annual conference of the International Group for Lean Construction, pp.489-500.
- Ballard, G. & Tommelein, I. (2016) 'Current Process Benchmark for the Last Planner® System' Lean Construction Journal, 57-89.
- Daniel, E., Pasquire, C. & Dickens, G. (2015) 'Exploring the implementation of the Last Planner® System through IGLC community: Twenty-one years of experience'. In: Proc. 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia, 153-162.
- Ebbs, P. & Pasquire, C. (2019) A facilitators' guide to the Last Planner® System: a repository of facilitation tips for practitioners. Nottingham: Nottingham Trent University.
- Formoso, C. T., & Moura, C. B. 2009. "Evaluation of the Impact of the Last Planner System on the Performance of Construction Projects." Proceedings of IGLC17: 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: 153-64.
- González, V., Alarcón, L. F., & Mundaca, F. 2008. "Investigating the Relationship between Planning Reliability and Project Performance." Production Planning and Control: The Management of Operations 19(5): 461-74.
- Kim, S. C., Kim, Y. W., Park, K. S., & Yoo, C. Y. 2015. "Impact of Measuring Operational-Level Planning Reliability on Management-Level Project Performance." Journal of Management in Engineering 31(5).
- Lagos, C. I., Herrera, R. F., & Alarcón, L. F. (2019). Assessing the Impacts of an IT LPS Support System on Schedule Accomplishment in Construction Projects. Journal of Construction Engineering and Management, 145(10), 04019055. doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001691.
- Leal, M., & Alarcón, L. F. 2010. "Quantifying Impacts of Last Planner™ Implementation in Industrial Mining Projects." Challenging Lean Construction Thinking: What Do We Think and What Do We Know? - 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 518-27.
- Liu, M., Ballard, G., & Ibbs, W. 2011. "Work Flow Variation and Labor Productivity: Case Study." Journal of Management in Engineering 27(4): 236-42.
- Pellicer, E., Sanz, M.A., Esmaeili, B., & Molenaar, K.R., 2016. Exploration of Team Integration in Spanish Multifamily Residential Building Construction. J. Manag. Eng. 32, 05016012. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000438](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000438)
- Salvatierra, J. L., Alarcón, L. F., López, A., & Velásquez, X. 2015. "Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry: Towards More Sustainable Lean Practices and Tools." Proceedings for the 23th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 642-51.

Sarhan, S., & Fox, A. 2012. "Performance Measurement in the UK Construction Industry and Its Role in Supporting the Application of Lean Construction Concepts." *Australasian Journal of Construction Economics and Building* 13(1): 23-35.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

