

ANÁLISIS DE INTERCAMBIO TIEMPO-COSTO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

José F. Grajales M.¹ Iveth A. Samayoa A.¹ Francisco A. Alonso F.¹
José E. Castellanos C.¹

RESUMEN

En proyectos de construcción, los costos y tiempos de reducción son cruciales en la actualidad en un mercado competitivo. Los costos y los tiempos junto con la calidad de un proyecto juegan un importante papel en la toma de decisiones. En años recientes se ha incrementando la demanda de proyectos de construcción con reducción de costos y tiempos. El intercambio tiempo-costo entre aspectos conflictivos de los proyectos es uno de los desafíos mostrados con frecuencia por las compañías constructoras. Tiempo, costo y calidad de los proyectos son aspectos importantes con los cuales los investigadores desarrollan modelos de intercambio tiempo-costo. Estos modelos han servido como importantes herramientas de la administración para superar la limitación de algoritmos de ruta crítica usados con frecuencia por las compañías. El objetivo del análisis de intercambio tiempo-costo es reducir la duración original del proyecto con un menor costo total. En este artículo, la ruta crítica y algoritmos determinísticos (Ciclos y el Método Aproximado de Siemens) son usados para encontrar las duraciones más cortas y los costos mínimos. Se realiza un análisis de regresión para identificar los tiempos y costos para formular un modelo de optimización.

Palabras Clave: proyecto de construcción, método de la ruta crítica, análisis de intercambio, duración a costo mínimo.

ABSTRACT

In construction project, cost and time reduction is crucial in today's competitive market. Cost and time along with quality of the project play vital role in construction project's decision. Reduction in cost and time projects has increased the demand of construction project in the recent years. Trade-off between different conflicting aspects of projects is one of the challenging problems often faced by construction companies. Time, cost and quality project are the most important aspects of each project which lead researchers in developing time-cost trade-off algorithms. These models are serving as important management tool for overcoming the limitation of critical path methods, frequently used by company. The objective of time-cost trade-off analysis is to reduce the original project duration with possible least total cost. In this paper critical path method with deterministic models (Cycles and Siemens Approximation Method) is used to find out the crash durations and crash costs. An analysis is performed to identify the relationship between the times and costs, to formulize an optimization problem model.

Keywords: Construction project, Critical path method; Trade-off analysis; Crashing.

INTRODUCCIÓN

Cuando se requiere planear, programar y controlar las actividades que componen un proyecto, es necesario recurrir a alguna herramienta sencilla como puede ser CPM o PDM combinado con la gráfica de Gantt.

El problema de reducir la duración de un proyec-

¹ Integrantes del Cuerpo Académico de Construcción Sustentable. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas.

to eficientemente ocurre con frecuencia, en forma rutinaria y repetitivamente, en proyectos de índole diversa. Se han desarrollado algoritmos de análisis de intercambio tiempo-costo para determinar, cuáles actividades en la red de un proyecto deben ser acortadas para alcanzar un objetivo de la duración del proyecto a costo mínimo o simplemente para reducirlo. En la administración de proyectos se conocen el algoritmo de Ciclos y el de Siemens. Estos algoritmos funcionan cuando las actividades del proyecto tienen múltiples relaciones costo/pendiente. También son consistentes cuando las actividades tienen un comportamiento no lineal. Entre ellos se considera que el de ciclos es un método exacto, ya que utiliza solo las actividades críticas del programa y el de Siemens se considera un método aproximado, ya que puede utilizar cualquier actividad. En general, se buscan soluciones eficientes, sobre todo si la red es muy compleja (Kerzner, 1998).

METODOLOGÍA

Ya sea que se utilice Ciclos o Siemens en la búsqueda de menores duraciones y costos de un proyecto, se debe destacar el comportamiento de cualquier actividad del proyecto. La figura 1 muestra el desempeño costo/pendiente de una actividad.

Para obtener el Costo Unitario de reducción será necesario calcular $CUR = (CU - CN) / (TN - TU)$, en donde:

CU=Costo de Urgencia,
CN=Costo Normal,
TN=Tiempo Normal,
TU=Tiempo de Urgencia.

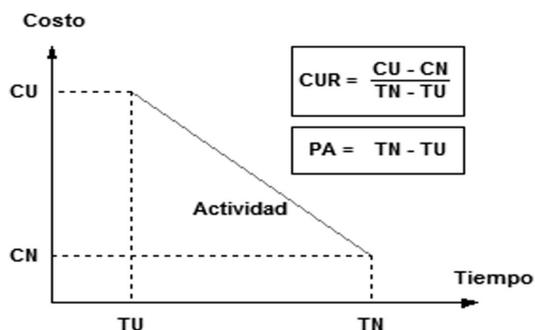


Figura 1. Gráfica costo/pendiente de una actividad (Meredith & Mantel, 2000).

Entre las preguntas que pueden ser resueltas por los algoritmos, se plantea:

¿Hasta qué duración se puede compactar un proyecto? ¿A qué costo?

¿Puede reducirse el proyecto a una duración dada? ¿A qué costo?

¿Cuánto es lo más que puede reducirse el proyecto? (Halpin, 2006).

De ellas, la primera y la tercera pregunta pueden ser resueltas con Ciclos y la segunda con Siemens. Sin embargo, la flexibilidad de Siemens también puede contestar la primera y la tercera pregunta, aunque con costos mayores que en ciclos.

Algoritmo de ciclos

Para el acortamiento de proyectos con Ciclos, se utiliza el algoritmo descrito con la tabla 1, en que se definen las acciones en cada elemento de la tabla. Se destaca el concepto de LIR que por definición es lo que es posible reducir un camino en la red sin provocar holgura en los demás. Este concepto permite conservar la estructura lógica de la red (Moder, Phillips & Davis, 1995).

Tabla 1. Algoritmo de ciclos

CICLOS	ALT	RP	LIR	RE D	CUR	CTR	CA	AHO	DIF	CT	DUR
Iteraciones del algoritmo	Alternativas	Reducción posible	Límite de interacción de la red	Reducción	Costo unitario de reducción	Costo total de la reducción	Costo acumulado	Ahorro	Diferencia	Costo total	Duración

Algoritmo de Siemens (SAM, Siemens Approximation Method)

El problema de reducir la duración de un proyecto eficientemente ocurre con frecuencia, en forma rutinaria y repetitivamente, en proyectos de índole diversa. Siemens desarrolló un algoritmo de análisis tiempo-costo para determinar, cuáles actividades en la red de un proyecto deben ser acortadas para alcanzar un objetivo trazado (programado) e impuesto como fecha de terminación (a partir de la fecha esperada de terminación del proyecto) (Moder et al., 1995).

Tabla 2. Algoritmo de Siemens

Instrucciones del algoritmo		
1	Construir la red con tiempos normales	
2	Determinar todas las posibles rutas de la red y su duración	
3	Seleccionar una duración deseada	
4	Determinar lo que debe acortarse cada ruta para cumplir con la duración deseada	
5	Estimar el costo de reducción marginal, CRM	
6	Construir la matriz tiempo-costo	a) Cada renglón es una actividad
		b) Cada columna es una ruta
		c) En las últimas columnas se registra el CRM y el PA
		d) Los totales de las columnas representan el tiempo que debe acortarse
7	Determinar el CRMe	a) Determinar cuáles rutas no han sido acortadas
		b) Dividir el costo CRM de cada actividad entre las rutas no acortadas
		c) Registrar el CRMe en cada columna
		d) Revisar los CRMe (7b)
8	Seleccionar la ruta que requiera mayor acortamiento	a) Discriminar a favor de la actividad que es común al mayor número de rutas aún no acortadas
		b) Si persiste empate, discriminar a favor de la que permite mayor acortamiento
		c) Si la selección, no es única, discriminar a favor de la que es común al mayor número de rutas
9	La cantidad que se acortará se asignará de acuerdo con:	a) Establecer la demanda de acortamiento en cualquier columna
		b) Establecer el acortamiento menor en (a)
10	Eliminar columna cuando se agote su reducción	
11	Repetir 7 a 10 hasta que todas las rutas sean acortadas	

Ya sea que se utilice Ciclos o Siemens para acortar un proyecto, es necesario plantearlo con las herramientas de la administración de proyectos en cuanto a la planeación y la programación.

REFERENCIAS

- Meredith, Jack R. & Mantel, Samuel J. (2000), 4a. edición. Project Management. A Managerial Approach. John Wiley & Sons, U. S. A.
- Kerzner, Harold. (1998), Project Management. A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling. John Wiley & Sons, U. S. A.
- Moder, Joseph J; Phillips, Cecil R. & Davis, Edward W. (1995), 3a. Edition. Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming. Blitz Publishing Company, U. S. A.
- Halpin, Daniel W. (2006). 3a. edition. Construction Management. John Wiley & Sons, Inc.

CONCLUSIONES

Entre las herramientas de la administración de proyectos se encuentran los algoritmos para compactar proyectos, entre los cuales destaca como un método exacto el de ciclos que permite el acortamiento de proyectos en base a la reducción en la ruta crítica.

La aplicación del algoritmo de ciclos facilita el cálculo del costo cuando se pretende reducir la duración de un proyecto, en base a una programación efectiva del proyecto.

Sin embargo, el algoritmo de Siemens también representa una opción de cálculo, pero es necesario establecer a cuánto tiempo se desea compactar el proyecto, y sus resultados tienen un costo ligeramente mayor que con ciclos. También, aunque en forma arbitraria se establece a cuánto se quiere reducir un proyecto, su desarrollo permite inferir si es posible reducirlo a esa duración o no.