

La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador

Revista de Obras Públicas
n° 3.518. Año 158
Febrero 2011
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Antonio D. Rodríguez Fernández. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director del Departamento de Estudios. BECSA. Valencia (España). arodriguez@becsa.es

Luis Fernando Alarcón Cárdenas. Dr. Ingeniero Civil
Director. Centro de Excelencia en Gestión de Producción. Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile).
lalarcon@ing.puc.cl.

Eugenio Pellicer Armiñana. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Profesor Titular de Universidad – E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia (España).
pellicer@cst.upv.es.

Resumen: La raíz de muchos de los problemas que confrontan las obras radica en el esquema tradicional de planificación de la producción, poco adecuado para lidiar con la incertidumbre y la variabilidad durante la construcción. Esto lo aprendieron hace algún tiempo las fábricas de automóviles que desarrollaron métodos, hoy denominados de "Lean Production" (Producción sin Pérdidas), que buscan crear ambientes de trabajo estables donde se pueda desarrollar eficientemente la producción. Inspirados en estos mismos principios, el Sistema del Último Planificador (SUP) propone modificar el proceso de programación y control de la obra con el fin de crear un ambiente estable de trabajo, protegiendo la producción de la incertidumbre y la variabilidad. Este sistema ha demostrado una alta efectividad, con multitud de aplicaciones exitosas en el continente americano, mejorando el desempeño de las obras y logrando progresos significativos en el cumplimiento de plazos y la productividad. El SUP no es una metodología que reemplace o compita con los métodos tradicionales de barras y de redes, si no que los complementa y enriquece. Mientras que los métodos de redes manejan el camino crítico, el SUP se preocupa de manejar la variabilidad; mientras los métodos de redes manejan fechas, el SUP maneja flujos de trabajo. La planificación con los métodos de redes generalmente se usa para gestionar contratos, mientras que el SUP se preocupa de gestionar interdependencias. El SUP pretende incrementar la fiabilidad de la planificación y, como consecuencia, mejorar los desempeños. En este artículo se describe el SUP y sus componentes y se presenta evidencia empírica que demuestra el impacto de su aplicación. Complementariamente se muestran algunas herramientas que han sido desarrolladas para apoyar la implementación práctica del sistema.

Palabras Clave: Compromiso; "Lean"; Planificación; Producción; Obra ; Variabilidad

Keywords:

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de abril de 2011.

Recibido: julio/2010. Aprobado: septiembre/2010

Introducción

El Sistema del Último Planificador (SUP) está inspirado en la filosofía de "Lean Production" o Producción sin Pérdidas. Los principios básicos y las herramientas utilizadas por esta filosofía de producción han sido extensamente difundidos en el sector industrial a partir de la publicación del libro "Lean Thinking" (Womack y Jones, 1996). También se han adaptado progresivamente para acomodarse a los requerimientos del sector de la construcción, denominándose "Lean Construction". Koskela (1992) puso las bases de la aplicación de la producción sin pérdidas a la construcción, analizando los sistemas productivos alternativos: enfoque "just-in-time", ingeniería concurrente, gestión de la calidad total y reingeniería de procesos, así como las ideas implementadas en el proceso manufacturero de Toyota. Posteriormente, introdujo una visión integradora de la producción como flujo de información o de recursos, con tres objetivos fundamentales (Koskela, 2000): reducción de costes, ahorro de tiempo e incremento de valor para el cliente.

La filosofía de gestión que inspira la producción sin pérdidas afecta a todas las actividades de la empresa, no sólo a la producción; diferencia entre las actividades que agregan valor al producto y las que no lo hacen, e incrementa la eficiencia mediante la mejora continua y la tecnología (Campero y Alarcón, 2008). No obstante, la construcción se caracteriza por ser un proceso, cuya producción y gestión está basada en proyectos (Pellicer, 2007). De este modo, el enfoque "lean" intenta gestionar y mejorar estos procesos constructivos con el mínimo coste y el máximo valor, teniendo en cuenta las necesidades de los clientes; de este modo se pretende minimizar las pérdidas de recursos, esfuerzos y tiempos (Koskela, 2000).

La progresiva implementación de estas ideas ha permitido que muchas de las prácticas "lean" vayan progresivamente trasladándose a lo largo del proceso constructivo, introduciéndose en la viabilidad, diseño, contratación, ejecución de la obra, suministro, subcontratación, etc., y modificando sustancialmente las relaciones entre los diferentes participantes (Alarcón y Pellicer, 2009). Recientemente la difusión del enfoque de construcción sin pérdidas ha encontrado un gran eco en Estados Unidos y, en menor medida en otros países americanos como Chile, Brasil y Perú; en Europa son destacables los esfuerzos realizados en Reino Unido, Dinamarca, Alemania y Portugal. De este mo-

do, se ha producido una evolución en el enfoque de la filosofía "Lean Construction", pasando de la fase de construcción al ciclo de vida completo de la infraestructura, dando origen a lo que se denomina "Lean Project Delivery" (Ballard y Howell, 2003).

El SUP es posiblemente la técnica más divulgada dentro de la filosofía "Lean Construction"; está centrada en la fase de ejecución, concretamente en la obra (Ballard y Howell, 2003). Este sistema fue desarrollado en Estados Unidos por miembros del Lean Construction Institute (Ballard, 1994 y 2000; Ballard y Howell, 1998) y ha tenido una amplia difusión a nivel mundial. El SUP no es una herramienta que reemplace o compita con los métodos tradicionales de barras y de redes, si no que los complementa y enriquece mejorando la variabilidad y los flujos de trabajo. Este sistema pretende incrementar la confiabilidad de la planificación y, por tanto, incrementar el desempeño en la obra; para ello, el sistema provee herramientas de planificación y control efectivas. El SUP está especialmente diseñado para mejorar el control de la incertidumbre en las obras; esto se consigue aplicando acciones concretas en los diferentes niveles de la planificación (Alarcón y Pellicer, 2009).

Filosofía del sistema del último planificador

¿Por qué se retrasan las obras? La planificación de la obra no considera todas las variables específicas del proyecto, ya que se planifica considerando supuestos con un alto grado de incertidumbre. Algunas variables no valoradas habitualmente son: la disponibilidad de existencias por parte de los proveedores, la indefinición de diseños y requerimientos, los problemas de disponibilidad de mano de obra, los problemas administrativos o los rendimientos incorrectamente estimados. Esto impide el desarrollo normal de los trabajos y provoca constantes interrupciones, afectando a la productividad de las actividades y al cumplimiento de plazos. Si planificar consiste en determinar lo que "debería" hacerse para completar un proyecto y decidir lo que "se hará" en un cierto período de tiempo, debe reconocerse que debido a restricciones no todo "puede" hacerse, produciéndose retrasos de forma reiterada (véase la figura 1). En la mayoría de las obras lo que "puede" y lo que "se hará" son ambos subconjuntos de lo que "debería" hacerse; si el plan ("se hará") se desarrolla sin saber lo que "puede" ha-

cerse, el trabajo realmente ejecutado será la intersección de ambos subconjuntos.

¿Cómo puede revertirse esta situación? Es fundamental que antes de decidir lo que "se hará" se tenga un conocimiento adecuado de lo que "puede" hacerse. En procesos periódicos de planificación, los gestores y los ejecutores de las actividades deben primero identificar lo que "puede" hacerse y posteriormente acordar lo que "se hará" durante la semana (véase la figura 2). De esta manera se evita que las actividades se detengan por alguna restricción no liberada. Esta situación ayuda notoriamente a la productividad de las tareas ya que soslaya las molestas detenciones por falta de materiales, mano de obra, etc.

El proceso de planificación debe centrarse principalmente en la gestión del "puede"; mientras más podamos agrandar el "puede", mayor será la posibilidad real de avance. El avance puede verse afectado si la cantidad de actividades que pueden ejecutarse es baja. Para evitar esto, los planificadores deben concentrar sus esfuerzos en liberar las restricciones que impiden que la tarea pueda iniciarse o continuar. De esta forma se agranda el conjunto "puede" aumentando las opciones de avance. Es importante que la gestión se haga sobre el problema raíz ya que no se obtiene nada positivo con solicitar mayor rapidez a los ejecutores de las actividades si no se les entregan los recursos a tiempo.

La construcción, por lo tanto, requiere planificación por diferentes personas, en diferentes puestos de la organización, y en momentos diferentes del ciclo de vida de la obra. El SUP define criterios explícitos de asignación que se consideran compromisos de producción anticipados con el fin de proteger a las unidades productivas de la incertidumbre y la variabilidad. El proceso de aplicación del sistema se realiza de la siguiente forma (véase la figura 3):

1. Revisión del plan general de la obra (programa maestro)
2. Elaboración del programa de fase en el caso de proyectos complejos y extensos. Se identifica la fase que se va a desarrollar a continuación y se elabora el programa.
3. Elaboración de la planificación intermedia para un horizonte entre uno y tres meses aproximadamente, realizando análisis de restricciones con el fin de eliminar los cuellos de botella, enmarcada dentro del programa maestro.

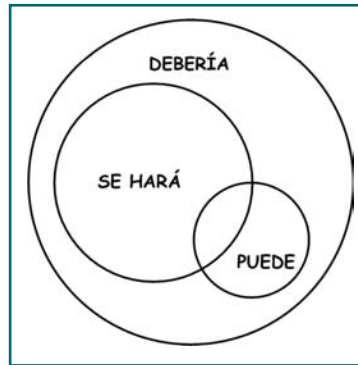


Fig. 1. Filosofía de la planificación usual.

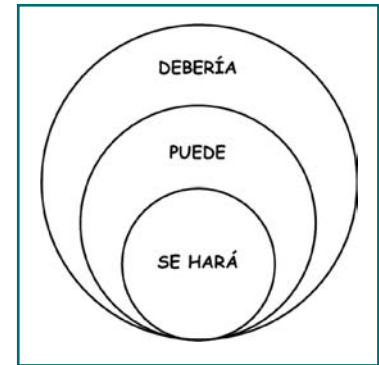


Fig. 2. Filosofía de planificación "lean".

4. Elaboración de la planificación semanal, con la participación de los últimos decisores o planificadores: encargados, capataces, subcontratistas, almacenistas, etc. como parte del inventario de actividades ejecutables obtenido en la planificación intermedia.
5. Reuniones de los últimos planificadores para verificar el cumplimiento del plan semanal, detectando las causas de no cumplimiento de lo planificado y estableciendo el plan de la siguiente semana.

La confiabilidad del plan se mide en términos del Porcentaje del Plan Completado (PPC), al final de cada semana. Las causas de los fallos de cumplimiento también se investigan semanalmente con el fin de evitarlas en el futuro. La confiabilidad de la planificación está directamente relacionada con la productividad (González et al., 2008).

Fig. 3. Sistema del último planificador.

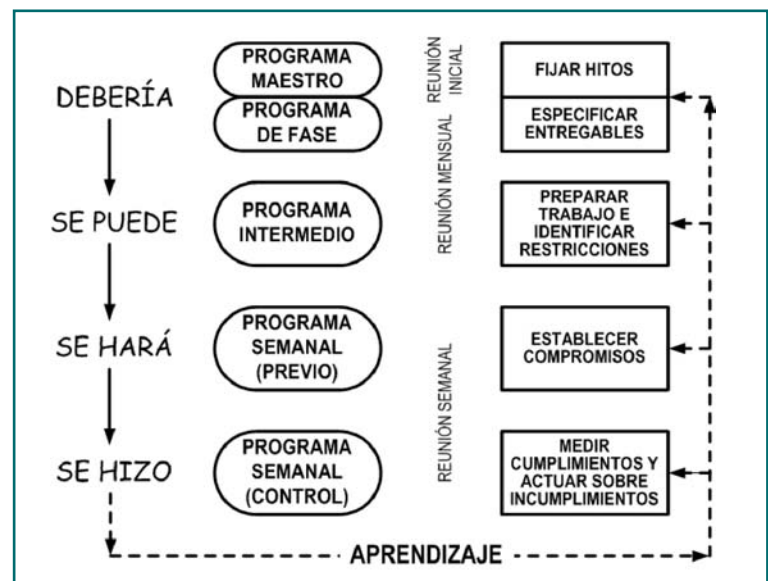
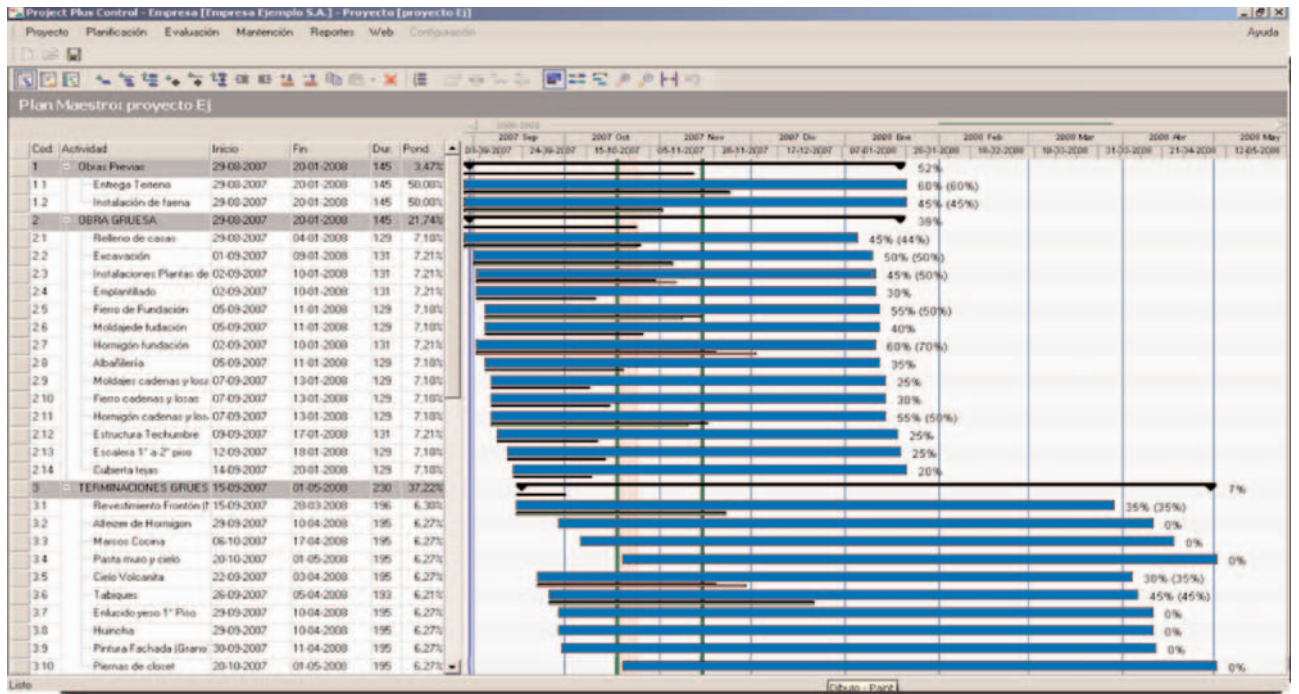


Fig. 4. Ejemplo informatizado de programa maestro.



La metodología aplicada por el SUP se resume visualmente en las figuras incorporadas al texto en los siguientes epígrafes. Algunas de ellas son esquemas pensados para una aplicación práctica y simple del sistema, mientras que otras son casos reales tomados de la aplicación informática IMPERA® desarrollada por la empresa chilena Liveprojects Solutions (www.liveprojects.cl); estas figuras se incluyen con permiso de la citada empresa.

Programa maestro

El programa maestro define las tareas que “deberían” hacerse. El programa maestro incorpora la planificación de todas y cada una de las actividades del proyecto, estableciendo las relaciones en el tiempo y en el espacio entre las diferentes actividades programadas, fijando los hitos exigidos para el cumplimiento de los plazos establecidos y definiendo el alcance y los plazos de las entregas parciales si las hubiese. La figura 4 muestra un ejemplo del programa maestro desarrollado por la aplicación informática citada.

Para la adecuada elaboración del programa maestro es fundamental identificar a los responsables del cumplimiento de cada parte del programa e incorporar a los proveedores y subcontratistas que

intervienen en cada actividad programada. También deben incluirse las relaciones entre los responsables de las tareas y los proveedores-subcontratistas, en qué periodo del programa deben actuar y las posibles interacciones entre los diferentes proveedores y subcontratistas.

Así mismo es fundamental identificar en él a los actores externos de los que depende la ejecución de las actividades programadas. En la identificación de estos actores, entre los que se pueden encontrar diferentes administraciones públicas afectadas indirectamente, empresas de servicios públicos, gestores de infraestructuras, etc., debe hacerse hincapié en la influencia que pueden tener sobre el desarrollo de las actividades programadas y cómo afecta esta influencia a la consecución global del proyecto.

La definición rigurosa de cada una de las actividades que engloban el proyecto, de los responsables de estas actividades, de los proveedores, subcontratistas y actores externos que puedan intervenir en cada actividad y de sus interacciones tanto en el tiempo como en espacio permiten la confección de un programa maestro inicial que refleja más fielmente la realidad del proyecto. Este programa maestro inicial es objeto de revisiones a partir del aprendizaje que da el análisis del cumplimiento de la programación intermedia y de la programación semanal.

PROYECTO		Diagrama de Gantt										Análisis de Restricciones																													
ALCANCE		4 Semanas										Tipo																													
COD.	ACTIVIDAD	RESP.	SEMANA 1					...	SEMANA 4					Proveedores	Subcontratistas	Equipos	Seguridad y S.	Medio Ambiente	Externos	Otros	Descripción	Fecha Límite																			
			L	M	X	J	V	L	M	X	J	V																													
			8	9	10	11	12	29	30	1	2	3																													

Fig. 5. Programación intermedia.

Programa de fase

El programa de fase es el segundo nivel de planificación y se hace necesario cuando los proyectos son largos y complejos. El programa maestro puede separarse en fases, con actividades que se exploran como conjuntos de tareas que cubren la duración completa de la actividad y en que cada grupo de trabajo necesita ser realizado en una proximidad espacial y temporal. El programa de fase no siempre es necesario en proyectos simples o pequeños, pero cumple una función que no debe ser ignorada en proyectos de mayor tamaño. Los programas de fase representan una subdivisión más detallada del programa maestro, pre-

parada por las personas que administran el trabajo en la fase, para apoyar el cumplimiento de los hitos del programa maestro. Desde esa perspectiva presentan una clara oportunidad de lograr compromisos confiables de planificación con la participación de los principales actores de cada fase del proyecto.

Programa intermedio

La programación intermedia, denominada normalmente "lookahead" en la bibliografía, profundiza en la planificación de las actividades en un plazo intermedio. Este plazo intermedio es necesario definirlo

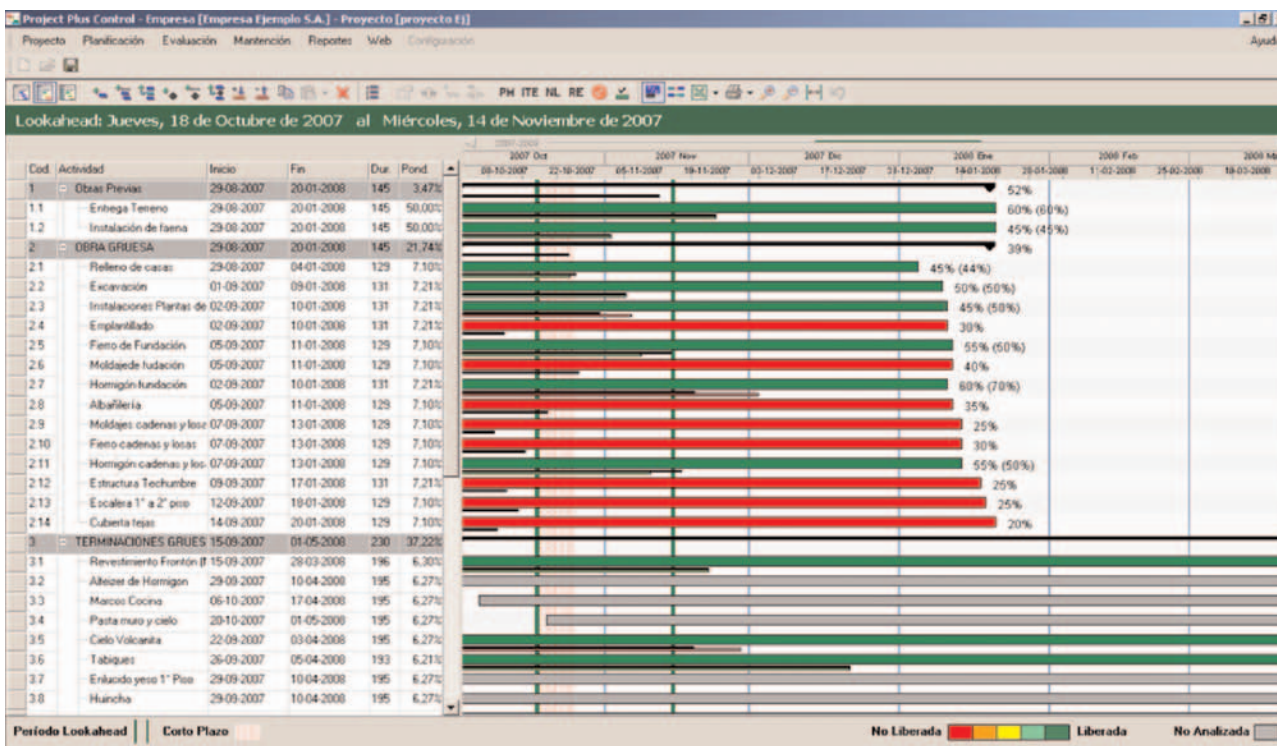
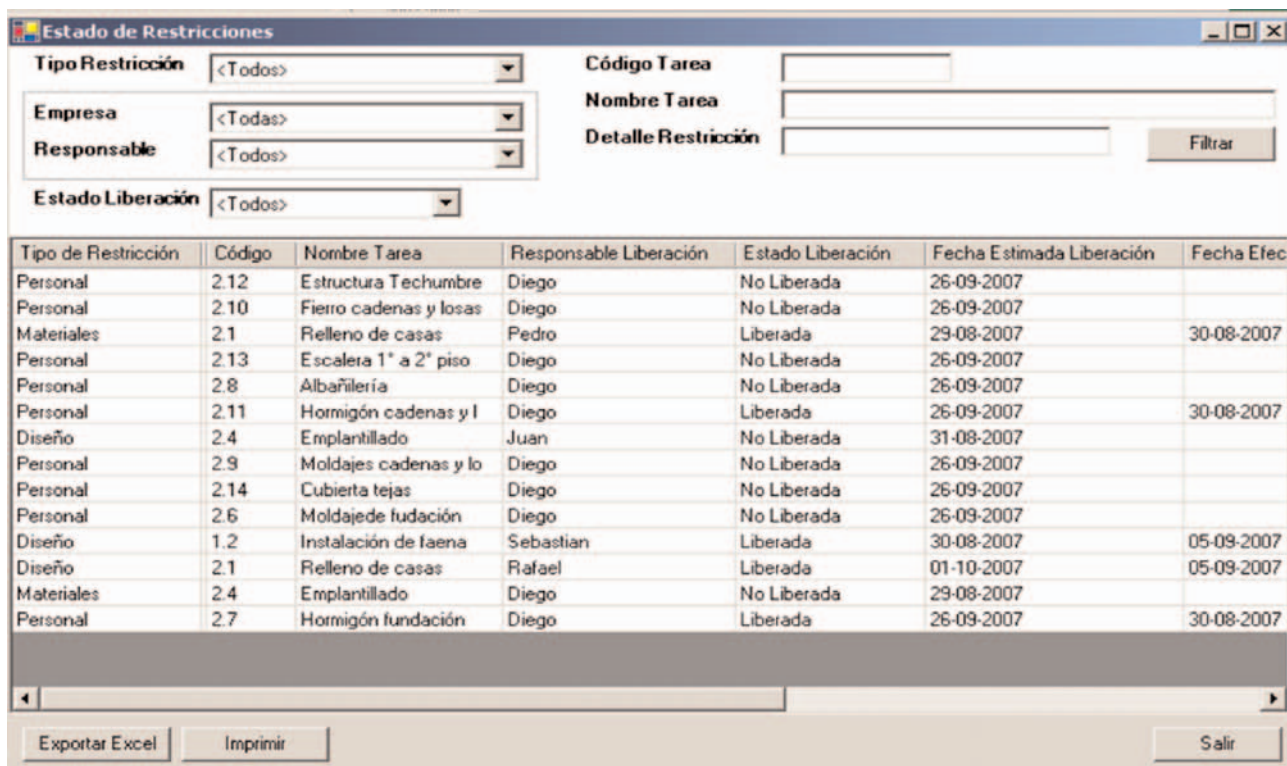


Fig. 6. Ejemplo informatizado de programación intermedia.

Fig. 7. Ejemplo de gestión de restricciones.



según las necesidades de cada caso particular, pudiendo variar desde 4-5 semanas hasta 15-16 semanas. De este modo, el programa intermedio define lo que se “puede” hacer en el periodo de tiempo que abarca. En la figura 5 se adjunta una tabla sencilla para realizar una programación intermedia. En la figura 6 se incluye un ejemplo informatizado de programación intermedia.

En el programa intermedio y para el periodo de programación que se adopte, se identifican e incorporan los suministros necesarios para el desarrollo de las actividades y los responsables de ellas. Se programan las tareas de flujo necesarias para avanzar en el desarrollo de la planificación maestra tales como inspecciones, pruebas y ensayos, intervenciones de agentes externos, etc., de modo que al incorporarse a la programación no sean un foco de desajustes y retrasos.

El programa intermedio identifica con precisión los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades programadas en el plazo adoptado y las disponibilidades de estos. También debe incorporar los elementos de seguridad necesarios para el correcto desarrollo de las tareas y sus responsables, así como las actividades relacionadas con la conservación del medio ambiente y la gestión de residuos.

Una vez incorporados todos estos elementos a la programación intermedia, se identifican las restricciones que es necesario eliminar para el desarrollo de la programación establecida, los responsables de su eliminación y las fechas en las que es necesario que estas restricciones estén eliminadas. El objetivo fundamental del programa intermedio es establecer con claridad lo que se puede hacer de lo programado y gestionar las restricciones existentes para que estas no introduzcan retrasos en la programación. La figura 7 muestra un caso práctico informatizado de gestión de las restricciones. Aquellas actividades que “pueden” ejecutarse pasan a constituir el inventario de trabajo ejecutable.

La integración de todos estos elementos en la programación intermedia puede hacernos descubrir problemas no identificados en el programa maestro, siendo necesaria la incorporación a este de los retrasos o adelantos que se produzcan del análisis de los desajustes encontrados.

Programa semanal

La programación semanal es la encargada de definir lo que “se hará” durante la semana entrante en

PROYECTO Fecha inicio Fecha fin						Diagrama de Gantt	Causas de NO Cumplimiento													
COD.	ACTIVIDAD	RESP.	OBJETIVO				Cumplido (si/no)	Tipo							Descripción	Retraso	Medidas correctoras			
			A ejecutar	Ejecutado	% Alcanzado			SEMANA 1												
						L M X J V														
						8	9	10	11	12	Proveedores	Subcontratistas	Equipos	Seguridad y S.	Medio Ambiente	Externos	Otros			

Fig. 8. Programación semanal.

función de los objetivos cumplidos en la planificación semanal finalizada, de los previstos en la planificación intermedia y de las restricciones existentes. Las actividades a realizar tienen que formar parte del inventario de trabajo ejecutable definido en la etapa anterior. En la figura 8 se incluye, en forma de tabla, un ejemplo de programación semanal.

Para la realización de esta programación es conveniente establecer una reunión, bien a principio de la semana o bien al final de esta, en la que se realice un primer trabajo de análisis del cumplimiento de la planificación vencida y un segundo trabajo de planificación de la semana entrante. Esta reunión es fundamental realizarla con todos los implicados en la ejecución (los últimos decisores o planificadores), desde representantes de la dirección, proveedores y subcontratistas implicados, hasta los jefes de cuadrilla responsables de los diferentes tajos de obra; es conveniente que su duración no sea superior a dos horas.

La primera tarea a abordar en la reunión de planificación semanal es el análisis del cumplimiento de la planificación vencida, detectando cuáles han sido las causas de no cumplimiento de lo planificado de modo que puedan adoptarse las medidas necesarias para corregir los desajustes que se pueden introducir

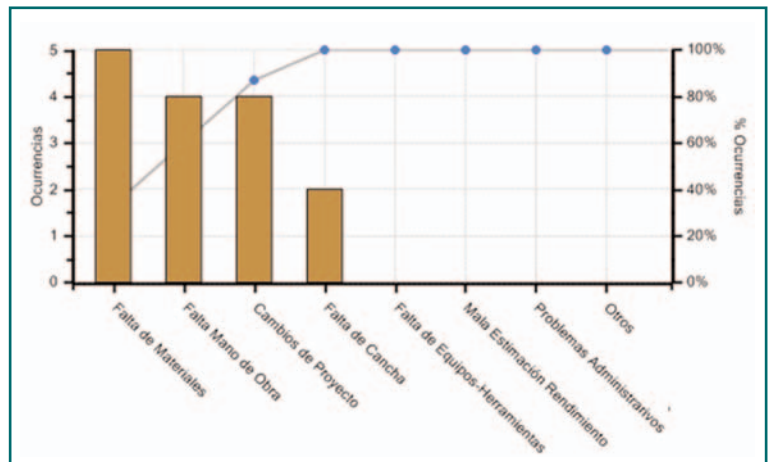


Fig. 9. Causas de no cumplimiento.

en la planificación intermedia. Tal y como se ha comentado previamente, y se refleja en la figura 3, el aprendizaje es fundamental en todo el proceso. El ataque sistemático a las causas de no cumplimiento puede aumentar la confiabilidad de la planificación futura. El gráfico de Pareto de la figura 9 muestra posibles causas de no cumplimiento que afectan a la obra. La figura 10 muestra un ejemplo de medidas correctoras que pueden aplicarse, una vez analizadas las causas.

Acciones Correctivas						
Actuales		Históricas				
Tipo de problema	Responsable	Fecha de Control	Evaluación	Filtrar		
Cambios de Proye	Juan	30-08-2007		Definir el proyecto con 1 me	30-08-2007	Editar
Falta de Materiales	Sebastian	30-08-2007		pedir materiales con 10 días	30-08-2007	Eliminar
Falta de Materiale	Falla del proveedor	Juan	30-08-2007	Pedir material con 7 días de	30-08-2007	

Fig. 10. Ejemplo informatizado de medidas correctoras.

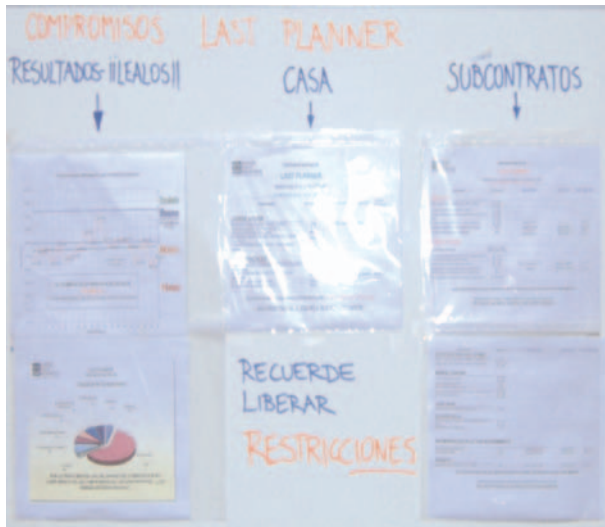


Fig. 11. Ejemplo de visibilidad pública de resultados de una obra en Chile.

Este proceso semanal iterativo provoca una retroalimentación con las conclusiones obtenidas del análisis del cumplimiento semanal que, tal y como queda expresado en la figura 3, puede introducir modificaciones en el programa maestro y en la planificación intermedia. En la reunión semanal también se establecen los trabajos que “se harán” durante la semana entrante en función de los resultados del cumplimiento de la programación semanal finalizada, de lo previsto en la programación intermedia y de las restricciones existentes que se hayan eliminado, siempre teniendo presente el inventario de trabajo ejecutable.

Un aspecto básico de la filosofía “Lean Construcción” y que alcanza su máxima expresión en el SUP es el compromiso de todos los participantes (representados por los últimos planificadores o decisores) en la ejecución de la obra. Este compromiso se refuerza con la visibilidad pública de los resultados alcanzados semanalmente. Este acto de hacer público los resultados obtenidos por todas las partes implicadas (sean buenos o malos) es fundamental para reforzar el compromiso de los últimos planificadores. La figura 11 muestra un caso real chileno de publicidad de resultados mostrados en la propia obra.

Impacto del sistema sobre el desempeño de proyectos

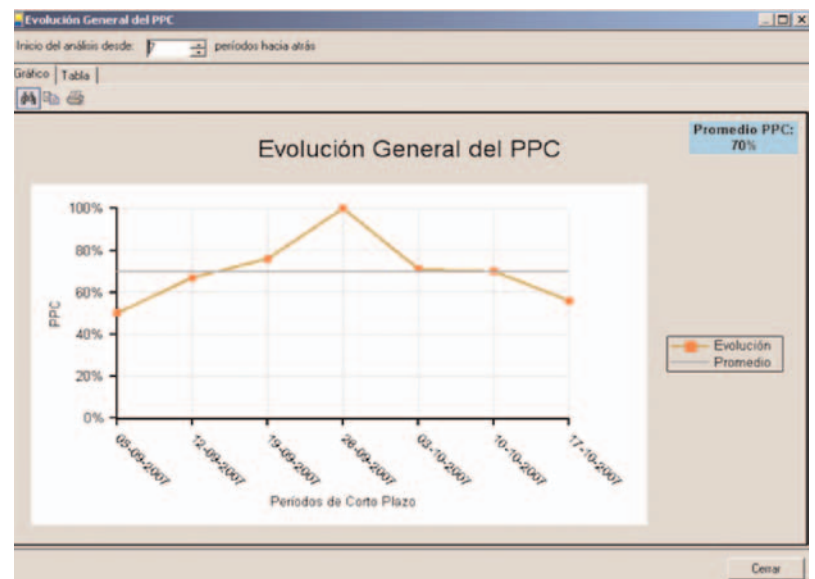
El SUP ha sido aplicado con éxito en numerosos proyectos en todo el mundo. En Chile, el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Universidad Católica de Chile (GEPUC), apoyó y observó el

impacto de la implementación del SUP en cerca de 80 proyectos de construcción en un período de tres años (Alarcón et al., 2008). El cumplimiento del PPC se incrementó un 20%, aproximadamente, durante ese período y las empresas reportaron mejoras de productividad entre un 6% y un 48%. Cabe destacar que las mediciones fueron obtenidas de casos donde ya existía una aplicación preliminar del SUP por lo que el incremento en el PPC debería atribuirse al aprendizaje y a un progresivo incremento en el grado de implementación del sistema.

Antes de poner en práctica el SUP, en la mayoría de los proyectos el cumplimiento de la planificación mostraba un comportamiento errático y un bajo cumplimiento promedio de la planificación semanal, incluso inferior al 50% en algunos casos. Al introducir algunos aspectos muy básicos del SUP, como la realización de reuniones semanales, control del PPC y seguimiento de la productividad de las actividades, se registraron evoluciones positivas del PPC. Adicionalmente, es necesario destacar que incluso en las mediciones más tardías el grado de implementación observado es todavía limitado lo que permite aseverar que el potencial de mejora es todavía mucho mayor. En proyectos individuales pueden alcanzarse resultados cercanos al 100% de cumplimiento en algunos proyectos. La figura 12 presenta un ejemplo de evolución del PPC.

En muchos proyectos fue difícil medir con precisión el impacto de su aplicación por medio de indicadores específicos, por lo que la evaluación del im-

Fig. 12. Ejemplo de evolución de PPC.



pacto de la implementación en estos proyectos tuvo en cuenta también aspectos cualitativos (Alarcón et al., 2008). Al ser consultados por su percepción de los impactos, los administradores de proyectos mencionaron numerosos impactos positivos que se describen a continuación:

- Mejora en la gestión y control del proyecto.
- Mayor implicación de mandos medios gracias a un papel más activo en la gestión del proyecto y su mayor compromiso con la planificación.
- Disminución de pedidos urgentes e imprevistos.
- Mayor productividad de los procesos, aunque en algunos casos ésta no pueda ser medida directamente.
- Menores plazos de ejecución de las obras.

Conclusiones

El SUP es un sistema de planificación en cascada cuya finalidad principal, además de controlar el proyecto, es la reducción de la variabilidad de la

obra mediante la aplicación de cuatro principios básicos:

- Compromiso personal de los decisores finales (últimos planificadores).
- Coordinación de los últimos planificadores mediante reuniones periódicas.
- Utilización de un indicador básico de control denominado Porcentaje del Plan Completado (PPC).
- Visibilidad pública de los resultados semanales obtenidos.

Las experiencias recientes de implementación en diversos países americanos demuestran que el SUP es un verdadero motor de mejora continua de las organizaciones ya que proporciona los elementos y herramientas adecuadas para crear una mentalidad de mejora en las obras, logrando que éste ocurra en forma natural. Las mejoras obtenidas en proyectos individuales son notables; sin embargo, el verdadero valor se logra cuando las empresas logran aplicar y consolidar estas nuevas prácticas a nivel de toda su organización, creando así una cultura de mejora continua. ♦

Referencias

-Alarcón, L.F.; Diethelm, S.; Rojo, O.; Calderón, R. (2008) "Assessing the impacts of implementing lean construction". *Revista Ingeniería de Construcción*, 23(1), 26-33.

-Alarcón, L.F.; Pellicer, E. (2009) "Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas". *Revista de Obras Públicas*, 3496, 45-52.

-Ballard, H.G. (1994) "The last planner". Northern California Construction Institute, Spring Conference, Monterey, disponible en <http://www.lean-construction.org> (acceso 29/09/2008).

-Ballard, H.G. (2000) "The last planner system of production control". Tesis Doctoral. University of Birmingham, Birmingham.

-Ballard, H.G., Howell, G. (1998) "Shielding production: an essential step in production control". *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 18-24.

-Ballard, H.G., Howell, G. (2003) "Lean project management". *Building Research & Information*, 31(2), 119-133.

-Campero, M.; Alarcón, L.F. (2008) "Administración de proyectos civiles" (3ª edición). Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.

-González, V.; Alarcón, L.F.; Mundaca, F. (2008) "Investigating the relationship between planning reliability and project performance". *Production Planning and Control*, 19(5), 461-474

-Koskela, L. (1992) "Application of the new production philosophy to construction". Technical Report #72. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, Stanford.

-Koskela, L. (2000) "An exploration towards a production theory and its application to construction". Tesis Doctoral. Technical Research Centre of Finland, Espoo.

-Pellicer, E. (2007) "Empresas consultoras de ingeniería vs. constructoras: dos modos diferentes de adaptación al mercado". *Revista de Obras Públicas*, 3484, 7-18.

-Womack, J.; Jones, D. (1996) "Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation". Simon & Schuster, Nueva York.