

TABLA DE CONTENIDOS:

1.	PRESENTACIÓN DEL TRABAJO.	1
1.1.	Introducción.	1
1.2.	Objetivos del trabajo.	2
1.2.1.	Objetivo general.	2
1.2.2.	Objetivos específicos.	3
1.3.	Apartados de la memoria del trabajo.	4
2.	PRINCIPIOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS.	6
2.1.	Introducción.	6
2.2.	¿Qué es un proyecto?	9
3.	MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS.	15
3.1.	Diagramas de GANTT para gestión de proyectos.	15
3.2.	Critical Path Method (CPM).	18
3.3.	Program evaluation and review technique (PERT).	19
3.4.	Obtención de duración de proyecto con restricción de recursos (modelo de optimización de recursos).	22
3.5.	Simulación en análisis de riesgos (método de Montecarlo).	22
4	TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES APLICADO A LA GESTIÓN DE PROYECTOS: METODOLOGÍA DE LA CADENA CRÍTICA.	27
4.1	Implementación de TOC al proyecto.	27
4.1.1	El comportamiento humano en las actividades a ejecutar.	34
4.1.2	Reducción del riesgo general según el riesgo de cada actividad.	36
4.2	Proceso de implementación de TOC mejorado.	42
5	ANÁLISIS DE VALOR GANADO.	46
6	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PUENTE CALLE 4 SUR.	51
7	APLICACIÓN PRÁCTICA.	58
7.1	Aplicación de metodología a proyecto de construcción.	58
7.1.1	Primer acercamiento por MS-PROJECT.	58
7.1.2	Metodología PERT-CPM determinista de duración y coste.	62
7.1.3	Optimización de recursos por métodos cuantitativos.	65
7.1.4	Simulación de Montecarlo con distribuciones de probabilidad.	70
7.1.5	Modelo de optimización para datos de Montecarlo.	82
7.2	Aplicación de TOC mejorado o “metodología de cadena crítica mejorado” al proyecto.	87

7.2.2	Proceso de implementación.....	88
7.2.3	Implementación.	89
7.3	Panorama de posible comportamiento del proyecto con análisis de valor ganado AVG.....	96
7.3.1	Curva “S” o gráfico BCWS con datos de CPM-PERT.....	97
7.3.2	Puntos de control del proyecto.....	98
7.3.3	Medidas correctivas en el avance del proyecto.....	107
8	CONCLUSIONES.....	109
8.1.	Conclusiones específicas.....	110
8.2.	Líneas futuras.	113
8.3.	Posibles tendencias de la metodología.	114
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	115
9.1.	Referencias.....	115

1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO.

1.1. Introducción.

Este trabajo de fin de máster pretende mostrar como un análisis previo de las posibles circunstancias que se presentan a la hora de realizar un proyecto de gran envergadura, basándose en los plazos de ejecución y los recursos disponibles, puede acarrear grandes resultados a la hora de realizar un proyecto a tiempo, con las especificaciones necesarias y pactadas; con la inversión adecuada, y no solo un análisis de la forma tradicional en que se viene haciendo la planificación de proyectos y su gestión, sino también implementando nuevas metodologías prácticas y de gran efectividad.

Para este fin se usarán los métodos tradicionales practicados en la gestión de proyectos que se utilizan actualmente, así como metodologías relativamente novedosas que mejoran la programación de dichos proyectos. En este caso el cómo aplicar la teoría de las restricciones mejorada a proyectos puntuales y de gran magnitud, teniendo en cuenta las decisiones estratégicas de compañía y además la mejora de recursos por el método del análisis de valor ganado.

En este caso se aplicarán estas metodologías a un proyecto de construcción específico, existente y ejecutado, el cual será explicado y presentado en la segunda parte de este marco teórico.

En la tercera parte se expone de forma práctica la implementación de TOC (nomenclatura para "*Theory of Constrictions*" - Teoría de las restricciones - Goldratt 1989) así como la implementación de un modelo de optimización de recursos, en este caso el análisis de valor agregado (AVG) (Kerzner 2006).

Este trabajo arrojará conclusiones de aplicación al futuro a proyectos similares y con inversiones similares, con el fin de adoptar esta metodología como una herramienta práctica, de uso repetitivo y de resultados concretos con miras a mejorar la entrega de proyectos en los plazos pactados sin hacer una gran inversión en recursos.

1.2. Objetivos del trabajo.

1.2.1. Objetivo general.

Este trabajo pretende, principalmente, demostrar que la planificación implementando la metodología de la cadena crítica, iniciando desde la toma de decisiones estratégica de una compañía, puede hacer que la gestión de los proyectos tenga un objetivo claro, fijo y ejecutable, es decir, que el tiempo programado para el proyecto se aproxime en gran medida al inicialmente planificado, con los recursos inicialmente asignados.

Principalmente se utilizarán métodos de planificación como los diagramas de GANTT y la programación por camino crítico (PERT-CPM) y el método TOC mejorado para proyectos, con la implementación de coeficiente estratégico de flexibilidad, ya que para poder aplicar TOC al proyecto, es necesario conocer el camino crítico del mismo. El objetivo es hacer que este camino crítico se cumpla en el tiempo que está programado sin que genere retrasos, como ocurre en la mayoría de los proyectos.

Adicionalmente el principal objetivo de la implementación de estas técnicas es, según el comportamiento humano y el sentido común, adelantarse a los acontecimientos que posiblemente retrasen el proyecto, para así poder contemplarlos en tiempos asignados para estos hechos, sin que estos tiempos sean una actividad adicional obligada en el proyecto.

Aunque estos objetivos se aplican a un proyecto en concreto, las conclusiones que generen podrán ser aplicadas a cualquier proyecto de similares características, donde el punto de producción y el destino de los recursos están ubicados en un mismo punto y quedarán implantados allí mismo, como es el caso normal de un proyecto de construcción de una infraestructura.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Conocer el estado de arte de la metodología de la cadena crítica así como de algunas metodologías para la estimación del riesgo en la etapa de planificación de proyectos.
- Hacer un recorrido por los trabajos actuales de las entidades que estudian y estandarizan las metodologías en la gestión de proyectos.
- Revisar las metodologías existentes para la planificación de proyectos y conocer sus posibles debilidades a la hora de ser implementadas.
- Estimar con simulaciones, la probabilidad de retraso del proyecto así como el posible sobrecoste del mismo.
- Realizar optimizaciones a los resultados obtenidos por metodologías existentes, para conocer soluciones mejoradas.
- Aplicar la metodología de la cadena crítica con sus mejoras.
- Emplear el análisis de valor ganado para conocer el posible comportamiento del proyecto en el momento de su ejecución.
- Confrontar los resultados obtenidos con lo ejecutado en el proyecto analizado y ver las posibles alternativas para líneas futuras.
- Conocer las líneas futuras de la metodología y su posible aplicación a proyectos de gran envergadura.

1.3. Apartados de la memoria del trabajo.

Como se ha descrito anteriormente, el trabajo consta de varios apartados principales para poder llegar a las conclusiones finales. Estos apartados en términos generales son los siguientes, y serán explicados más ampliamente en este marco teórico:

- 1.3.1. Programación de las actividades por diagrama de GANTT: las actividades tendrán un proceso normal, según su proceso constructivo, y serán representadas por barras temporales tipo GANTT mediante el software MS-PROJECT (MSP). Este proceso será descrito posteriormente.
- 1.3.2. Obtención del camino crítico y los tiempos de ejecución del proyecto: aunque este camino puede ser suministrado por MS-PROJECT. Se deben conocer los tiempos de ejecución del proyecto, así como los tiempos de ejecución de cada tarea, ya sean tiempos más tempranos o tardíos de finalización de las actividades. Igualmente este proceso se describirá en el capítulo 3 con más detalle.
- 1.3.3. Aplicación de TOC mejorado al proyecto: en este instante también se tiene en cuenta el coeficiente estratégico de flexibilidad, para lo cual se identifican los recursos más relevantes en el proyecto, esto indica que se deben conocer los posibles costes totales del proyecto y los costes indirectos del mismo. Para este fin se muestra el presupuesto del mismo, la aplicación de TOC mejorado será tanto en el camino crítico como en las tareas con holgura. Este proceso, igual que los anteriores, será descrito con más detalle en el capítulo 4.
- 1.3.4. Método de Montecarlo: Este método nos servirá para hacer simulaciones de posibles situaciones del proyecto en su ejecución, teniendo en cuenta el comportamiento de la ejecución de las actividades y la experiencia en proyectos de iguales características.

- 1.3.5. Análisis de valor agregado AVG: Este proceso, que debe ser aplicado en teoría a un proyecto en ejecución, pues podremos aplicarlo luego de hacer simulaciones con el método Montecarlo, para así poderlo comparar con la situación analizada anteriormente por el método de GANTT y PERT-CPM.
- 1.3.6. Resultados y gráficos de métodos aplicados: en este punto se expone la aplicación de los métodos de forma práctica, así como los resultados y los gráficos resultantes.
- 1.3.7. Conclusiones y líneas futuras.

2. PRINCIPIOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS.

2.1. Introducción.

La mayoría de las grandes creaciones del hombre, han nacido por su creatividad, pero la ejecución de las mismas, requiere un proceso de organización y de programación, que al transcurrir el tiempo se ha perfeccionado y mejorado para minimizar los riesgos y costes. Estas grandes labores del hombre y su proceso de ejecución son llamados proyecto. Veremos según la perspectiva de “*Project Management Institute*” que es un proyecto y como es su proceso de ejecución, así como sus fases y otros principios que son importantes para comprender mejor el trabajo a realizar.

El PMI (*Project Management Institute*) es una de las más grandes asociaciones sin ánimo de lucro para la gestión de proyectos con más de 650.000 miembros en todo el mundo y con representaciones en más de 185 países. Tiene una gran red de estándares y credenciales mundialmente reconocidas para la acreditación profesional en la gestión de proyectos generando oportunidades de desenvolvimiento profesional de sus miembros (PMBOK® 2010).

El origen de la gestión de proyectos puede situarse comenzando el siglo XX cuando aparecen los primeros métodos, pero no es hasta mediados de los años 50 cuando aparecen los métodos PERT y CPM.

La gestión de proyectos sin ser una disciplina implementada, se ha observado desde los inicios de las civilizaciones, cuando los proyectos de ingeniería civil eran manejados o gestionados por los ingenieros y arquitectos (Kwak, 2005). Estos serían los llamados directores de proyectos, de los cuales se tienen registros desde la construcción de las grandes pirámides de Egipto. Se dice que existió uno por cada cara de la pirámide que supervisaban la construcción de las obras (Haughey, 2010).

La historia de la gestión de proyectos puede ser aún más larga, pero un buen resumen de la cronología o mejor, de los momentos importantes en esta disciplina, la hace este mismo autor (Haughey, 2010).

1. Desarrollo del diagrama de programación GANTT realizada por su creador Henry Gantt, una de sus primeras aplicaciones fue en la presa Hoover, en el estado de Nevada, USA, la cual dio inicio de obra en 1931.
2. En 1956 es fundada la asociación de ingenieros de costes (*American Assosiation of Cost Engineers*) actualmente AACE, por sus siglas.
3. El método del camino crítico es diseñado por Dupont en 1957.
4. Es diseñado por la Armada Norteamericana el método PERT para el proyecto del submarino polaris, armado con misiles nucleares en el año de 1958.
5. En este mismo proyecto del submarino, se crea la técnica de estructura de desglose de trabajo EDT, y fue publicado para el uso posterior en 1962.
6. En 1965 es fundada la IPMA (*International Project Management Association*).
7. Se funda en 1969 el PMI (*Project Management Institute*) como una entidad sin ánimo de lucro dedicada a promover la práctica de la profesión de gestión de proyectos.
8. La compañía *Simpact Systems Limited* crea en el año de 1975 la metodología PROMPTII para intentar establecer los parámetros para el flujo de fase de un proyecto. En 1979 la Agencia Nacional de Computación y Telecomunicaciones (CCTA) del Reino Unido toma este método para todos los sistemas de información de los proyectos.
9. En 1975, Fred Brooks publica el libro "The Mythical ManMonth: Essays on Software Engineering", el cual se basa en que la adición de mano de obra en un proyecto que está atrasado, lo demorará más, esto implementado para proyectos de software principalmente.
10. Aparece por primera vez SCRUM como metodología para la gestión de proyectos en el año de 1986.
11. Es publicado en 1987 la guía PMBOOK® por parte del PMI. Fue pensado como un libro abierto, para así poderlo complementar y además

estandarizar las prácticas aceptadas por dicho instituto en la gestión de proyectos.

12. El departamento de adquisiciones de la subsecretaría de defensa de USA incorpora la gestión del valor ganado como parte importante de la gestión de sus compras.
13. La agencia británica CCTA reemplaza en 1996 a su PROMPTII por el mejorado PRINCE (*projects in controlled environments*).
14. En 1997 se publica el libro "la cadena crítica" (Goldratt 1997)
15. Se reconoce el PMBOOK como un estándar según la ANSI (*American National Standards Institute*)
16. En el 2008 nace la cuarta edición del PMBOOK. (PMBOOK 2008)
17. El reino unido hace una revisión exhaustiva de su PRINCE, el cual es llamado PRINCE2 luego de aplicársele cambios en el año 2009.
18. Nace en el 2010 la quinta edición del PMBOOK por parte del PMI (PMBOOK 2010).

Todo este proceso según Kwak (2005), puede ser resumido en 4 grandes tiempos o periodos de tiempos transcurridos, que obviamente embarcan todo lo anterior:

1. Antes de 1958 los sistemas de trabajo para las relaciones humanas: la revolución técnica y de las telecomunicaciones, disminuyeron en gran medida la duración de los proyectos, se sentaron bases para la gestión que se culminó con el desarrollo de los EDT.
2. Entre 1958 y 1975 la aplicación de la ciencia de la gestión: caracterizada por los importantes y grandes cambios en la tecnología, en gestión de proyectos aparecen las herramientas básicas como EDT, CPM, PERT.
3. Entre 1975 y 1994 el centro de producción de recursos humanos: generalización del uso de ordenadores y estos a su vez se convierten en un elemento más personal esto permite una gestión y control eficaces, de proyectos complejos y de larga duración, el software de gestión de proyectos se convierte en una herramienta accesible y amigable.