

PRACTICAL APPLICATION OF THE CRITICAL CHAIN METHOD TO A CIVIL ENGINEERING PROJECT

Vázquez García, Elena; Amiama Ares, Carlos; Barrasa Rioja, Martín
Universidad de Santiago de Compostela

The current trend in the construction sector has led in recent years to the search for new methods of planning, monitoring and controlling, in order to establish more effective results in the supervision of works, avoiding the so frequent changes in costs and schedules of projects that generate an increasingly growing concern.

The aim of this paper is to analyze the possibilities presented by the critical chain method in the civil engineering scope, to understand situations, needs or problems arising from their employment as we work with this method in the real environment of a work, from its beginning till its conclusion, eliminating the traditional vision of returning to the scheduled time planned and focusing the efforts to complete the entire project by the deadline.

After examining the obtained results, it is intended to present the model supported by the critical chain method as an effective, supple and focused control mechanism for future projects.

Keywords: Critical chain; planning; project management

APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MÉTODO DE LA CADENA CRÍTICA A UN PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL

La tendencia actual en el sector de la construcción ha llevado en los últimos tiempos a la búsqueda de nuevos métodos de planificación, seguimiento y control, con la finalidad de establecer resultados más efectivos en la dirección de las obras, evitando los tan frecuentes cambios en los costes y plazos de los proyectos que generan una preocupación cada vez más creciente.

El objetivo de este artículo es analizar las posibilidades que presenta el método de la cadena crítica en el ámbito de la ingeniería civil, comprendiendo las situaciones, necesidades o problemas derivados de su empleo al trabajar con este método en el ambiente real de una obra, desde su inicio hasta su conclusión, eliminando la visión tradicional de volver a los plazos programados y centrando los esfuerzos en finalizar el proyecto completo en la fecha establecida.

Tras el estudio de los resultados obtenidos, se pretende presentar el modelo apoyado en el método de la cadena crítica como un mecanismo eficaz, flexible y focalizado para el control de futuros proyectos.

Palabras clave: Cadena crítica; planificación; gestión de proyectos

1. Introducción

En la actualidad, los sobrecostos y los retrasos en los proyectos de ingeniería ponen en dificultades a muchas empresas del sector de la construcción que se ven incapaces de encontrar un método de planificación, seguimiento y control óptimo, que se adapte a las necesidades variables de las obras. Esto constituye una preocupación cada vez más creciente en los directores de las mismas, que se ven presionados para alcanzar el éxito de cada meta sin los recursos necesarios, en una constante carrera de obstáculos.

La aparición de cláusulas de penalizaciones en los contratos es cada vez más frecuente, por lo que acabar a tiempo con las calidades, costes y exigencias establecidas en proyecto se vuelve casi obligatorio aunque utópico para muchas compañías del sector, lo que es realmente alarmante para aquellas infraestructuras que deben de ser puestas en servicio en unas fechas fijas e inamovibles.

En este escenario, la aparición en diferentes ámbitos del método de la Cadena Crítica, también conocido con el acrónimo CCPM (Critical Chain Project Management) y desarrollado por el Dr. Eliyahu M. Goldratt en su libro *Critical Chain* de 1997, ha supuesto una revolución en el modo de administrar y programar los proyectos, superando las limitaciones del método del Camino Crítico, como la Ley de Parkinson, el Síndrome del Estudiante, los retrasos como consecuencia de las dependencias de las tareas, la multitarea o la pérdida de atención, propios de los sistemas más tradicionales.

El CCPM es un procedimiento que hace especial énfasis en la gestión del plazo de los proyectos, por lo que el principal beneficio de su aplicación es una significativa reducción de los tiempos de ejecución, radicando su importancia en el amplio abanico de opciones que esto supone para las empresas, pudiendo ser para el caso que nos ocupa un factor clave para la consecución con éxito de los proyectos de construcción.

2. Método de la Cadena Crítica

El método de la Cadena Crítica tiene su origen en la teoría de las limitaciones (TOC), surgida a principios de los años 80 (Goldratt & Cox, 1992), donde la idea medular de dicha filosofía es que todo sistema cuenta con al menos una limitación o cuello de botella y que, aplicando una serie de herramientas de resolución de problemas y toma de decisiones es posible mejorar de manera considerable el resultado final mediante un proceso de mejora continua basado en cuatro pasos:

1. Identificar: la/s limitaciones del sistema.
2. Explotar: al máximo las limitaciones del sistema.
3. Subordinar: todo lo demás a la decisión anterior.
4. Elevar: la capacidad de la/s limitaciones del sistema.

Aunque esta teoría nació dentro de entornos productivos ha ido desarrollándose, extendiéndose y adaptándose a otros ámbitos hasta llegar a la gestión de proyectos, siendo la metodología concreta para ésta la denominada Cadena Crítica.

Goldratt define la Cadena Crítica de un proyecto como la cadena más larga de pasos dependientes, teniendo en cuenta tanto las restricciones tecnológicas como las limitaciones de los recursos. Esta secuencia de tareas es la limitación a la que debe subordinarse todo el sistema, eliminando la seguridad individual de cada actividad y colocando los

amortiguadores de tiempo en los puntos idóneos de la cadena para dotarla de una mayor protección global.

El CCPM no es sólo una técnica de análisis y gestión del cronograma y de recursos, es una manera distinta de gestionar los proyectos abordando desde otra perspectiva cualquier conflicto que pueda surgir de una forma lógica, racional y sencilla.

3. Objetivos

Tras la realización del estudio anterior de revisión y compendio de los trabajos desarrollados en este ámbito (Vázquez, Amiama, & Barrasa, 2015), y siguiendo la línea de investigación iniciada, se ha aplicado este método a una obra de ingeniería para comprender las situaciones, necesidades o problemas derivados de su empleo al trabajar con la cadena crítica en el ambiente real de las obras, desde su inicio hasta su conclusión, eliminando la visión tradicional de volver a los plazos programados para cada actividad y centrando los esfuerzos en finalizar el proyecto completo en la fecha establecida.

Por todo ello, se puede resumir que los objetivos principales que se pretenden alcanzar son:

1. Adecuar la metodología de la cadena crítica al sector de la construcción, identificándola como una herramienta que permita proteger la fecha de finalización de las obras y la consecución de las mismas según lo proyectado basándose en la limitación de los recursos.
2. Utilizar los resultados para la aplicación del procedimiento a una obra de ingeniería civil que sirva como ensayo para poder ofrecer una alternativa adecuada en dicha área.
3. Presentar el modelo apoyado en el CCPM como un mecanismo eficaz, flexible y focalizado para el control de futuros proyectos.

4. Caso de estudio

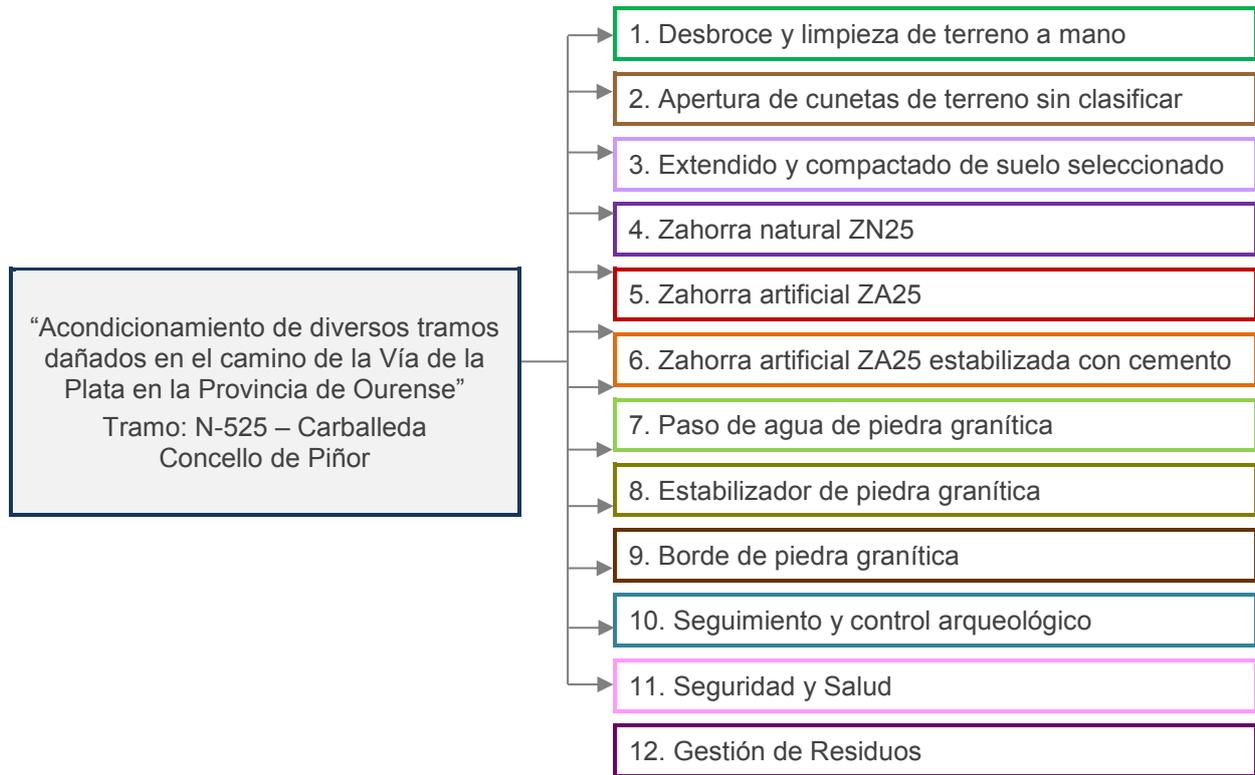
A la hora de seleccionar una empresa y obra para la implementación del método se ha tenido en cuenta una serie de factores con el objeto de que los resultados obtenidos pudiesen ser representativos y reales, además de lograr concluir con éxito el proyecto de estudio. Es por ello que las características más destacables para una primera aproximación han sido las siguientes:

- Empresa con un número limitado de recursos.
- Obra con un plazo de ejecución rígido y ajustado.
- Posibilidad de monitorizar la obra desde el inicio hasta su conclusión.
- Concienciación en la empresa de la necesidad de cambio en el modo de planificar, ejecutar y controlar los proyectos.

4.1. Proyecto de ingeniería

En colaboración con una empresa de ingeniería civil de la provincia de Ourense se ha seleccionada la obra de referencia que se ha utilizado para el estudio y que corresponde al acondicionamiento de un tramo del camino de Santiago, perteneciente a la Vía de la Plata, entre la N-525 y Carballeda, en el municipio ourensano de Piñor, concerniente a la división en diferentes partes de un proyecto futuro de mayor envergadura.

Figura 1. Estructura de Desglose de Trabajo del Caso de Estudio



Para la adjudicación del mismo no sólo se han considerado aspectos económicos, sino que ha sido necesario presentar una programación detallada de los trabajos a desarrollar, identificados en la estructura de desglose de tareas que se muestra en la Figura 1, valorando positivamente la reducción en el cronograma de origen (inicialmente fijado en proyecto en 5 semanas) y siendo obligatoria la ejecución en plazo para la realización de las obras en los siguientes tramos del camino.

4.2. Metodología

Las metodologías convencionales en dirección de proyectos centran sus esfuerzos en planificaciones detalladas con la convicción de que logrando lo local se obtenga el éxito en lo global.

La adopción del CCPM requiere que se planifique trabajando con duraciones individuales bien ajustadas, sin protecciones ni residuos, incluyendo los colchones de tiempo al final de la secuencia de actividades. El foco se desplaza desde el control de las actividades individuales hasta el seguimiento de lo que se ha consumido del colchón, es decir, un control a nivel global (Mattos & Valderrama, 2014).

Para evitar una planificación hinchada y sobredimensionada del proyecto de acondicionamiento del camino de Santiago señalado, se ha optado por hacer un estudio con datos reales de la empresa adjudicataria. Para ello, se han tomado como referencia diferentes obras terminadas en tiempo y ejecutadas con carácter urgente, con el objetivo de conocer el rendimiento más elevado por parte de los trabajadores de la constructora para cada una de las actividades de la EDT. Los resultados medios de productividad, fruto del máximo esfuerzo por parte de los operarios en los casos analizados para las tareas que engloban la obra de estudio son los que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Estudio de rendimiento medio de los trabajadores para las actividades de la obra

ACTIVIDADES*	RENDIMIENTO	MEDICIÓN OBRA	ESTIMACIÓN TIEMPO
1. Desbroce y limpieza de terreno a mano	400,00 m/día	675,00 m	1,69 día
2. Apertura de cunetas de terreno sin clasificar	200,00 m/día	675,00 m	3,38 día
3. Extendido y compactado de suelo seleccionado	80,00 m ³ /día	279,00 m ³	3,49 día
4. Zahorra natural ZN25	100,00 m ³ /día	78,75 m ³	0,79 día
5. Zahorra artificial ZA25	100,00 m ³ /día	209,26 m ³	2,09 día
6. Zahorra artificial ZA25 estabilizada con cemento	100,00 m ³ /día	78,75 m ³	0,79 día
7. Paso de agua de piedra granítica	20,00 m/día	9,00 m	0,45 día
8. Estabilizador de piedra granítica	40,00 m/día	21,50 m	0,54 día
9. Borde de piedra granítica	40,00 m/día	80,00 m	2,00 día

* Las actividades '10', '11' y '12' tienen una consideración distinta, ya que las dos últimas deben ejecutarse a lo largo de todo el proyecto siempre que sea necesario y el seguimiento y control arqueológico se cumplirá mediante la subcontratación de un arqueólogo para los momentos claves de la obra donde debe estar presente.

De esta manera se ha considerado que los plazos obtenidos están completamente despojados de cualquier tipo de margen temporal de seguridad, por lo que se ha aplicado un 25% de dimensionamiento para los buffers en cumplimiento con la teoría especificada por Goldratt (2001) que defiende que el tamaño de los mismos vendrá determinado por el 50% de la longitud de la cadena o subcadenas, inicialmente divididas a la mitad. Estos amortiguadores de tiempo, conocidos en terminología de CCPM como buffers, se utilizan en puntos determinados del proyecto para tener en cuenta los recursos limitados y las incertidumbres asociadas a la obra.

En la Figura 2 se muestra el cronograma resultante al aplicar la metodología de la Cadena Crítica, definida como el camino más largo considerando, no sólo las dependencias entre tareas, sino también las dependencias entre recursos (Navarro, 2005), a la obra de referencia.

Figura 2. Planificación de la obra aplicando el CCPM

	3-ago	4-ago	5-ago	6-ago	7-ago	8-ago	9-ago
ACTIVIDAD 1	CA+TO+OD	CA+TO					
ACTIVIDAD 2			CA+TO+MI	CA+TO+MI	MI+RA		
ACTIVIDAD 3							
ACTIVIDAD 4					CA+TO+JA		
ACTIVIDAD 5							
ACTIVIDAD 6							
ACTIVIDAD 7							
ACTIVIDAD 8							
ACTIVIDAD 9							
ACTIVIDAD 10	BR	BR	AR	AR	AR		
ACTIVIDAD 11							
ACTIVIDAD 12							

	10-ago	11-ago	12-ago	13-ago	14-ago	15-ago	16-ago
ACTIVIDAD 1							
ACTIVIDAD 2	MI+RA						
ACTIVIDAD 3				MI+RA			
ACTIVIDAD 4							
ACTIVIDAD 5							
ACTIVIDAD 6							
ACTIVIDAD 7	CA+TO+OD						
ACTIVIDAD 8		CA+OD*	BA				
ACTIVIDAD 9		TO+OD*	CA+TO+OD				
ACTIVIDAD 10	AR						
ACTIVIDAD 11							
ACTIVIDAD 12							

*El recurso OD es necesario para el transporte de la piedra de la actividad 8 y 9 pudiéndose hacer simultáneamente.

	17-ago	18-ago	19-ago	20-ago	21-ago	22-ago	23-ago
ACTIVIDAD 1							
ACTIVIDAD 2							
ACTIVIDAD 3	MI+RA	MI+RA	MI+RA				
ACTIVIDAD 4							
ACTIVIDAD 5				CA+JA+MI	CA+JA+MI		
ACTIVIDAD 6							
ACTIVIDAD 7							
ACTIVIDAD 8							
ACTIVIDAD 9							
ACTIVIDAD 10	BR				BR		
ACTIVIDAD 11				BA			
ACTIVIDAD 12				BA			

	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	28-ago	29-ago	30-ago
ACTIVIDAD 1							
ACTIVIDAD 2							
ACTIVIDAD 3							
ACTIVIDAD 4							
ACTIVIDAD 5	CA+MI						
ACTIVIDAD 6	*CA+JA+MI	BP					
ACTIVIDAD 7							
ACTIVIDAD 8							
ACTIVIDAD 9							
ACTIVIDAD 10	AR						
ACTIVIDAD 11	BA						
ACTIVIDAD 12	BA						

* La actividad 6 comenzará una vez finalizada la actividad 5 el mismo día.

Se ha empleado diferentes colores para una sencilla identificación de las cadenas, subcadenas y tipologías de buffers utilizados, además de incorporar los recursos asignados a cada una de las actividades:

Figura 3. Leyenda de planificación de la obra y recursos asignados

	Fin de semana	CA	Carlos
	Festivos	TO	Tomás
	Cadena Crítica	OD	Odilo
	Subcadenas	MI	Miguel
BP	Buffer de Proyecto	RA	Ramón
BA	Buffer de Alimentación	JA	José Antonio
BR	Buffer de Recurso	AR	Arqueóloga

Esta planificación no permite la multitarea con el objetivo de evitar los cambios continuos de trabajo que perjudican seriamente el rendimiento debido a las adaptaciones continuas que impiden estimar correctamente las cargas de trabajo de las tareas, suponiendo un conflicto constante de prioridades entre ellas. Con Cadena Crítica, cuando una actividad se empieza, ya no se deja hasta que se acaba.

El cronograma proyectado y presentado reduce en una semana el tiempo de duración planificado para la ejecución de la obra según lo estipulado en el proyecto original, resultando una duración del proyecto según la programación final de 4 semanas.

5. Seguimiento y Control

Las obras de construcción son entes vivos y continuos en cambios, donde es imposible luchar contra la incertidumbre a pesar de correctas planificaciones. El control del proyecto que realiza la Cadena Crítica es un proceso sencillo en el cual lo importante es el grado de consumo de los buffers y el grado de avance de las cadenas que amortiguan. Es preciso tener en cuenta que los buffers no son holguras sino elementos estructurales de la programación. En consecuencia, estos amortiguadores están para consumirse (Rivera & Durán, 2003).

5.1. Análisis de la ejecución

Figura 4. Ejecución de la obra aplicando el CCPM

	3-ago	4-ago	5-ago	6-ago	7-ago	8-ago	9-ago
ACTIVIDAD 1	CA+TO+RA	CA+TO					
ACTIVIDAD 2			CA+TO+MI	MI+RA	MI+RA		
ACTIVIDAD 3							
ACTIVIDAD 4				CA+TO+JA			
ACTIVIDAD 5							
ACTIVIDAD 6							
ACTIVIDAD 7					CA+TO+OD		
ACTIVIDAD 8							
ACTIVIDAD 9							
ACTIVIDAD 10	BR	BR	AR	AR	AR		
ACTIVIDAD 11							
ACTIVIDAD 12			OD				

	10-ago	11-ago	12-ago	13-ago	14-ago	15-ago	16-ago
ACTIVIDAD 1							
ACTIVIDAD 2		MI+RA					
ACTIVIDAD 3							
ACTIVIDAD 4							
ACTIVIDAD 5							
ACTIVIDAD 6							
ACTIVIDAD 7							
ACTIVIDAD 8		CA+TO+OD	BA				
ACTIVIDAD 9			CA+TO+OD	CA+TO+OD			
ACTIVIDAD 10		AR					
ACTIVIDAD 11							
ACTIVIDAD 12							

	17-ago	18-ago	19-ago	20-ago	21-ago	22-ago	23-ago
ACTIVIDAD 1							
ACTIVIDAD 2							
ACTIVIDAD 3			MI+RA	MI+RA	MI+RA		
ACTIVIDAD 4							
ACTIVIDAD 5							
ACTIVIDAD 6							
ACTIVIDAD 7							
ACTIVIDAD 8							
ACTIVIDAD 9	CA+TO+OD	CA+TO+OD					
ACTIVIDAD 10					BR		
ACTIVIDAD 11							
ACTIVIDAD 12							

	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	28-ago	29-ago	30-ago
ACTIVIDAD 1							
ACTIVIDAD 2							
ACTIVIDAD 3	MI+RA						
ACTIVIDAD 4							
ACTIVIDAD 5		CA+TO+JA+MI	CA+TO+JA+MI				
ACTIVIDAD 6				CA+JA+MI	BP		
ACTIVIDAD 7							
ACTIVIDAD 8							
ACTIVIDAD 9							
ACTIVIDAD 10			AR				
ACTIVIDAD 11							
ACTIVIDAD 12				OD			

En la Figura 4 se expone la ejecución real de la obra para las diferentes actividades de proyecto, quedando reflejado el consumo de los buffers y la utilización final de los recursos de los que se disponían.

De los resultados obtenidos se puede analizar que:

- El inicio de las obras se produce según los plazos fijados en la programación.

- Debido a una reunión con autoridades públicas y prensa el día 10 de agosto, se solicitó con antelación a dicha fecha el comienzo anticipado de la subcadena formada por las actividades '4'-'7'-'8'.
- La actividad 9 comenzó un día más tarde, ya que el 10 de agosto no se pudo trabajar en obra. Además esta tarea crítica necesitó más tiempo del inicialmente planificado para su conclusión.
- La actividad 3 empieza a ejecutarse el 19 de agosto cuando estaba calculado su inicio el 17 de agosto. Hay que destacar que esta tarea perteneciente a la cadena crítica necesitó un día más para finalizar.
- Las actuaciones de "seguridad y salud" y "gestión de los residuos" se realizan en momentos puntuales de la obra.
- Los buffers de recurso empleados como alertas para comunicar con tiempo a la arqueóloga subcontratada de la necesidad de su presencia en obra y de la entrega del informe pertinente resultaron útiles, consiguiendo toda la documentación necesaria un día antes de la finalización de la obra.
- El proyecto finalizó un día antes de lo estipulado en la programación, consumiendo 3 de los 4 días destinados al buffer de proyecto.

5.2. Fever Chart

El seguimiento es, en cierto modo, la mayor ventaja del método de la Cadena Crítica ya que, tal y como se especificó con anterioridad, el control del proyecto mediante esta metodología resulta sencillo y focalizado: tan sólo debemos de centrar los esfuerzos en gestionar los amortiguadores (Navarro, 2006).

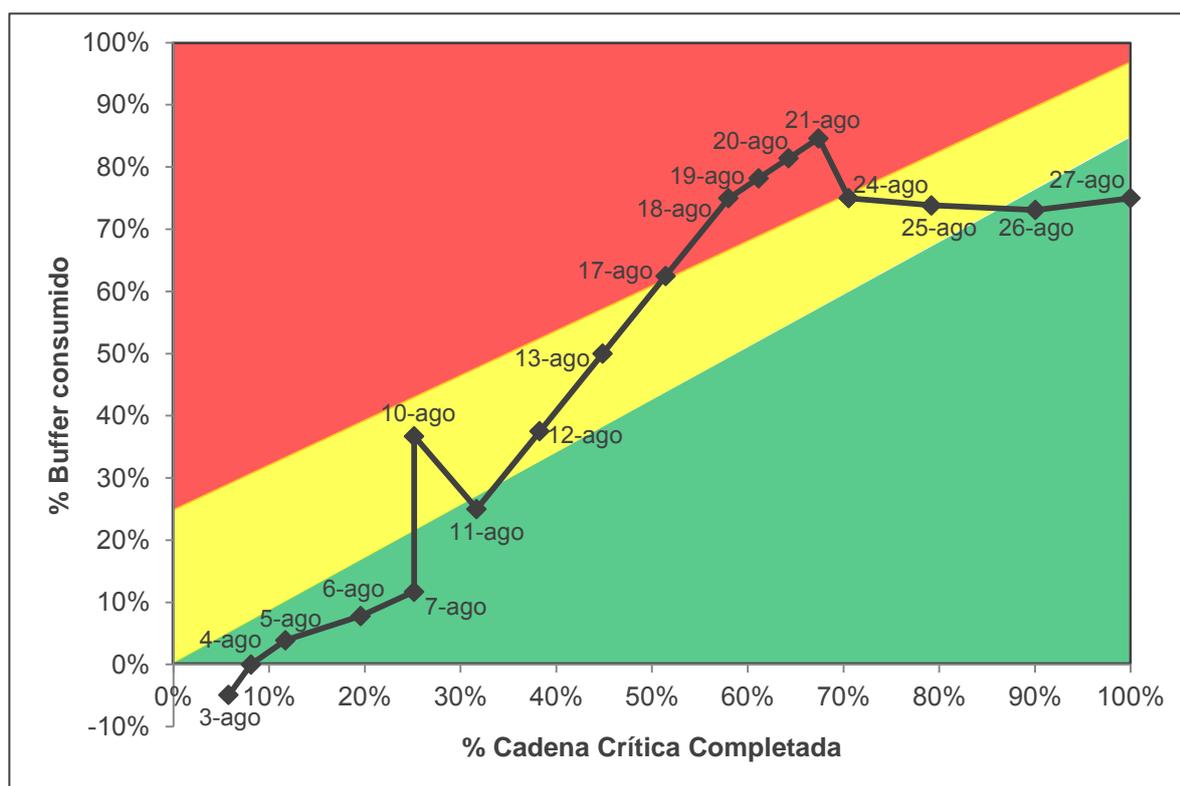
Como una imagen vale más que mil palabras, se ha hecho común el uso de los llamados Fever Chart, que monitorizan los buffers mediante una rápida visual al permitir conocer el grado de consumo de los mismos frente al porcentaje de proyecto concluido. En estos gráficos se definen tres zonas diferenciadas por colores según la necesidad de actuación en cada una de estas regiones:

- Zona verde:
 - Los buffers se consumen a un ritmo más lento que el avance del proyecto.
 - En esta región no se requiere ninguna acción específica por parte del director.
 - Es necesario destacar que un proyecto que se mantiene desde el inicio hasta el fin en esta área denota un sobredimensionamiento de los amortiguadores.
- Zona amarilla:
 - Los colchones dimensionados se consumen prácticamente al mismo ritmo que el avance del proyecto.
 - En estos casos es preciso que el responsable de la obra estudie posibles medidas preventivas con el objetivo de proteger la fecha de terminación de la misma.
- Zona roja:
 - Los amortiguadores se consumen a un ritmo superior que el del avance del proyecto.
 - El encargado del control de la obra debe poner en práctica medidas correctoras cuanto antes para evitar el retraso del proyecto.

- Es importante señalar que un gráfico dónde continuamente están saltando las alarmas indica que el dimensionamiento de los buffers es escaso.

En la figura 5 está recogido el seguimiento realizado para la obra de acondicionamiento del camino de Santiago en su tramo por Piñor donde, de una manera gráfica, se puede comprender el análisis realizado en el punto 4.4.1. del presente artículo. Las líneas delimitadoras de las diferentes zonas se han dispuesto de forma que se dedique un mayor control de la obra tanto al inicio como al final de la misma.

Figura 5. Fever Chart



6. Conclusiones

Las pautas del método de la cadena crítica se han aplicado con éxito en diferentes ámbitos: operaciones, distribución, abastecimiento, ventas, marketing, industria, gestión de proyectos..., por lo que la aplicación del CCPM al sector de la construcción no debe de ser una excepción a dicho triunfo. Para ello, se debe de romper con las tendencias tradicionales, crear cultura de proyectos, mejorar los procesos de programación, control y asignación de recursos y lograr un mayor grado de especialización en el método, de forma que se pueda convertir en una herramienta fundamental hacia la consecución correcta de las metas planteadas.

Tal y como ha quedado reflejado con la obra de estudio, la reducción de los cronogramas de proyecto y la conclusión a tiempo mediante la aplicación de la cadena crítica es posible. Ofrecer plazos más reducidos a igualdad de recursos supone una ventaja competitiva también en términos económicos, al poder absorber una mayor cantidad de proyectos y compromisos. El uso y la distribución correcta de las protecciones conllevan a

un aprovechamiento efectivo de las mismas, de forma que se obtiene una mayor protección real con una cantidad menor de tiempo de seguridad.

El seguimiento y control resulta sencillo de realizar y proporciona la información necesaria para elaborar una valoración actualizada, clara y objetiva de la situación de las obras. De esta manera, los directores de proyecto disponen de un procedimiento práctico para evaluar el rendimiento de los proyectos y tomar las decisiones más adecuadas mediante la gestión y administración de los amortiguadores.

La aplicación del método de la cadena crítica al sector de la construcción supone una herramienta efectiva para completar los proyectos más rápido, con una mayor capacidad de organización, lo que implica, no sólo una reducción de los plazos, sino también una mejora en la planificación, ejecución y control de las obras.

7. Bibliografía

- Goldratt, E. M., & Cox, J. (1993). *La meta: un proceso de mejora continua*. Madrid: Díaz de Santos, D.L.
- Goldratt, E. M. (2001). *Cadena Crítica: una novela empresarial sobre la gestión de proyectos*. Madrid: Díaz de Santos, D.L.
- Leach, P. L. (2014). *Critical Chain Project Management* (3ª ed.). Boston, Massachusetts, Estados Unidos: Artech House.
- Mattos, A. D., & González Fernández de Valderrama, F. (2014). *Métodos de Planificación y Control de Obras: del diagrama de barras al BIM*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- Navarro, D. (29 de Agosto de 2005). *Las limitaciones del método del camino crítico*. Blog Dirección de Proyectos. Publicado en <http://direccion-proyectos.blogspot.com.es/>.
- Navarro, D. (12 de Mayo de 2006). *Gestión de Proyectos. Método de la Cadena Crítica*. Blog Dirección de Proyectos. Publicado en <http://direccion-proyectos.blogspot.com.es/>.
- Newbold, R. C. (16 de Octubre de 2011). Fever Chart Regions. *Blog ProChain*. ProChain Solutions, Inc. Publicado en http://prochain.com/prochain_blog/.
- PMI. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos: Guía del PMBOK* (5ª ed.). Pennsylvania, Estados Unidos: Project Management Institute, Inc.
- Rivera, F. A., & Durán, A. (Diciembre de 2003). Una reflexión sobre los fundamentos y la aplicabilidad de cadena crítica en proyectos de ingeniería. *Dyna*, 78(9), pp 10-13. ISSN 0012-7361.
- Vázquez García, E., Amiama Ares, C., & Barrasa Rioja, M. (2015). Aproximación a la aplicación del método de la cadena crítica a proyectos de obra civil. *XIX Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos* (págs. 0147-0158). Granada, 15-16 de Julio de 2015: AEIPRO.