

DEFINITION OF A MULTIDIMENSIONAL TOOL FOR PLANNING PROJECTS IN CONSTRUCTION.

Santos Fonseca, Salazar ¹; Pellicer, Eugenio ¹; Alarcón, Luis Fernando ²
¹ Universitat Politècnica de València, ² Pontificia Universidad Católica de Chile

The aim of this paper is to show a tool of planning activities for the execution of building projects based on the occupation of physical space and resource availability.

The tool was developed to prove a new view of the planning and the execution control in the building projects, besides to ease the handling of a work breakdown structure with hundreds of rows. It was established that the relation between activities, predecessor and successor, is only finish to start, without the possibility to plus or subtract days, to ensure that the execution process is programmed in the correct sequence.

As a result, it was obtained a tool that makes easier the view in four planning dimensions of a lot of activities: The activities sequence in each site zone; the workflow throughout the distinct areas of work; the identification of inactivity, in order to justify and optimize them; the easier view of the building process through a matrix of areas and control activities. The tool includes the ability to export to MS Project for a conventional display Gantt bars.

Keywords: Project Management; Planning Activities; Time Management

DEFINICIÓN DE UNA HERRAMIENTA MULTIDIMENSIONAL PARA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

El objetivo del trabajo es presentar una herramienta para la programación de actividades para la ejecución de proyectos constructivos basada en la ocupación del espacio y disponibilidad de recursos.

La herramienta fue desarrollada para facilitar una manera novedosa de visualizar la planificación y el seguimiento de la ejecución de actividades en un proyecto constructivo, además de facilitar el manejo de una estructura de trabajo con centenas de filas. Se estableció que la relación entre actividades, predecesoras y sucesoras, sea apenas como de fin-comienzo, sin la posibilidad de restar o sumar días, para asegurar que el proceso de ejecución se programe en la secuencia correcta.

Como resultado se ha obtenido una herramienta que facilita la cómoda visualización de un gran volumen de actividades en cuatro dimensiones de la planificación: la secuencia de actividades en cada zona de la obra; el flujo de trabajo a lo largo de las distintas zonas de la obra; la identificación de inactividad para su justificación u optimización; la clara visualización del proceso constructivo a través de una matriz formada por actividades y zonas de control. La herramienta incorpora la posibilidad de exportación a MS Project para una visualización convencional en barras de Gantt.

Palabras clave: Dirección de Proyectos; Programación de Actividades; Control del Plazo

1. Introducción

La planificación puede ser considerada como un conjunto de estrategias orientadas a la previsión y control de la aplicación de recursos humanos y materiales para asegurar que la ejecución de un proyecto se realice en el cumplimiento de los objetivos económicos, temporales y cualitativos del mismo (Picornell 2003, Pellicer et al. 2004). La gestión de la ejecución de obras de construcción suele estar protagonizada por el alto grado de variabilidad que están sometidos los procesos constructivos, alojando así una extrema complejidad al acoplamiento entre planificado y realizado, una vez que, en contextos de incertidumbre, se incrementa el riesgo de distanciamiento entre el resultado real y el planificado (Alarcon et al. 2014).

La visualización de la planificación es el principal mecanismo para propagar su estrategia de ejecución, facilitando de forma estructurada la comprensión de todo el trabajo que necesita ser realizado y su calendario de ejecución. La principal forma de visualizar la planificación de proyectos de construcción viene siendo a través de los Diagramas de Gantt.

El desarrollo de este modelo de herramienta ha sido orientado para dar respuesta a necesidad de visualizar de forma amigable los siguientes supuestos:

- ¿Qué se debe hacer y dónde? La definición de una secuencia de actividades en una zona de control;
- ¿Cuál es el flujo de avance de cada una de las actividades? La definición de una secuencia de ejecución de una actividad a través de las distintas zonas de control;
- ¿La planificación promueve un flujo continuo y equilibrado des uso de los recursos? La facilidad de identificar discontinuidades para optimizar el empleo de recursos;
- ¿Qué se ha hecho y su cuál es su contraposición en relación a la planificación? La facilidad de visualizar lo ejecutado con lo programado.

2. Metodología de Investigación

La presente investigación emplea el enfoque de investigación en acción (action research) (Azhar et al. 2010). En la práctica es la simultaneidad de la resolución del problema real a la vez que se amplía el conocimiento científico, así como proporciona la mejora de las competencias de los actores involucrados. Genera un entorno colaborativo en constante retroalimentación que facilita la comprensión de los procesos de cambio del sistema social en un aceptable marco ético (Hult and Lennung 1980).

La ingeniería de construcción y de gestión necesita claramente de un enfoque de investigación que combine los objetivos de la investigación tanto aplicada como básica, contribuyendo a la solución de problemas prácticos y a la creación de nuevos conocimientos teóricos a la vez. La investigación-acción cumple estos criterios pues el investigador analiza la situación actual, identifica el problema, se involucra en la introducción de algunos cambios para mejorar la situación actual, y evalúa el efecto de esos cambios, y reflexiona sobre el proceso y el resultado para generar nuevos conocimientos (Baskerville 1997, 1999, Hult y Lennung 1980; Naoum 2001).

3. Diagrama de Gantt

El Diagrama de Gantt fue concebido por Henry Gantt en su trabajo "*Organizing for Work*" (Organización para el trabajo) publicado en 1919 en que propuso la representación de actividades a lo largo de un calendario en que se pudiese visualizar el periodo de duración de cada actividad. Dada la facilidad de implementación y manejo, el Diagrama

de Gantt se ha popularizado como principal instrumento para realizar y representar una planificación. Para mejorar la programación de la producción, las organizaciones han adoptado muchas herramientas de soporte de decisiones, a través de softwares a partir de los diagramas de Gantt (Herrmann, 2005, 2006a)

El planteamiento básico es de una matriz con las actividades en cada una de las filas y la escala temporal lineal como cabecera de las columnas. En cada fila se representa la duración de una actividad a través de una barra horizontal que de la fecha de inicio hasta el final. Sobre la representación gráfica de las actividades programadas (barras horizontales) se puede incluir otra barra que se traduce como el estado de progreso de la ejecución, representando un avance de cero hasta totalmente completada. Un Diagrama de Gantt es el tipo más antiguo, y el más conocido, de gráfico de control especialmente diseñado para mostrar gráficamente la relación entre producción programada y ejecutada" (Cox et al., 1992)

En la planificación de proyectos de construcción el Diagrama de Gantt es utilizado de forma habitual para reflejar la gestión del calendario de ejecución de actividades. La representación más estandarizada es la de plasmar las actividades desde la fecha de inicio hasta la de la finalización sin concretar donde se ejecutan. El control del progreso de las actividades se hace en función del porcentaje del trabajo ejecutado en relación al programado, pero no se traduce en una visualización inequívoca del estado de ejecución de la actividad en relación espacio que define el proyecto.

Entre las principales ventajas del Diagrama de Gantt está en ofrecer hitos de comienzo y finalización de actividades de forma global para el proyecto. Esto hitos ofrecen la posibilidad de gestionar la movilización de los recursos necesarios para la ejecución de las actividades y establecer un calendario de inicio progresivo de las distintas actividades, así como de su finalización. Por otra parte, también permite el análisis, en una determinada fecha, de las distintas actividades que deben estar en ejecución con su porcentaje de ejecución aproximado y las que deberían estar finalizadas. Los principales softwares de planificación a partir del Diagrama de Gantt también poseen la funcionalidad de calcular y representar la ruta crítica y las holguras en relación a la finalización del proyecto, o en relación al inicio de sus sucesoras que tiene cada una de las actividades.

Aunque a través de los softwares tipo MS Project, se pueden planificar en que zona de la obra se ejecuta cada una de las actividades, eso implica que el número de líneas del documento que conforma el Diagrama de Gantt tenderá a crecer por el producto entre actividades y las zonas que se desee explicitar en la obra. En la práctica, un Diagrama de Gantt para poder ser manejado en los formatos tradicionales de documentos, A4, e principalmente A3, no debe superar las 120 actividades si se quiere una visión global del proyecto. Sin embargo, si en una obra de viviendas, queremos reflejar todas las actividades que se ejecutan en una vivienda, y otras zonas significativas, tendríamos la necesidad de definir miles de filas. Un Diagrama de Gantt con miles de filas se torna poco amigable para manejar e imposible de representar en un documento de forma global. Además, el esfuerzo de enlazar la secuencia de actividades, a través de predecesoras y sucesoras en una determinada zona, puede representar una carga de trabajo importante para los planificadores, y muchísimo más complicada si hay que volver a planificar en función de posibles cambios en la secuencia de ejecución como suele ser el caso de proyectos de construcción.

4. Objetivos

Desarrollar el modelo de una herramienta para la programación de actividades para la ejecución de proyectos constructivos con la secuenciación de actividades basada en la ocupación del espacio y optimización del flujo del uso de recursos. Una herramienta que propicie una cómoda visualización de la estrategia de planificación en relación a la secuencia de ejecución de actividades y ocupación del espacio, así como una clara

identificación del estado de las actividades programadas: sin iniciar, en ejecución y finalizadas.

5. Desarrollo del modelo de la herramienta

5.1. Bases del desarrollo

El desarrollo de este modelo de la herramienta está basado en dos conceptos fundamentales: zonas de control y actividades. La correcta definición de las zonas de control y de las actividades, en un proyecto, facilitarán el uso de la herramienta.

Una zona de control es cada uno de los espacios resultantes de la división de la obra. La zona de control debe ser pequeña lo suficiente para que la programación contemple la ejecución de una única actividad a la vez, y suficientemente grande para que abarque una fracción significativa de la cantidad total de trabajo (recursos humanos) necesaria para la ejecución del proyecto.

La actividad debe corresponderse a un trabajo que se ejecute sin interrupciones en un periodo de tiempo y con el uso constante de recursos a lo largo de su ejecución. La restricción en cuanto a los recursos es para la definición de un flujo continuo de entrada de recursos en una zona de control.

Otro concepto importante a tener en cuenta es el tipo de vinculación entre actividades que ha definido: uso exclusivo de la relación fin-comienzo. La principal idea es que en una zona de control solo pueda ejecutarse una actividad por vez para formar una secuencia de ejecución lineal de actividades en cada zona de control definiendo así una programación basada en el flujo de recursos.

El desarrollo de la herramienta está basado en dos conceptos: técnicas de gestión del estado de ejecución anteriores a los ordenadores y en la gamificación como herramienta para cumplimiento de objetivos. Las técnicas anteriores a la disponibilidad de ordenadores, para la gestión de los proyectos constructivos, han consistido en el montaje creativo por parte de los gestores de proyectos constructivos de grandes tableros en las oficinas en que se buscaba representar el estado de la ejecución del proyecto a través del cruce de actividades y zonas de la obra. La gamificación se presenta como una estrategia de mejora de la motivación y del compromiso para incrementar la productividad. “La gamificación es una técnica, un método y una estrategia a la vez. Parte del conocimiento de los elementos que hacen atractivos a los juegos e identifica, dentro de una actividad, tarea o mensaje determinado, en un entorno de NO-juego, aquellos aspectos susceptibles de ser convertido en juego o dinámicas lúdicas. Todo ello para conseguir una vinculación especial con los usuarios, incentivar un cambio de comportamiento o transmitir un mensaje o contenido. Es decir, crear una experiencia significativa y motivadora” (Marín et al 2013).

5.2 – La planificación por el tablero

El desarrollo de la herramienta ha sido orientado por el concepto de tablero de juego en que se desea asociar una secuencia de actividades a cada zona de control. El tablero está compuesto por 5 sectores distintos:

- zonas de control;
- actividades;
- asociación;
- ciclos de ejecución;
- herramientas auxiliares.

En la figura 1 se pueden visualizar los distintos sectores del tablero. En la parte superior izquierda está el sector de las herraminetas auxiliares, por debajo está el sector

destinado a las zonas de control, en la parte superior derecha está el sector para definir Ciclos de Ejecución, por debajo el sector de las actividades y el cruce entre las actividades y las zonas de control define el sector destinado para la Asociación.



Figura 1 – Sectores del tablero de planificación.

Para iniciar el proceso de programación, las zonas de control deben ser colocadas en el orden ejecución, empezando de arriba hacia abajo, en el sector destinado a las zonas de control. El segundo paso es ir colocando las actividades en el orden de ejecución, de izquierda hacia derecha en el sector de actividades. En la zona de asociación se debe marcar con una “X” el cruce entre una actividad y las zonas de control en que se debe ejecutarla.

Una vez las actividades estén asignadas a cada una de las zonas de control en que deben ser ejecutadas, se utiliza el sector de herramientas para generar los módulos de control. El módulo de control se define como la concatenación de la actividad con la zona de control, define que se debe hacer y donde se debe hacer, es el elemento definido por la programación con una fecha de inicio y de fin que será objeto de control durante la ejecución.

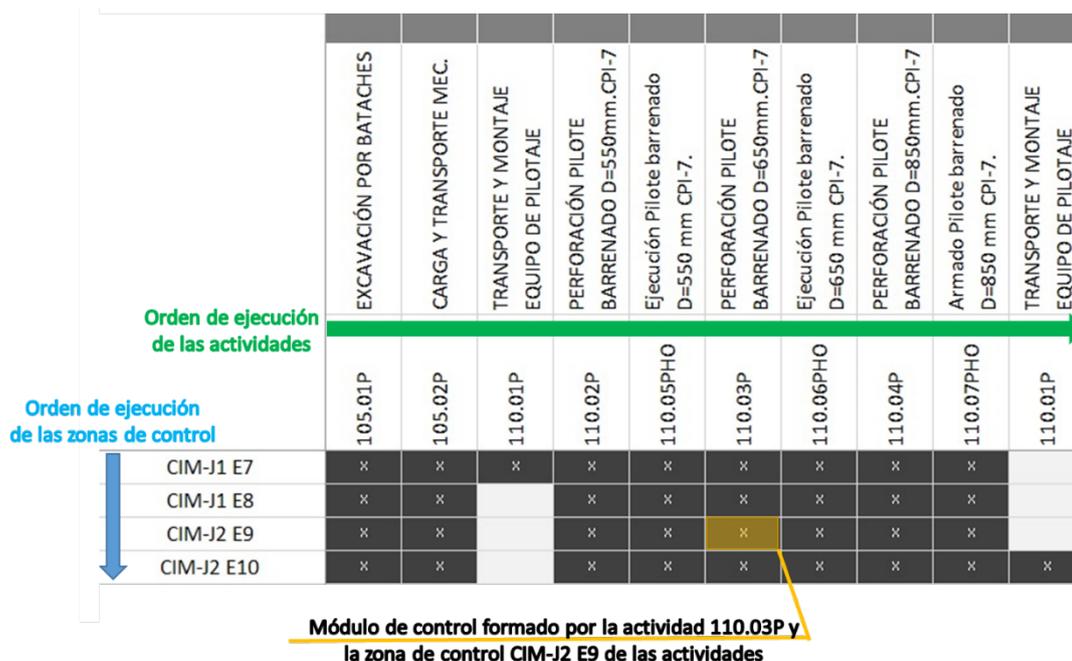


Figura 2 – Detalle Sector de Asociación.

La filosofía de programación de la herramienta está basada en dos flujos de ejecución: la ejecución de las actividades en una zona de control, y la ejecución de una actividad en cada una de las zonas de control. Los módulos de control, cruce entre una actividad y zona de control en la herramienta, son programadas de forma automática atendiendo a la secuencia de ejecución en una zona de control, de derecha hacia izquierda, y en relación al orden de ejecución de las zonas de control desde arriba hacia abajo. Este planteamiento propicia la definición automática de la relación de precedencia entre los módulos de control que se dan exclusivamente del tipo fin-comienzo. En la figura 2 se representa un detalle del sector asociación en que se puede ver el sentido de los flujos y la formación de un módulo de control.

En el sector de las herramientas de la aplicación se contempla un botón para crear los módulos de control de forma automática a través de la concatenación entre ambos, conforme lo definido por las "X" en los cruces. La tabla de módulos de control es la base para indicar la duración de cada uno de ellos. Una vez que la precedencia es obtenida de forma automática, resta por definir las duraciones de cada uno de los módulos de control y una fecha de inicio para definir el calendario de ejecución. En el sector de las herramientas hay un campo en que se define la fecha de inicio de ejecución de la planificación. En la figura 3 se puede ver un detalle del sector de las herramientas de la aplicación para una mejor visualización del campo para la fecha de inicio, y en la figura 4 una visualización de una ventana flotante de la caja de herramienta con el botón para generar planilla con los Módulos de Control en la pestaña de acciones.

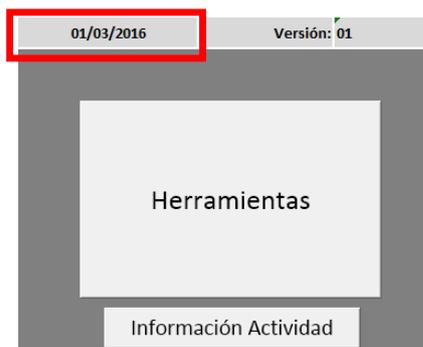


Figura 3 – Detalle del campo para fecha.

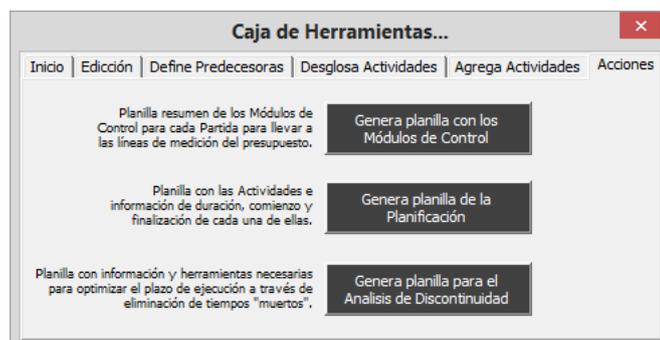


Figura 4 – Detalle de botones para generar Módulos de Control, Planificación y Análisis de Discontinuidad.

Codigo	Nombre Actividad	Zonas de Control
Act01	Tabiqueria	P1ª-PA
Act02	Replanteo Instalaciones	P1ª-PA
Act03	Ejecución de rozas	P1ª-PA
Act04	Conductos de Electricos y Telecomunicaciones	P1ª-PA
Act05	Consuctos de AF/ACS	P1ª-PA
Act06	Tallos verticales de saneamiento	P1ª-PA
Act07	Circuitos de Calefacción	P1ª-PA
Act08	Colocación de bañeras y platos de ducha	P1ª-PA
Act09	Recibido de instalaciones	P1ª-PA
Act10	Saneamiento colgado	P1ª-PA
Act11	Enlucido de yeso	P1ª-PA
Act12	Alicatados	P1ª-PA
Act13	Solados de ceramica	P1ª-PA
Act14	Cableado	P1ª-PA
Act15	Falsos Techos	P1ª-PA
Act16	Mecanismos y cuadros	P1ª-PA
Act17	Pintura	P1ª-PA

Figura 5 – Ejemplo de la Planilla para los Módulos de Control definidos.

En la figura 5 se representa un extracto del ejemplo de la lista de módulos de control obtenida tras la utilización del botón para generar módulos de control.

Una vez asignadas las duraciones a cada uno de los módulos de control se puede utilizar el botón para Generar la planilla de la Planificación, ubicado en la pestaña acciones de la ventana flotante de la caja de herramientas, para generar una planilla con definición de los valores de los atributos de EDT (Estructura de Desglose del Trabajo), Predecesores, Fecha de Inicio y Fecha de Fin. En la planilla se identifica también el campo Estado a través del cual se puede definir el estado del Módulo de Control en: Programado (valor del campo igual a 0), En Ejecución (valor del campo igual a 1) y Finalizado (valor del campo igual a 2). En la figura 6 se puede visualizar un extracto de un ejemplo de la planilla de actividades con la representación de los atributos anteriormente comentado y de los botones que posibilitan el cálculo de la ruta crítica y otro para exportar la planificación a un software comercial de gestión de proyectos. (en este caso el Software MS Project debe estar instalado en la misma maquina).

Módulos de Control		Id	Duración	Comienzo	Fin	Cantidad	Criticas	Estado
Act01 - Tabiqueria - Pbaja-PA	1	3,00	01/03/2016	04/03/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - Pbaja-PB	2	3,00	04/03/2016	09/03/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P1ª-PA	3	3,00	09/03/2016	14/03/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P1ª-PB	4	3,00	14/03/2016	17/03/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P2ª-PA	5	3,00	17/03/2016	22/03/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P2ª-PB	6	3,00	22/03/2016	25/03/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P3ª-PA	7	3,00	25/03/2016	30/03/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P3ª-PB	8	3,00	30/03/2016	04/04/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P5ª-PA	9	3,00	04/04/2016	07/04/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P4ª-PB	10	3,00	07/04/2016	12/04/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P5ª-PA	11	3,00	12/04/2016	15/04/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P5ª-PB	12	3,00	07/04/2016	12/04/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P6ª-PA	13	3,00	12/04/2016	15/04/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P6ª-PB	14	3,00	15/04/2016	20/04/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P7ª-PA	15	3,00	20/04/2016	25/04/2016	0,00		0	
Act01 - Tabiqueria - P7ª-PB	16	3,00	25/04/2016	28/04/2016	0,00		0	
Act02 - Replanteo Instalaciones - Pbaja-PA	17	0,50	04/03/2016	04/03/2016	0,00		0	
Act02 - Replanteo Instalaciones - Pbaja-PB	18	0,50	09/03/2016	09/03/2016	0,00		0	

Figura 6 – Planilla de Actividades.

En el caso de actividades que necesiten recorrer un ciclo de ejecución en una zona de control para iniciar la ejecución de la zona de control siguiente, como en el caso de las actividades de estructura, se utiliza el sector de ciclos de ejecución para cambiar la definición de predecesoras y definir la secuencia de ejecución.

5.3. Jugando a Optimizar los flujos

La planificación obtenida está basada en el supuesto implícito de la asunción del inicio temprano de todo módulo de control. El inicio temprano desvinculado del equilibrio entre el ritmo de ejecución de las actividades puede causar “tiempos muertos”, o interrupción del trabajo en una determinada zona de control. Además, se pretende reflejar en la programación los tiempos de espera propios del proceso para diferenciarlos de los tiempos de discontinuidad.

En la pestaña acciones de la ventana flotante de la caja de herramientas se ubica el botón para análisis de discontinuidades, este botón genera dos tableros auxiliares, uno para el análisis de los “tiempos muertos” y otro para el control y análisis del estado de ejecución. En el proceso de planificación se han asociado unos periodos de tiempo a cada una de los módulos de control como su duración. El cálculo de estas duraciones ha sido basado en criterios inherentes a la actividad, pero al planificar los módulos de control se mezclan las distintas actividades que se ejecutan en las mismas zonas de control, que puede manifestarse en ritmos de avance diferenciados e indeseados para un flujo optimizado del uso recursos. El tablero que se genera para el análisis de tiempos muertos identifica estas situaciones críticas para que el planificador pueda actuar y dar soluciones que las minimicen.

El tablero contiene la información del día laboral de inicio y el de fin de cada módulo de control e identifica las discontinuidades entre dos y nueve días a través de colores amarillo y las superiores a nueve días con el color rojo. Eso permite al planificador ir ajustando los flujos como si de un juego tratase hasta encontrar el que considere el más idóneo. En la figura 7 se representa un ejemplo de un extracto del tablero para que se pueda visualizar lo anteriormente dicho.

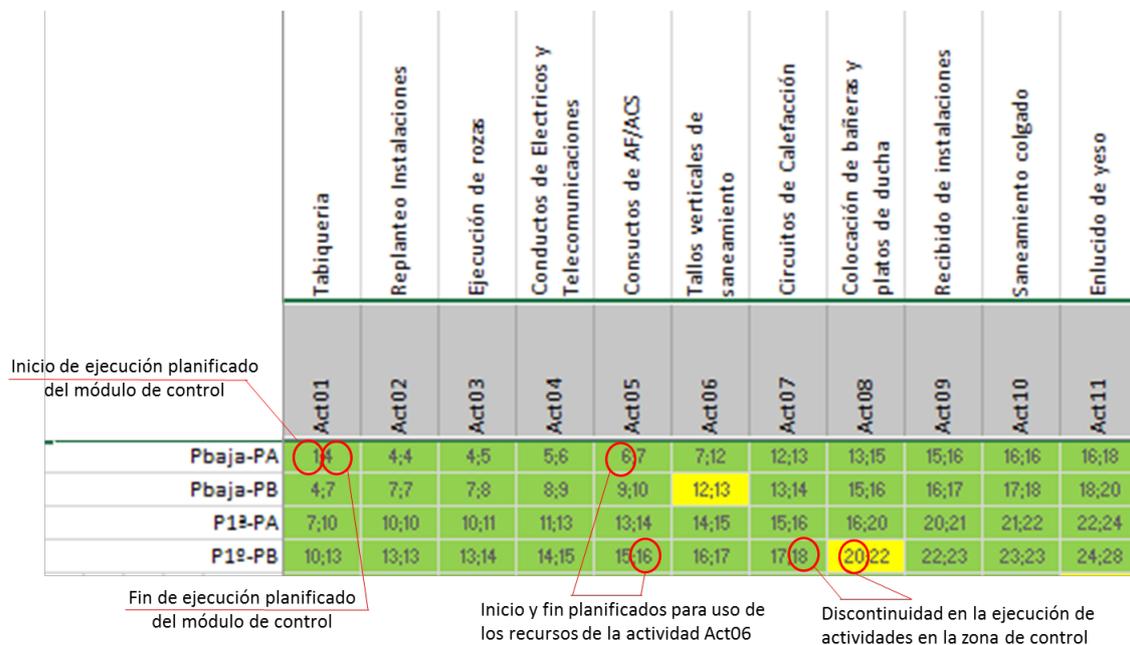


Figura 7 – Tablero para Análisis de Discontinuidad.

Los ajustes necesarios la optimización de continuidad del flujo de ejecución (eliminación de puntos identificados en amarillos y rojos) se ejecutan cambiando la duración de los

módulos de control. También en esta fase se pueden insertar actividades para justificar tiempos de espera de proceso, como por ejemplo el fraguado del hormigón.

5.4. Control de la ejecución

El nivel de detalle de una planificación viene limitado por la capacidad de control sobre la ejecución. Así que sobre lo programado es recomendable poder contrastar el estado de la ejecución. El tablero para el control y análisis del estado de ejecución posee la misma estructura de los tableros anteriormente para la planificación y análisis de discontinuidad, pero reflejando la información del estado de cada uno de los módulos de control.

El estado de los módulos de control viene presentado según dos perspectivas: qué estado deberían tener en función del programado y que estado real poseen. Para reflejar esta información lo primero que se debe hacer es actualizar, en la planilla de planificación, el campo estado de cada uno de los módulos de control. Una vez actualizado los registros, se debe utilizar el botón Actualiza Estado para que la información introducida en la planilla de planificación se refleje en el tablero de control y análisis del estado de ejecución.

En el tablero de control y análisis del estado de ejecución se reflejan las dos perspectivas del estado con la siguiente leyenda: El estado que deberían tener se identificará a través de los colores verde (programado y fecha de inicio programada superior a la fecha del análisis). Amarillo (programado y fecha del análisis superior hasta nueve días laborables sobre la fecha de inicio programada) y rojo (programado y fecha del análisis superior a nueve días laborables sobre la fecha de inicio programada), mientras que el estado real por los colores gris (ejecutado) y azul (en ejecución). En la figura 8 se representa el tablero para el control y análisis del estado de ejecución.

	Tabiquería	Replanteo Instalaciones	Ejecución de rozas	Conductos de Electricos y Telecomunicaciones	Conductos de AF/ACS	Tallos verticales de saneamiento	Circuitos de Calefacción	Colocación de bañeras y platos de ducha	Recibido de instalaciones	Saneamiento colgado	Enlucido de yeso
	Act01	Act02	Act03	Act04	Act05	Act06	Act07	Act08	Act09	Act10	Act11
Pbaja-PA	1	17	33	49	65	81	97	113	129	145	161
Pbaja-PB	2	18	34	50	66	82	98	114	130	146	162
P13-PA	3	19	35	51	67	83	99	115	131	147	163
P13-PB	4	20	36	52	68	84	100	116	132	148	164
P23-PA	5	21	37	53	69	85	101	117	133	149	165
P23-PB	6	22	38	54	70	86	102	118	134	150	166
P33-PA	7	23	39	55	71	87	103	119	135	151	167
P33-PB	8	24	40	56	72	88	104	120	136	152	168
P53-PA	9	25	41	57	73	89	105	121	137	153	169
P43-PB	10	26	42	58	74	90	106	122	138	154	170
P53-PA	11	27	43	59	75	91	107	123	139	155	171
P53-PB	12	28	44	60	76	92	108	124	140	156	172
P63-PA	13	29	45	61	77	93	109	125	141	157	173
P63-PB	14	30	46	62	78	94	110	126	142	158	174
P73-PA	15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175
P73-PB	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176

Figura 7 – Tablero para el control y análisis del estado de ejecución.

El tablero para el control y análisis del estado de ejecución indica, además de la información sobre las dos perspectivas, información sobre la correcta ejecución de la secuencia programada en una zona de control. La importancia de detectar variaciones de ejecución sobre la secuencia programada tiene especial interés desde la óptica de la productividad. Si un módulo de control está en ejecución sin que su predecesora haya sido completamente ejecutada, puede dejar remates pendientes lo que generaría la necesidad de que el subcontratista tenga que pasar dos veces por la misma zona control.

6. Conclusiones

Se ha visto que la herramienta ha cumplido con su cometido de proporcionar una alternativa al modo tradicional de representación de la planificación. La labor de planificar se ha visto más amigable por el automatismo en establecer relaciones de precedencia de tipo fin-comienzo. La visualización de la secuencia de actividades planificadas en una misma zona de control es muy intuitiva, así como la secuencia de ejecución de las zonas de control, o sea el camino que recorren los subcontratistas en la obra.

La facilidad de identificación de los flujos de actividades y recursos es muy directa y aporta una nueva dimensión para el incremento de productividad. La perspectiva de visualización del estado real contrapuesto a lo programado permite identificar con

facilidad tanto el estado de las actividades (relacionada con la performance de un subcontratista), así como con el progreso de cada una de las zonas de control.

La herramienta tuvo que ser incrementada con la posibilidad de definir relaciones de precedencia no automáticas (se ha limitado a tres del tipo fin-comienzo) para mejorar el enlace entre grupos de zonas de control con actividades distintas, como pueden ser las formadas por las actividades de estructura, interior de vivienda y fachada.

La fiabilidad del calendario de planificación aún está en proceso de validación, pero los primeros resultados son muy positivos. Se ha visto que la herramienta “tiende” a adelantar el calendario al iniciar todo lo antes posible, pero se transforma en un reto más del juego para lograr llevar su ejecución a la par.

Se está trabajando en la integración de otras herramientas para completar el tablero para que el cálculo de duración a través de la definición de rendimientos de los recursos, o mismo el ritmo deseado de ejecución de la actividad se haga de forma integrada.

7. Referencias

- Alarcón, L.F. (2014). “Using Last Planner Indicators to Identify Early signs of Project Performance”. Proceedings IGLC-22, Oslo, Norway.
- Azhar, S., Ahmad, I., Sein, M. (2010). Action Research as a Proactive Research Method for Construction Engineering and Management.”*Journal of Construction Engineering and Management*, 136, Special Issue: Research Methodologies in Construction Engineering and Management, 87–98.
- Cox, James F., John H. Blackstone, Jr., and Michael S. (1992) *American Production and Inventory Control Society*, Falls Church, Spencer, editors, APICS Dictionary, 1992, Virginia
- Herrmann, Jeffrey W. (2005) “A History of Decision-Making Tools for Production Scheduling,” 2005 Multidisciplinary Conference on Scheduling: Theory and Applications, New York, July 18-21
- Herrmann, Jeffrey W. (2006) “A history of production scheduling,” in *Handbook of Production Scheduling*, 2006a, Springer, New York
- Hult, M., and Lennung, S. (1980). "Towards a Definition of Action Research: A Note and Bibliography," *Journal of Management Studies* (17:2), 1pp. 242-250.
- Marín, I., Hierro, E. (2013) “Gamificación. El poder del juego en la gestión empresarial y la conexión con los clientes.” 2013 Urano ISBN 978-84-96627-83-3
- Pellicer, E., Sanz, M.A., Catalá, J. (2004). “El proceso proyecto-construcción” (The infrastructure life cycle). Universidad Politécnica de Valencia (ISBN-84-9705-533-0), 486 pp.