TESIS
GP2001
V36

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POSTGRADO DE GERENCIA DE PROYECTOS
ESPECIALIDAD EN GERENCIA DE PROYECTOS

CADENA CRÍTICA

" Un Aporte de la Teoría De Restricciones a las Técnicas Tradicionales de Gerencia De Proyectos"

María B. Varela Manrique

Caracas, julio de 2001

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POSTGRADO DE GERENCIA DE PROYECTOS
ESPECIALIDAD EN GERENCIA DE PROYECTOS

CADENA CRÍTICA

" Un Aporte de la Teoría De Restricciones a las Técnicas Tradicionales de Gerencia De Proyectos"

Proyecto de trabajo especial de grado para optar al título de especialista en gerencia de proyectos

Autor: María B. Varela Manrique

Asesor: José Augusto Briceño

Caracas, julio de 2001

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR

Caracas, 27 de julio de 2001

Señores
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Dirección General de los Estudios de Postgrado
Postgrado de Gerencia de Proyectos
Presente

Por medio de esta comunicación hago constar que he leído el contenido del Proyecto del Trabajo Especial de Grado que presenta a consideración de esa Dirección General la Econ. Maria B. Varela Manrique, titular de la cédula de identidad número V-8.040.043, y de expediente académico número , para optar al título de Especialistas de Gerencia de Proyectos el cual lleva por título: **"CADENA CRÍTICA: Un aporte de La Teoría de Restricciones a las técnicas tradicionales de Gerencia de Proyectos".**

Así mismo hago constar que estoy conforme con el contenido presentado en este Proyecto del Trabajo Especial de Grado por lo que acepto llevar a cabo la labor de asesoría.

Atentamente,

Profesor José Augusto Briceño
Asesor

RESUMEN EJECUTIVO

Las medidas de éxito para un gerente de proyecto son muy sencillas: lograr la satisfacción del cliente finalizando el proyecto en el tiempo esperado y dentro del presupuesto inicialmente previsto, por su puesto, sin perder de vista la calidad del mismo. Pero en la práctica, los problemas a los que se enfrenta el gerente de proyectos cuando intenta cumplir estos requisitos son todo menos sencillos. De hecho mucho de estos problemas se han llegado a ver como inevitables, aceptándose como parte de la realidad de los proyectos. Durante años se han buscado soluciones puntuales a estos contratiempos en los proyectos, pero su eficacia es sin dudad un poco dudosa, puesto que los problemas continuaban repitiéndose pese a las metodologías desarrollas para la dirección de proyectos.

Los conceptos de gerencia de proyecto tradicionales fueron los mismo desde hace treinta años. Si se observa el ímpetu desarrollado en los años cincuenta, se encuentra que los primeros estudios denotaron que para la sección de proyectos de la Defensa, el costo y sobre tiempo eran a menudo de dos a tres veces las estimaciones iniciales y esas duraciones del proyecto, frecuentemente eran de 40% a 50% mayores que las estimaciones originales. Los estudios similares a proyectos comerciales denotaron que el costo y duración estaban por encima entre un 70% y 40% respectivamente. La Gerencia del proyecto basada en la Cadena Crítica se introdujo como una solución para estos problemas, con una meta de entregar proyectos dentro del costo original y estimaciones iniciales de tiempo. Hoy, la gerencia de proyecto basada en Cadena Crítica es una industria significante. La disciplina se usa a lo largo del mundo basado en técnicas definidas en los últimos cincuenta años.

La Cadena Critica, desarrollada bajo los fundamentos de la Teoría de Restricciones, esta basada por un lado, en lo humano y por otro lado en la metodología de algoritmos de gerencia de proyectos unificada en una disciplina. La gerencia de proyecto de Cadena Crítica completa proyectos en tiempo significativamente más corto que los conseguidos con las técnicas tradicionales, también es más simple al uso y requiere menos trabajo para el equipo del proyecto en la planificación y control de sus fases.

El Método de la Cadena Crítica aporta una alternativa que toma en consideración los fenómenos presentes en los proyectos y que alargan su tiempo de terminación, como son el Síndrome del Estudiante, la ley de Murphy, la ley de Parkison, las multitareas y ninguna terminación temprana.

El Dr Goldratt, autor de esta metodología, busca demostrar que existe un margen de seguridad en el tiempo estimado dentro de cada actividad que debe ser acotado, ya que rompe con la visión tradicional de que los tiempos de las actividades son variables determinísticas sino variables aleatorias que se comportan con una distribución Lognormal con excesiva contingencia, es decir con una cola muy alargada que retrasa la ejecución a tiempo de los proyectos.

El método plantea determinar el tiempo de realización sin contingencias y su posible varianza o variabilidad para cada actividad, en el caso de proyectos será una variable normal que tendrá una media igual a la suma de los estimados y una varianza igual a la suma de las varianzas, la distribución normal tiene entre sus características que la media, moda y la mediana están en el punto medio de la distribución y como consecuencia, el valor de la media, será aquel valor que tenga una probabilidad del 50% de cumplirse o no cumplirse, mientras que la desviación será la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de las actividades o la varianza del proyecto

La diferencia con las metodologías tradicionales radica en que el tiempo estimado para la realización de la actividad viene dado por el tiempo sin contingencia, mientras que el tiempo considerando la contingencia se asegura una probabilidad del 95% de cumplimiento, el tiempo de contingencia para cada actividad es considerada su desviación típica, la suma de las varianzas de todas las actividades de la cadena critica formaran la varianza total del proyecto y su raíz cuadrada, es lo que el Dr. Goldratt denomino como Buffer o amortiguador para el proyecto, o bien es la desviación estándar del proyecto.

El Buffer o amortiguador es una medida de tiempo que pretende proteger a los recursos con capacidad limitada de la variabilidad en la duración de los procesos de producción, o desempeño de proyectos, asegurando que los insumos necesarios a utilizar en los recursos con capacidad limitada estén a tiempo de forma de que no exista una carencia, o por el contrario una saturación de trabajo con la consecuencia de una gran cantidad de productos en proceso o una gran cantidad de actividades inconclusas.

Esta metodología crea gran polémica entre los estudiosos de la gerencia de proyectos, querían a toda costa contradecirla o apoyarla de una manera incondicional, sin embargo, las prácticas tradicionales de planificación y control de proyectos como son el Método de Camino Critico (CPM) y el Método de Revisión y Evaluación de Proyectos (PERT) no han perdido vigencia, es más, sabiendo aprovechar lo mejor de estas metodologías se pudiesen gerenciar los proyectos de una forma más eficaz.

Por otra parte, el riesgo en los proyectos cobra cada día mayor importancia, la necesidad de dedicarle tiempo a gerenciarlo es casi un requisito indispensable en el manejo de proyectos. Es de considerar que las nuevas técnicas desarrolladas de análisis del riesgo y la Simulación de Monte Carlo deberán estar de la mano de cualquier metodología que pretenda mejorar el desenvolvimiento de los proyectos.

El debate actual no es si un método es mejor que otro, más aun cuando ambos buscan el mismo resultado, es una pérdida de energía el discutir lo que está claro, pues tanto el CPM como el CCPM proporcionan perspectivas diferentes a problemas importantes, y permiten tener una comprensión más amplia de distintas herramientas que pueden proporcionar estos planteamientos. Existen ventajas cuando se combinan técnicas de cada uno de ellos, y hay que

tener en cuenta que la discrecionalidad del gerente de proyectos es quien en último término, determinará cuando aplicar más de una o de la otra metodología.

Los equipos del proyecto deben ser flexibles. Un proyecto es un sistema dinámico, y los gerentes de los mejores proyectos y actividad deben estar alertas y sensibles a los cambios, cuando ellos ocurren. Regularmente examina donde podrían asignarse mejor los recursos.

La dirección eficiente de un especializado y motivado equipo es de importancia superior para un proyecto exitoso. Sin embargo, personas experimentadas son pobres en los procesos de planificación complejos sin la ayuda de herramientas cuantitativas. Las metodologías descritas aquí pueden ser muy útiles en el fortalecimiento del juicio humano en lo que al ámbito de proyectos se refiere.

Éste es un tiempo de abundancia en la gerencia de proyectos. El cuerpo de conocimientos sobre el manejo de proyectos ha cambiado drásticamente en los últimos 20 años. El software económico y el poder de cálculo actual habilitan el modelado de proyectos como nunca antes. Tenemos los medios a la mano para mejorar la productividad en la ejecución de los proyectos.

INDICE DE CONTENIDO

		Pag
INTRODUCCIÓN		1
I.	MARCO TEORICO	4
	1. - Los Proyectos y su Planificación	5
	2. - La Gerencia del Riesgo en los Proyectos	13
	3. - La Teoría de Restricciones	18
	4. - La Cadena Crítica	31
	PLANTEAMIENTO DEL TÓPICO A SER DESARROLLADO	49
II.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	50
	Estimación del los amortiguadores	58
	Gerencia de Proyectos de Cadena Crítica Vs Metodología de Camino Critico	67
	Gerencia de Proyectos de Cadena Crítica Vs Simulación de Monte Carlo	76
CONCLUSIONES		83
BIBLIOGRAFÍA		87

INTRODUCCIÓN

La Gerencia de Proyectos ha cobrado gran importancia en los últimos años, la globalización que envuelve la economía mundial, ha hecho imperiosa la necesidad de plantear cambios rápidos y frecuentes en prácticamente todas las organizaciones que se mantienen en el entorno.

Estos cambios se han de realizar llevando a cabo proyectos, que por su grado de complejidad o urgencia han de ser realizados con gran precisión, de forma de garantizar el éxito en su ejecución.

Además, la mayoría de las tareas directivas hoy día se podrían organizar como proyectos, ya que hay pocas tareas en la agenda de un empresario o directivo que podrían clasificarse de procesos repetitivos. Cada día aparecen nuevos productos y servicios y la tasa de obsolescencia de los existentes va en ascenso. Las empresas que pretenden mantenerse al día en este ambiente de cambios constantes y complejidad creciente, han descubierto la importancia de una buena gestión de proyectos.

La Cadena Crítica, técnica desarrollada por el Dr. E. Goldratt, aplicando la Teoría de las Restricciones de su propia autoría, intenta dar respuesta a dificultades que han venido presentando los proyectos en su ejecución, a través de la implementación de métodos que unifican y aplica al mismo tiempo.

El mayor éxito que ha conseguido la Cadena Crítica en el mundo de los proyectos, es la estimación del tiempo en las actividades a desarrollar, así como sus técnicas para conseguir terminaciones tempranas, claves en la gerencia de proyectos.

Conjuntamente con la estimación de tiempos de duración de las actividades, la Cadena Crítica plantea la Gerencia de Amortiguadores o Buffers, la cual incorpora a las redes o mallas de planificación y control de los proyectos, en busca de prevenir futuros contratiempos que atrasen la finalización de los mismos.

Por otra parte, existen aportes brindados por las mejores prácticas, así como por estudios paralelos, que demuestran la gran importancia y necesidad de considerar el riesgo como una variable de peso en el buen término de los proyectos, estas metodologías son las conocidas como la de PERT-CPM y el Análisis de Riesgo y Simulación Monte Carlo.

Ahora bien, el fin que se persigue con este trabajo es el de realizar un análisis de las técnicas aportadas por la Metodología de la Cadena Critica y los planteamientos de las metodologías tradicionales, en buscada de complementar las Técnicas de la Gerencia de Proyectos de Cadena Crítica (CCPM) con mecanismos tradicionales específicamente en la estimación del tiempo de los proyectos y la incorporación de los amortiguadores a la planificación.

El trabajo que a continuación se presenta se llevo a cabo por medio de investigaciones documentales y entrevistas a especialistas en la materia.

El documento que se presenta está estructurado en dos partes. La primera parte concentra el Marco Teórico que será sustento para profundizar el análisis de las metodologías antes mencionadas, y la justificación del trabajo de investigación a realizar. La segunda parte presenta la estimación de los amortiguadores, su incorporación en las redes y los contrastes o beneficios que a las metodologías de CCPM-CPM -Simulación Monte Carlo aporta la CCPM

I.- MARCO TEÓRICO

1.- LOS PROYECTOS Y SU PLANIFICACIÓN

Los proyectos son definidos como trabajos que realizan las organizaciones con el objetivo de dirigirse hacia una situación deseada. Entre sus características fundamentales se debe mencionar que son trabajos temporales, su resultado es un producto o servicio único y son ejecutados por conjuntos de recursos y personas con habilidades multidisciplinarias.

Se dice que es una labor temporal pues todo proyecto tiene un tiempo de finalización definido previamente. El tiempo de vida de los proyectos es variable, pueden ser de corto tiempo o prolongarse por años, sin embargo, la duración es finita y no es un esfuerzo continuo como es el caso de las líneas de producción, por el contrario son puntuales y finalizan cuando se cumplen los objetivos y se declara completado el proyecto.

Cuando se habla de temporalidad en los proyectos se hace referencia al esfuerzo puntual realizado por un grupo de personas que se unen por un tiempo para lograr el objetivo dado. Usualmente el producto o servicio derivado de su trabajo es indefinido en le tiempo y será operado por una unidad funcional, optimizando su producción según sea necesario.

El resultado de un proyecto suele ser único e irrepetible, pues implica hacer algo que no se había hecho anteriormente.

El trabajo en los proyectos tiene una serie de características muy particulares. Es una labor con mucha incertidumbre, lo que requiere de grandes esfuerzos en planificación y control sobre lo que se ejecuta. Suele ser una labor compleja que requiere de distintas disciplinas dentro y fuera de la organización. Esto obliga a una efectiva comunicación, cooperación e integración de los miembros de equipos de los proyectos. Sin embargo, por ser un trabajo como todos los que realiza una organización contempla las principales características de una operación, ello implica involucrar trabajo con personas, recursos limitados y procedimientos preestablecidos.

El carácter evolutivo de los proyectos es una de las características más marcadas que posee. Los proyectos tienen un ciclo de vida, donde se producen secuencialmente las transformaciones de un conjunto de materias primas, a productos y servicios comerciables en algunos casos, que poseen mayor valor agregado.

Los productos generan cambios en los sistemas vigentes, estos cambios pueden ser en diferentes ámbitos como en la infraestructura productiva de la empresa o en un nuevo almacén, en el ámbito de procesos o en el ámbito estructural cuando se reorganizan las responsabilidades de un departamento o compañía.

Un proyecto puede nacer del crecimiento o modificación de algo existente, en cuyo caso se gesta y realiza en el interior de una organización o puede surgir como un aporte nuevo que requiere el nacimiento de una organización encargada de gerenciar y de manejar su futura operación. En ambos casos el proyecto se transforma en le herramienta de cambio que tiene la planificación estratégica de un individuo o de una

organización en el momento en que se visualiza un futuro deseado distinto a la situación actual.

Como los proyectos son herramientas de planificación estratégica, es necesario entender ese proceso como el análisis global del ambiente interno y externo de la organización, para desarrollar una visión integral conformada por la misión, los objetivos, las estrategias, metas y programas.

Los procesos de planificación de los proyectos representan la actividad con la que el gerente puede ofrecer un mejor desempeño. Durante la planificación se debe crear una ruta o camino para que las actividades se ejecuten de una forma ordenada entre las variables de: tiempo, costo, calidad y riesgos del proyecto.

La planificación consiste en determinar cuales son las actividades, que recursos se requieren y cuando se necesitan para la ejecución del proyecto. Es un proceso con el que se pretende sistematizar por adelantado, lo que se tratara de hacer en el futuro y usualmente se intenta dejar por escrito en un documento denominado el plan estratégico del proyecto. El plan tiene un objeto integrador en el proceso.

Una buena planificación es una metodología para organizar el trabajo en torno a qué es lo que se debe hacer. Por qué se esta haciendo. Para qué se hace. Quién es el responsable. Cómo debe ejecutarse. Con qué herramientas se va a trabajar. Cuándo se deben realizar las labores. Cuánto tiempo debe durar. Cuánto dinero se necesita. En qué momento se realizara cada cosa. Cuál fuente de financiamiento se dispone y se usara. Cuál y cuánto es el riesgo que se corre en la realización del proyecto, etc.

Las fuentes de información para la planificación de proyectos suelen ser las siguientes: la experticia; la consulta técnica y los análisis históricos.

Cuando se planifica un proyecto es importante tener una visión de futuro sobre la base de como debe ser construido e inclusive previendo como va a ser la puesta en marcha y la operación del proyecto. Bajo esta perspectiva, es más probable que el plan se adapte mejor a lo que la realidad ofrezca y así sea útil para los individuos y las organizaciones que utilizan los resultados de la planificación, en miras de ser más eficientes.

Para hacer una planificación efectiva se debe realizar una serie de procesos considerados como básicos, para delimitar las actividades, el tiempo, el costo, el riesgo y unos procesos de soporte que complementan el estudio, para obtener un plan coherente e integrado para su ejecución. El proceso de planificación debería ser el siguiente:

DELIMITACION DEL ALCANCE: Consiste en definir todo el trabajo que forma parte y el que no forma parte del proyecto. Esto se realiza por medio del desarrollo de la Estructura Desagregada de Trabajo (EDT). Este paso provee la materia prima básica para emprender el resto del proceso de planificación en proyectos, al establecer los paquetes de trabajo y desarrollarlos hasta definir las actividades. Para ejecutar esta labor, los planificadores deben considerar las restricciones que ofrece el ambiente y las premisas asumidas para ejecutar el proyecto.

La definición del alcance debe estar íntimamente ligada a los factores claves como la duración del proyecto, la incertidumbre involucrada, la calidad de la información disponible y las necesidades de control.

LÓGICA SECUENCIAL: Establece las interrelaciones que existen entre las actividades, de forma de construir el orden y la lógica en que deben ser ejecutadas. Las interrelaciones secuenciales que se producen pueden ser de tres tipos:

Interdependencia mancomunada: Esta existe cuando entre las actividades hay recursos limitados que deben ser compartidos, por lo que se requiere establecer una regla para el uso y un sistema de prioridades. En ese caso el recurso escaso puede no ser un profesional, también puede ser una maquina o espacio físico. En situaciones de proyectos, la manera como se establece este esquema de prioridades puede ser en función del riesgo asociado a la actividad o a la crisis del tiempo, de forma que el retraso de la actividad genere un retraso colectivo en la finalización de todo el proyecto, por lo cual tiene prioridad en el uso del recurso escaso.

Interdependencia secuencial: Cuando la realización de cierta actividad esta condicionada por la ejecución de otra, se genera este tipo de interdependencia, ya que esta última provee la materia prima para realizar los procesos que componen la actividad paralela por lo que se debe establecer una relación de orden. Estas prelaciones pueden ser de iniciación o determinación, es decir, cuando una actividad no se puede iniciar hasta que se inicie o termine su predecesora o cuando la actividad no se puede terminar hasta que se inicie o termine su predecesora.

Interdependencia reciproca: Son interrelaciones donde los recursos participan en conjunto para la realización de una actividad, por lo que se requiere de la coordinación con dispositivos de enlace, ya que se requiere un trabajo en equipo donde el valor final del trabajo no se hace ensamblando las partes sino por un proceso de fusión. Estos tipos de interdependencias son las más comunes cuando se requiere tomar decisiones en situaciones de proyecto.

ASIGNACIÓN DE RECURSOS: Consiste en determinar todos los recursos que necesita cada una de las actividades en términos del personal, los equipos, los materiales y los servicios. Esta asignación debe integrar la estructura desagregada del proyecto, con la organización del recurso humano, de forma de establecer los roles y responsabilidades de todos los participantes en el proyecto.

ESTIMACIÓN DE DURACIONES: Implica asignar un tiempo de duración para cada actividad, según las premisas de trabajo y los recursos disponibles. Es fundamental que la duración de una actividad la genere la fuente que posteriormente se responsabilizará de la ejecución del trabajo, ya que imponer el tiempo suele generar conflictos y falta de compromiso.

Toda esta labor, es decir la de estimación del tiempo, la asignación del recurso, y los demás mencionados anteriormente, se puede hacer mucho más fácil gracias a los programas de redes ya que ellos señalan las interdependencias que dominan las actividades de forma secuencial y la asignación de recursos se hace más sencilla, ya que con introducir correctamente las especificaciones técnicas los programas nos dan como resultado diagramas de sencilla interpretación Las técnicas más comunes son:

- Diagrama de precedencia.
- Diagrama de flechas.

Para la programación se emplean modelos matemáticos de uso común en la computación, que recorren secuencialmente la red. Los términos utilizados son:

- **Fechas tempranas:** Indica la fecha más temprana de inicio y fin de una actividad, según las restricciones impuestas por la lógica secuencial.

- **Fechas tardías:** Indica la fecha más tardía de inicio y fin de una actividad, sin que se atrase la fecha de culminación del proyecto.

- **Holgura o Margen:** se define como la diferencia entre las fechas tempranas y tardías, indicando la cantidad de tiempo que dispone una actividad, sin que su retraso afecte el resultado final de la red.

- **Método del Camino Crítico (CPM):** es un método de programación determinístico, donde se hace una primera estimación desde el inicio hasta el fin de la red, determinando las fechas tempranas en que se puede comenzar una actividad hasta obtener la fecha de terminación de la última actividad del proyecto. Luego se procede a realizar una segunda estimación, la cual se realiza al inverso de la anterior, se comienza del final hacia el inicio, determinando la fecha más tardes en que pueden comenzar las actividades.

El método permite representar rutas críticas conformadas por una secuencia particular de actividades que no presentan holgura y por tanto sus fechas tempranas coinciden con las tardías. Esta información es fundamental para el control gerencial posterior, ya que cualquier retraso en alguna actividad de la ruta crítica implica un retraso general en la fecha de culminación del proyecto.

- **Método de Revisión y Evaluación de Proyectos (PERT):** es un método de programación probabilística muy similar al anterior, pero que emplea la media estadística ponderada en la estimación de la duración de las actividades. Como resultado final se obtiene un rango de posibles terminaciones y permite múltiples rutas críticas, es decir, emplea tres valores: optimista, pesimista y más probable. La propia metodología calcula una media y un valor de dispersión.

2. - LA GERENCIA DEL RIESGO EN LOS PROYECTOS

La gerencia del riesgo es el proceso sistemático de identificar, analizar y responder ante el riesgo en los proyectos, en otras palabras, es el análisis de todos los factores que pueden influir en los resultados del proyecto, mediante la maximización de los eventos positivos y minimización de los eventos adversos.

Este proceso debe comenzar desde la etapa de conceptualización, identificando los riesgos mayores y los factores de éxito, de forma que la decisión de ejecutar el proyecto esté respaldada por una evaluación de todo lo que puede ser adverso. El manejo del riesgo es algo que se debe visualizar más allá del proyecto mismo, pues puede haber un impacto importante en futuras actividades de la organización.

Una de las claves del éxito de la gerencia de proyectos es la capacidad del equipo de trabajo para anticiparse a la aparición de los problemas, para poder estar preparados cuando ocurren. La gerencia del riesgo es una manera sistemática de hacer esta tarea a través de los siguientes procesos:

- **La Planificación del Riesgo:** Es el proceso de decidir como planear las actividades de la gerencia del riesgo. Es de suma importancia planear el seguimiento de los procesos para asegurar el tipo, grado y visibilidad de la administración del riesgo, además de la importancia del proyecto para la organización.

- **Identificación del riesgo:** Consiste en hacer una secuencia de evaluación de los posibles riesgos involucrados, utilizando para ello listas de chequeo, diagrama de

causa-efecto y buscando la opinión de los expertos. Para ello es importante hacer uso de un pensamiento amplio y divergente, de forma que pueda aflorar todas las posibles fallas en el proyecto.

Un aspecto fundamental en el proceso de identificación es el problema de la percepción del grupo que esta evaluando el proyecto, ya que los riesgos que no se han identificado no dejan de existir, lo que aplica bien el símil del iceberg, que solo muestra a la superficie una porción muy pequeña de su tamaño total.

- **Análisis del riesgo:** Este análisis ha de ser cualitativo y cuantitativo, así el cualitativo debe evaluar el impacto y probabilidad de riesgos identificados. Este proceso prioriza los riesgos según su efecto potencial en los objetivos del proyecto.

  El tiempo que se tome en las acciones relacionadas con el riesgo puede magnificar su importancia. Una evaluación de la calidad de la información disponible también ayuda a modificar su valoración. El análisis de riesgo cualitativo requiere que la probabilidad y consecuencias sean evaluadas usando métodos y herramientas establecidas de análisis cualitativo.

  Por otra parte, el análisis cuantitativo analiza numéricamente la probabilidad de cada riesgo y su consecuencia sobre los objetivos del proyecto, así como su magnitud total en el mismo. Este proceso usa técnicas tales como la simulación de Monte Carlos y el Análisis de Decisión para:

  - Determinar la probabilidad de lograr un objetivo específico del proyecto.

- Cuantificar la exposición de riesgo en el proyecto, determinando el tamaño, costo y programa de reservas de contingencia que pueden ser necesitadas.
- Identificar riesgos que requieren de mayor atención.

El análisis cuantitativo por lo generalmente sigue al análisis cualitativo, ya que este último identifica el riesgo. Los procesos de análisis cualitativos y cuantitativo pueden usarse separadamente o al la vez. Las consideraciones de tiempo y disponibilidad del presupuesto, así como la necesidad resultantes de los análisis cualitativos y cuantitativos del riesgo así como su impacto, determinarán cual o cuales métodos ha de usarse para enfrentarlo. Las tendencias en los resultados cuando el análisis cuantitativo es repetido, pueden indicar la necesidad de una mayor o menor acción de la gerencia del riesgo.

- **Planificación de la respuesta al riesgo:** es el proceso de desarrollar opciones y determinar acciones, para incrementar oportunidades y reducir amenazas a los objetivos del proyecto. Esta incluye la identificación y asignaciones individuales o compartidas para tomar responsabilidad, en cada una de las respuestas de riesgo acordadas. Este proceso asegura que los riesgos son identificados y correctamente dirigidos. La efectividad de la planificación de respuesta determina el aumento o disminución del riego en los proyectos.

La planificación debe ser apropiada dependiendo de la intensidad del riesgo; realista en el contexto del proyecto; ha de ser el resultado de acuerdos entre las partes involucradas, y encargada a una persona responsable.

- **Supervisión y Control del Riesgo:** Es el proceso de seguimiento del riego identificado, supervisando aquellos previstos e identificando los nuevos, asegurando así la ejecución del plan y evaluando su efectividad en la reducción del riesgo. La supervisión y control logra a su vez registrar los riesgos asociados con la implementación de planes de contingencia y es considerado un trabajo en proceso en toda la vida del proyecto.

  Un buen proceso de supervisión y control provee información que ayuda a tomar decisiones efectivas ante riesgos no previstos. Es necesaria la comunicación de todos los stakeholders del proyecto para valorar periódicamente la aceptación del nivel de riesgo en el proyecto.

  El control de riesgo puede envolver estrategias alternativas cambiantes como son el implementar un plan de contingencia; el tomar acciones correctivas o la re-planificación del proyecto. El encargado del proceso de respuesta al riesgo podría reportar periódicamente al gerente del proyecto y al líder del grupo de riesgo, sobre la efectividad del plan a seguir, los efectos que se esperan y las corrección necesaria a realizar para mitigar el riesgo.

El riesgo en los proyectos es una condición incierta y de ocurrir tendrá un efecto negativo o positivo. Este evento puede hacer más largo el plan de ejecución o bien, el personal no podría estar preparado para enfrentarlo. Estos eventos también pueden acarrear consecuencias negativas en los costos planeados, el tiempo y la calidad de los proyectos. Las condiciones de riesgo pueden afectar aspectos del proyecto que

contribuyen a debilitar tanto la gerencia del proyecto como o a participantes externos dependientes que no pueden ser controlados.

El riego en los proyectos tiene dos aspectos, o amenaza a los objetivos y oportunidades del proyecto o lleva a mejorar esos objetivos. Esta incertidumbre siempre está presente. Cuando los riesgos han sido conocidos y analizados es más sencilla su planificación. Cuando son desconocidos no pueden ser manejados, aunque el manejo de los proyectos puede direccionarse a través de contingencias que se han presentados en proyectos similares en el pasado.

Las organizaciones perciben el riesgo a través de las amenazas que se presentan en proyectos repetitivos y pueden ser aceptado siempre y cuando los beneficios sean equilibrados con los riesgos asumidos. Por ejemplo, adoptar fast-track buscando terminar el proyecto en fecha temprana, si se conocen los riesgos, estos se pueden transformar en oportunidades que nos ayudaran a tomar este tipo de acciones en los proyectos. Las organizaciones tendrán que concientizar la necesidad de planificar el riesgo comenzando por reunir datos de alta calidad que le ayuden a su determinación.

3. - LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

La Teoría de Restricciones, TOC, desarrollada por el doctor Eliyahu M. Goldratt, parte de que cualquier sistema tiene al menos una restricción. Si no fuera así, podría generar una cantidad infinita de productos. Pensando de esta forma, la Teoría de Restricciones se explica fácilmente a través del uso de la analogía de la cadena: **Una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil.** Si se mira la organización[1] como una cadena, en donde cada departamento[2] es un eslabón de la cadena, qué restricciones tiene nuestra organización para lograr su meta. Solamente concentrándonos en el eslabón más débil, en la restricción, podemos lograr un mejoramiento sustancial. En otras palabras, si la restricción determina la velocidad de la habilidad de la organización para alcanzar su meta, tiene sentido que el concentrarse en la restricción le va a permitir alcanzar un ritmo sustancialmente más rápido de generación de Throughput[3].

La única manera de mejorar es identificar y eliminar restricciones de forma sistemática. TOC propone el siguiente proceso para gestionar una empresa y enfocar los esfuerzos de mejora:

Paso 1 - IDENTIFICAR las restricciones de la empresa

Paso 2 - Decidir cómo EXPLOTAR las restricciones

Paso 3 - SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior

Paso 4 - ELEVAR las restricciones de la empresa

---

[1] En este caso usaremos analogía entre proyectos y organización/empresa.

[2] Para los efectos de los proyectos correspondería a las actividades.

[3] Tecnicismo de la Teoría de Restricciones, su significado es "velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas". Quizás lo más cercano a este concepto sea " Generación de Dinero"

Paso 5 - Volver al Paso 1

TOC está basada en el Pensamiento Sistémico, las soluciones que propone para Operaciones y Gestión de Proyectos se basan en la Teoría de Colas y la Teoría Estadística de la Agregación, los conceptos que propone para la Toma de Decisiones son esencialmente el método "Direct Costing" llevado a su expresión más pura, la solución que propone para Distribución es básicamente la aplicación de la teoría de la Agregación, y Los Procesos de Pensamiento de TOC son simplemente la verbalización del sentido común.

En los últimos años, es mucho lo que se ha dicho sobre nuevas filosofías de gestión empresarial. Calidad Total, Justo a Tiempo, Reingeniería, Teoría de las Restricciones y Organizaciones Inteligentes, son quizá las más conocidas.

Pero... ¿Acaso son realmente nuevas? ¿Difieren tanto entre sí? . Pues si se analizan objetivamente se podría llegar a la ambigüedad de "Sí y No"; y la razón es la siguiente:

En la actualidad, y tras largos 50 años de aplicación de la "Teoría General de los Sistemas", estamos habituados a oír y a utilizar expresiones tales como "ecosistema", "sistema informático", "sistema eléctrico" y demás. El desarrollo de las disciplinas científicas que emplean rigurosamente el Pensamiento Sistémico, ha sido espectacular.

Paradójicamente, también se suele afirmar "la empresa es un sistema", aún cuando en el común denominador de los casos, las estructuras empresariales parecen sustentarse sobre bases opuestas al Pensamiento Sistémico. En la mayoría de las empresas, las

políticas de funcionamiento y medidas de evaluación de recursos (personas, maquinaría, etc.) están basadas en el Pensamiento Cartesiano, esto es, la forma de ver el mundo que regía hasta la aparición de la Teoría General de los Sistemas.

Un ejemplo sencillo nos permitirá deducir la diferencia entre Pensamiento Cartesiano y Pensamiento Sistémico. Supongamos que la producción de nuestra empresa se basa en un proceso en el que intervienen solamente dos recursos (A y B) y elabora un único producto. Los clientes están dispuestos a adquirir todo lo que la empresa esté en condiciones de producir.

La materia prima es procesada por el recurso "A" (a una velocidad de 20 unidades por día). En una segunda operación, el recurso "B" finaliza el proceso de producción, (a una velocidad de 12 unidades por día).

Una vez elaborado, el producto es enviado directamente a los clientes. Por su parte, nuestros proveedores están en condiciones de entregarnos, en forma instantánea, toda la materia prima necesaria para la fabricación.

- ¿A qué velocidad debe funcionar cada recurso para obtener el máximo rendimiento de esta empresa? . Ambos deben funcionar a un ritmo de 12 unidades por día. Carecería de sentido que "A" funcione al máximo de su capacidad ya que "B" no podría terminar de procesar el material elaborado por "A", produciéndose así una situación que conllevaría a la acumulación de productos semi-elaborados entre ambas operaciones.

- ¿Cuál es la eficiencia de "A" trabajando a razón de 12 unidades diarias?. Tan sólo 60%.
- ¿Qué sucederá con "A", al notar el supervisor a cargo, que su eficiencia es tan baja? . Se le "sugerirá" que mejore, que dé lo máximo de sí.
- ¿Qué consecuencias tendría para la empresa si el recurso "A", aceptando la "sugerencia" del supervisor, da lo mejor de sí? . Se acumularía trabajo en proceso entre "A" y "B" a razón de 8 unidades diarias, pero no se vendería ni una sola unidad más.
- ¿Qué consecuencias tendría para "A" no acatar las órdenes de su supervisor?

¿Qué es lo que está ilustrando este sencillo ejemplo? Nuestra tendencia a medir a cada recurso en función de lo que es capaz de dar y no en función de lo que es mejor para el sistema en su conjunto.

Solemos partir de la suposición de que el máximo rendimiento del sistema se obtiene cuando todos sus recursos funcionan al máximo. Esto es lo que conocemos como Pensamiento Cartesiano, o Paradigma Cartesiano.

Esta era la tendencia predominante en el mundo hasta mediados del siglo veinte. El Pensamiento Sistémico, o Paradigma Sistémico, en cambio, sostiene que el máximo rendimiento de un sistema no se consigue mediante el máximo rendimiento individual de cada uno de los recursos, sino que sólo unos pocos deberán funcionar al máximo para obtener todo lo que se espera del sistema.

Resulta obvio que nuestras organizaciones son sistemas. También son evidentes y fructíferos los logros obtenidos en otras disciplinas que vienen aplicando este Paradigma.

¿Por qué entonces no logramos gestionar conforme al Pensamiento Sistémico?. ¿Será tal vez porque las organizaciones son sistemas conformados por personas?. ¿Qué se necesita para provocar un cambio de pensamiento en una organización?. Cambiar el pensamiento de las personas que lo componen. Calidad Total, Justo a Tiempo, Reingeniería, Teoría de las Restricciones y Organizaciones Inteligentes están basadas en el Pensamiento Sistémico y pretenden conseguir que nuestras organizaciones funcionen acorde a este paradigma. Cada una de ellas aporta herramientas para facilitar el cambio de paradigma necesario en la empresa. Herramientas, por lo general, complementarias entre sí.

En el caso de la Teoría de las Restricciones, su contribución puede dividirse en dos grupos:

- **El Proceso de Pensamiento:** Conjunto de herramientas que facilitan el análisis y búsqueda de soluciones sistémicas para situaciones problemáticas.

- **Aplicaciones robustas basadas en el Pensamiento Sistémico y métodos de la Investigación de Operaciones:** Producción, Operaciones, Supply Chain, Gestión de Proyectos, Toma de Decisiones, etc.

EL PROCESO DE FOCALIZACIÓN

De lo expuesto anteriormente se desprende que la regla de gestión utilizada en nuestras empresas "el máximo rendimiento del sistema se obtiene cuando todos sus recursos funcionan al máximo" es una consecuencia de usar el Pensamiento Cartesiano.

La regla "el máximo rendimiento del sistema se obtiene cuando todos sus recursos funcionan al máximo" no es una ley de la Naturaleza, o una verdad sagrada, sino el resultado de nuestra forma de ver el mundo hasta antes de que apareciera la Teoría General de los Sistemas. Es un ejemplo de hasta que punto el Pensamiento Cartesiano está arraigado en nosotros.

Si bien se acepta cada vez más el hecho de que nuestras empresas son sistemas, la mayoría de las reglas formales e informales que usamos para la toma de decisiones de todo tipo (gestión, mejora, etc.) y nivel (directivo, gerencial, operativo, etc.) está basada en el Pensamiento Cartesiano.

Quizás podamos, entonces, obtener mayor rentabilidad de una empresa cambiando la forma de "verla" y, en consecuencia, gestionarla. Pero... ¿cómo gestionar una organización según el Pensamiento Sistémico?.

TOC propone un proceso para gestionar una empresa y enfocar los esfuerzos de mejora. Este proceso, conocido como "El Proceso de Focalización", enumerado anteriormente.

Recordemos que una restricción es "aquello que le impide a un sistema alcanzar un mejor desempeño con relación a su meta". Por lo tanto, antes de utilizar el Proceso de Focalización se debe definir cuál es el sistema en estudio y qué meta persigue. En esta nota consideraremos que el sistema es toda la empresa y que su meta es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas.

Paso 1 - IDENTIFICAR las restricciones de la empresa.

Este Paso es el más difícil ya que normalmente llamamos "restricción" a los síntomas de no usar correctamente nuestro sistema. En general sentimos que tenemos miles de restricciones: falta de gente, falta de máquinas, falta de materiales, falta de dinero, falta de espacio, políticas macroeconómicas, ausentismo, exceso de inventarios, etc. En los proyectos son aquellas actividades ubicadas en la ruta crítica y los recursos críticos dentro de los proyectos.

La Teoría General de los Sistemas sostiene que cualquiera sea el sistema y su meta, siempre hay unos pocos elementos que determinan su capacidad, sin importar cuán complejo o complicado sea.

¿Cómo identificar esos elementos?

Restricción no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Hay básicamente dos tipos de restricciones:

- Físicas: Escasez de materias primas, una máquina muy cargada, gente con una habilidad determinada, el Mercado, etc. Sólo podemos decir que existen restricciones físicas cuando ya han sido eliminadas las restricciones políticas.
- Políticas: Reglas formales o informales erróneas, no alineadas o en conflicto con la meta del sistema.

En la mayoría de las empresas las restricciones son políticas. Esto es, reglas formales o informales que impiden al sistema alcanzar un mejor desempeño con relación a su meta. Como consecuencia de la existencia de restricciones políticas no se puede obtener el máximo provecho de los escasos recursos de la empresa.

Las afirmaciones del párrafo anterior parecen una exageración pero tienen sentido si se tiene en cuenta que las organizaciones son sistemas y que no las estamos gestionando como tales.

El hecho de que existan restricciones políticas es una muy buena noticia ya que si consiguiéramos identificarlas y eliminarlas podríamos aumentar notablemente la rentabilidad de nuestro sistema sin inversiones importantes de dinero. Y esto nos recuerda la pregunta aun no respondida:

¿Cómo identificar las restricciones del sistema?

TOC propone construir un árbol de realidad actual, que es una técnica que permite hacer explícita las interdependencias que existen en el sistema en estudio y encontrar los problemas medulares (o restricciones).

Un error bastante típico en Operaciones (Producción y Servicios) es considerar que la restricción es el lugar donde se acumulan los inventarios dentro del sistema. Esto no es siempre correcto, sino que depende de las interdependencias que existen.

Paso 2 - Decidir cómo EXPLOTAR las restricciones.

Las restricciones impiden al sistema alcanzar un mejor desempeño con relación a su meta. Es fundamental, entonces, decidir cuidadosamente cómo vamos a utilizarlas, cómo vamos a explotarlas.

Dependiendo de cuáles sean las restricciones del sistema, existen numerosos métodos para obtener de ellas el máximo provecho:

- En la abundante bibliografía sobre Investigación de Operaciones pueden encontrarse métodos y algoritmos que facilitan esta tarea. Se debe tener cuidado, sin embargo, de aplicar estos métodos sólo en las restricciones y no en todos los recursos.

- En "El Síndrome del Pajar", el Dr. Goldratt presenta un método para explotar una restricción física interna. En otra sección del mismo libro, se analiza en detalle qué significa explotar las restricciones del sistema en el contexto del área de Producción.

Ejemplos sencillos de cómo explotar una restricción son los siguientes:

- La restricción es una máquina: Se le deberían asignar los operarios más hábiles, se debería hacer control de calidad antes de que la misma procese las piezas, se debería evitar las paradas para almorzar (Rotando a la gente), se debería evitar que quedara sin trabajar por falta de materiales (Incorporación de amortiguadores de tiempo), se debería dotar de un programa óptimo donde cada minuto se aproveche para cumplir los compromisos con los clientes, etc.

- La restricción es una materia prima (El abastecimiento es menor que las necesidades de la empresa): Minimizar el desperdicio y las pérdidas por mala calidad, no fabricar cantidades mayores a las que se van a vender en el corto plazo, etc.

En los proyectos se trata de cumplir con los tiempos estipulados en el Camino Crítico, los cuales van a determinar la duración total del proyecto y el uso óptimo de los recursos en miras a aumentar su eficiencia.

Paso 3 - SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior.

Este paso consiste en obligar al resto de los recursos a funcionar al ritmo que marcan las restricciones del sistema, según fue definido en el paso anterior.

Como la empresa es un sistema, existe interdependencia entre los recursos que la componen. Por tal motivo no tiene sentido exigir a cada recurso que actúe obteniendo el máximo rendimiento respecto de su capacidad, sino que se le debe exigir que actúe de

manera de facilitar que las restricciones puedan ser explotadas según lo decidido en el Paso 2.

Es esencial, entonces, tener en cuenta las interdependencias que existen si se quiere realizar con éxito la subordinación. Pueden ser de gran ayuda en este paso la nube de conflicto[4] y el árbol de realidad futura[5]

La subordinación es quizás el paso más difícil de asimilar. Aunque no es tarea sencilla identificar las restricciones, intuitivamente sabemos que existen. Explotarlas significa obtener lo máximo posible de ellas, lo que tampoco se opone a nuestra forma de pensar tradicional. Pero ... ¿subordinar todo lo demás al ritmo que marcan las restricciones? ¿Obligar a la mayoría de los recursos a trabajar menos de lo que podrían? Eso sí que es exactamente opuesto a nuestro pensamiento tradicional.

En el supuesto de que alguien cualquiera cuente en su empresa con una persona que le cuesta $1000/mes (Sueldo, cargas sociales, etc.). Si esta persona no es restricción, entonces deberíamos obligarla a no estar ocupada el 100% del tiempo. ¿Qué es lo primero que viene a la mente? ¿Le parece que tiene sentido?.

Cuando se analiza en un grupo la situación descripta, generalmente aparece quien dice: "Claro, el problema es que el sistema está mal balanceado y por ello esa persona debe estar parte del tiempo improductiva".

---

[4] Es una técnica para la generación de soluciones de segundo orden , soluciones simples, efectivas y sin compromiso entre partes en conflicto, estas soluciones producen altos resultados.

[5] Recoge y valida las soluciones potenciales, permite visualizar los resultados a obtener

Al cumplir exitosamente los Pasos 1, 2 y 3, ya se obtiene el máximo provecho del sistema. La siguiente pregunta es, entonces, ¿cómo podemos seguir mejorando?.

Paso 4 - ELEVAR las restricciones.

Para seguir mejorando es necesario aumentar la capacidad de las restricciones. Éste es el significado de ELEVAR.

Ejemplos de ELEVAR las restricciones del sistema son:

- La compra de una nueva máquina similar a la restricción.
- La contratación de más personas con las habilidades adecuadas.
- La incorporación de un nuevo proveedor de los materiales que actualmente es la restricción.
- La construcción de una nueva fábrica para satisfacer una demanda en crecimiento.

En general nuestra tendencia es realizar este paso sin haber completado los pasos 2 y 3. Procediendo de ese modo estamos aumentando la capacidad del sistema sin haber obtenido aún el máximo provecho del mismo según como estaba definido originalmente.

Dado que, normalmente, el Paso 4 implica acciones que exigen mucho esfuerzo, tiempo y dinero, se recomienda no llevarlo a cabo hasta estar seguros de que se hayan implementado con éxito los pasos anteriores. Esta forma de proceder ayudará, además, a generar más recursos propios para afrontar las inversiones necesarias.

Paso 5 - Volver al Paso 1.

En cuanto se ha elevado una restricción debemos preguntarnos si ésta sigue siendo tal o si ahora existen otros recursos con menor capacidad. Debemos, entonces, volver al Paso 1, comenzando nuevamente el Proceso.

Es importante hacer aquí una advertencia: ¡cuidado con la inercia!. En los pasos 1 a 3 hemos definido las reglas de funcionamiento de la empresa considerando las restricciones existentes en ese momento. Si las restricciones han cambiado se deberán modificar todas esas reglas.

4. - CADENA CRÍTICA

La Cadena Crítica es una metodología basada en la Teoría de las Restricciones (TOC) para el buen manejo de los proyectos.

Los conceptos de gerencia de proyecto tradicionales fueron los mismo desde hace treinta años. Si se observa el ímpetu desarrollado en los años cincuenta, se encuentra que los primeros estudios denotaron que para la sección de proyectos de la Defensa, el costo y sobre tiempo eran a menudo de dos a tres veces las estimaciones iniciales y esas duraciones del proyecto, frecuentemente eran de 40% a 50% mayores que las estimaciones originales. Los estudios similares a proyectos comerciales denotaron que el costo y duración estaban por encima entre un 70% y 40% respectivamente. La Gerencia del proyecto basada en la Cadena Crítica se introdujo como una solución para estos problemas, con una meta de entregar proyectos dentro del costo original y estimaciones iniciales de tiempo. Hoy, la gerencia de proyecto basada en Cadena Crítica es una industria significante. La disciplina se usa a lo largo del mundo basado en técnicas definidas en los últimos cincuenta años.

La Cadena Critica esta basada por un lado, en lo humano y por otro lado en la metodología de algoritmos de gerencia del proyecto unificada en una disciplina. La gerencia de proyecto de Cadena Crítica completa proyectos en tiempo significativamente más corto que los conseguidos con las técnicas tradicionales, es también más simple al uso y requiere menos trabajo para el equipo del proyecto en la planificación y control fases de proyectos.

EL LADO HUMANO

Dr. Goldratt reconoció que son las personas quienes planean y ejecutan proyectos y no los programas de la computación. Su metodología de la Cadena Crítica es basada en la gran visión de la naturaleza humana y lo que pasa cuando una disciplina de gerencia de proyecto se aplica a las personas. Goldratt dice que, a menos que se tenga cuidado, a menudo se consigue el opuesto de lo que se piensa. Veamos algunas de estas consecuencias imprevistas.

ESTIMANDO

El ejemplo parecerá familiar. Cuando se pide estimar una tarea, generalmente se piensa sobre la tarea y el esfuerzo y se decide que se puede hacer la tarea en 5 días. Entonces, al pensar un poco más. Puede pasar algo fuera de lo común en la tarea. Preocupados por el efecto de las interrupciones de trabajo no planeado, finalmente, queriendo asegurarse de que no finalizará tarde en la estimación porque no se quiere una observación negativa basado en toda esta incertidumbre, se anuncia que la tarea se puede hacer en 10 días.

Se han escondido 5 días de seguridad en sus 10 días de estimación. Se dice que la seguridad está oculta porque la tarea entra en el proyecto como una tarea de10 días; los 5 días de seguridad son su factor de contingencia privado. Es importante acotar que el establecimiento de un factor de seguridad en una estimación de la tarea no es errado. Es una cosa absolutamente razonable que se hayan considerado los factores

involucrados en el ambiente de la gerencia de proyectos en el que se trabaja. Después de todo, no se quiere estar errado en el momento de dar una fecha indebida de la tarea.

SÍNDROME DEL ESTUDIANTE

En el texto Cadena Crítica, Goldratt cuenta la historia de lo que pasa cuando un profesor da una asignación en clase que se debe entregar en dos semanas. Los estudiantes se quejan que la asignación es dura y requerirá más tiempo. El profesor está de acuerdo y les da tiempo adicional. Después, cuando los estudiantes se percatan de que la asignación realmente pudiese hacerse en menos tiempo, deciden atrasar e inicia a ultima hora. Este síndrome sin duda alguna se asemeja a lo que puede estar sucediendo en las tareas y en el proyecto entero.

Dado el síndrome del estudiante, se aplazó consiguiendo realmente trabajar hasta el quinto día de la tarea. Esta salida debe ser ok, porque tiene seguridad adecuada en su estimación. Desgraciadamente, el jueves encuentra un problema inesperado con el trabajo. De repente, comprende que su seguridad se ha ido, y que excederá su estimación, no importa cuanto se esforzó. Se pasara los próximos cinco días trabajando tan rápido como se pueda, con un exceso del 30% de su estimación original.

Los estudiantes en la Cadena Crítica se parecen objetivamente al caso planteado anteriormente. Nota que se gastó cuatro días de seguridad en el comienzo tardío de la tarea. También nota que el problema aparecía cuando estaba en el 80% de su estimación original, y que simplemente no había bastante seguridad para recuperarse.

Este ejemplo de la tarea no es raro. Pasa una y otra vez en la realización de un proyecto. Somos humanos, y cuando establecemos un horario de tarea con un margen de seguridad oculto, la mayoría de nosotros entra naturalmente en el síndrome del estudiante.

LA LEY DE PARKINSON

El trabajo se extiende para ocupar el tiempo estimado. La mayoría de nosotros ha oído hablar de la Ley de Parkinson y lo ha visto en acción en los proyectos. Si una tarea se estima para tomar 10 días, normalmente toma menos. Este ajuste de esfuerzo para llenar el tiempo estimado puede hacerse de varias maneras.

Los proyectos del software exhiben a menudo una tendencia hacia la elegancia, ampliándose en el tiempo de la tarea, llevándose mas tiempo del que necesitan. En otros casos, las personas ajustarán el nivel de esfuerzo simplemente para tener copado el horario de la tarea. Los ambientes del proyecto tradicionales enfatizan el no terminar más tarde de lo planeado, pero ellos no promueven el terminar temprano. Este ambiente anima a la seguridad oculta en el tiempo de las tareas, el síndrome del estudiante, y los efectos de la Ley de Parkinson.

MULTITAREAS

En la mayoría de los casos se trabaja en un ambiente del multiproyectos. Todos tenemos experiencias de tener que dejar de trabajar en una tarea para lograr progresar en otra tarea de otro proyecto. Ahora bien, ¿vale la pena estar saltando entre varias actividades

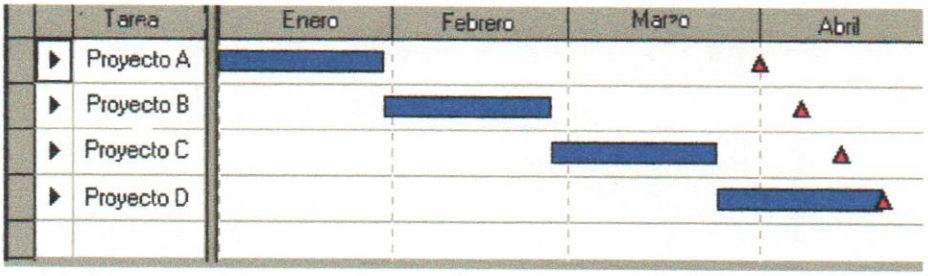
ocasionando enfoques de trabajo reducidos y pérdidas de eficacia?. Sin embargo existe una razón para este ambiente de multitareas.

Los gerentes están a favor de prever a los clientes proyectos con realizaciones exitosas. Estos clientes pueden ser interiores o externos a una organización. Los Clientes tienen una tendencia a estar exigiendo, ellos piensan que su proyecto es la prioridad más alta y quieren ver frecuentemente progreso en su proyecto. Los recursos tienden a emigrar entre los proyectos en respuesta a las últimas demandas del cliente, en un esfuerzo por mantener a tantos clientes satisfecho como sea posible. Este enfoque en mostrar progreso en tantos proyectos activos como sea posible es la causa mayor de las multitareas. Cuando nos demos cuenta, este enfoque es al detrimento del proyecto global de la organización.

Consideremos los efectos malos de multitareas en un ejemplo del multiproyecto simple. Se asume tener cuatro proyectos, A, B, C, y D cada uno de los cuales se estima terminar en cuatro semanas. Nuestro ambiente de proyecto es de caos. Los recursos emigran de un proyecto a otro según sea el requerimiento de los clientes. Siguiendo este ejemplo, asuma que los recursos trabajan una semana en cada proyecto y entonces emigran al próximo proyecto. En este ambiente, los proyectos son cumplidos por partes intermitentes como se muestra en la ilustración N° 1. La fecha de terminación de cada proyecto es nombrada con un hito rojo. Nótese que este ejemplo asume cero pérdida de eficacia debido a las tareas cambiantes que se presentan negativamente en el mundo real de los multiproyectos.

Ahora, asumamos que nos organizamos con la meta simple de trabajar basados en que los proyectos son muy importantes para su organización. Éste es un cambio importante, pasemos de caos organizados basados en las decisiones microniveladas, subalterno-perfeccionadas a una organización perfeccionada basada en las decisiones macroniveladas. Para el ejemplo, se asume la prioridad del proyecto, de más alto a más bajo es, A, B, C, y D. Trabajando múltiple, eliminando y ejecutando nuestros proyectos a través de prioridad, conseguimos los resultados ilustrados debajo.

Ilustración N° 1



Nótese como el proyecto de menor prioridad, el D, todavía es cumplido en la misma fecha como el ejemplo anterior pintado por el hito rojo. Sin embargo, veamos el proyecto de prioridad más alto, A, se hace nueve semanas antes; eso es un 225% de mejora. Los Proyectos B y C también se hacen en mucho menos tiempo que en el ambiente multiatareado. El mensaje está claro, si usted elimina multitareas y toma decisiones de asignación de recurso basadas en prioridad del proyecto, mejora la actuación en los proyectos.

También la eliminación de multitareas (expuesta de esta forma) aplica dentro de un solo proyecto. Los clientes exigentes pueden ser gerentes de paquetes de trabajo que exigen progreso de los recursos limitados. Si los recursos se asignan para silenciar protestas, el proyecto puede sufrir retrasos innecesarios como consecuencia de la realización de tareas sin una optima secuencia. Después, se vera cómo el método de Cadena Crítica nos da un método simple para eliminar este problema interno de los proyectos que surgen de las multitareas con reglas claras, concisas para hacer primero el trabajo que ha de hacerse.

NINGUNA TERMINACIÓN TEMPRANA

¿Ha visto que las tareas parecen terminar siempre a tiempo, o tarde, pero raramente temprano? Además del síndrome del estudiante y la Ley de Parkinson que contribuyen a este resultado común existe otro factor. Nuestros métodos de gerencia de proyecto, incluso los premios y castigos, raramente premian acabados tempranos. De hecho, ellos castigan a menudo acabados tempranos.

Si termina una tarea más temprano de lo planeado, podría ser acusado de exagerado en sus estimaciones en lugar de premiarse por completar tempranamente. En este ambiente, se preocupara por sus estimaciones futuras que están basadas calladamente en la historia, disfruta la calma que la oculta realización temprana le brinda y oficialmente termina en horario. En este caso conseguirá probablemente espaldarazos por estimar bien aunque sabe que pudiese terminar antes.

Si termina temprano y anuncia sus resultados, entonces encuentra el próximo problema. La tarea que es dependiente en su culminación no podría iniciar temprano porque los recursos requeridos están ocupados. Recuerde, el tiempo del proyecto dio una fecha de inicio clara para la tarea siguiente y los recursos se asignaron para otra parte basado en este horario.

Los métodos de gerencia de proyecto tradicionales dan efectos de acabados tempranos y sólo propagan acabados tarde en el horario. En otras palabras, lo mejor que pueden hacer es terminar a tiempo, y la probabilidad de ese acontecimiento es pequeña. Para conseguir un resultado diferente, conseguir tiempo más rápido para comercializar, se necesita un planteamiento diferente.

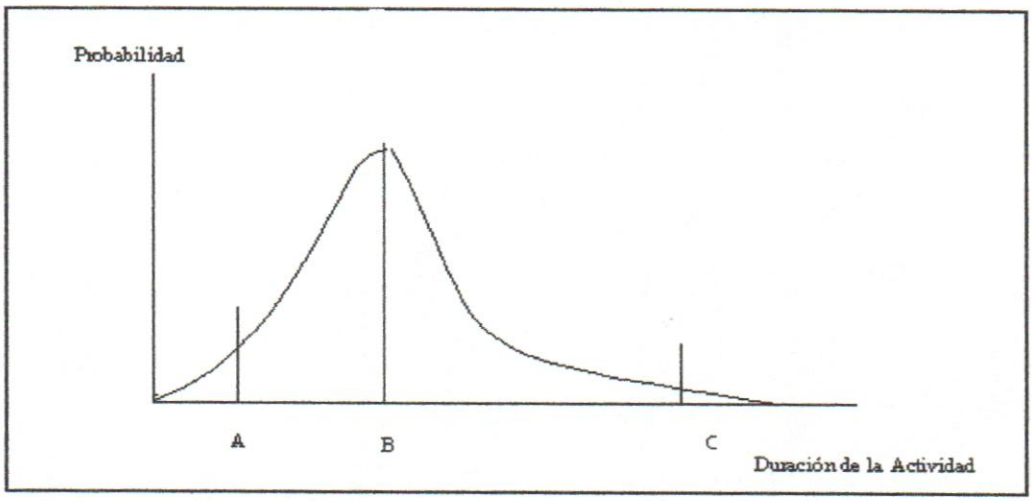
El Método de la Cadena Crítica aporta una alternativa que toma en consideración los fenómenos presentes en los proyectos, como son el síndrome del estudiante, la ley de Parkison y otras enumeradas anteriormente.

El Dr Goldratt busca demostrar que existe un margen de seguridad en el tiempo estimado dentro de cada actividad que debe ser acotado, ya que rompe con la visión tradicional de que los tiempos de las actividades son variables determinísticas[6] sino variables aleatorias que se comportan con una distribución Lognormal con excesiva contingencia, es decir con una cola muy alargada que retrasa la ejecución a tiempo de los proyectos.

---

[6] variables determinadas previamente, las cuales niegan la casualidad o aleatoriedad de su comportamiento

Ilustración 2
Distribución Lognormal



El punto A representa el mejor tiempo en el que se podría realizar la actividad, el punto B representa la mediana de los tiempos, es aquel punto en donde el 50% de las tareas son completadas y el 50% de las tareas no son completadas o punto del 50/50, el punto C representa la fecha de terminación que tiene un 95% de probabilidad de lograrse, es lo que el autor llamó el 95% del tiempo, por eso el tiempo B nunca es dado como un estimado, ya que la misma naturaleza humana y las políticas de incentivo dentro de las empresas no abogan por un mejor desempeño en logros de los tiempo de cada actividad, sino por el cumplimiento de los tiempos estimados con sus consecuentes contingencias, representados por la diferencia entre la mediana y el punto donde se logran culminar las actividades con un 95% de probabilidad o seguridad.

Los estimados obtenidos contienen un margen de contingencias privado en previsión a los posibles retrasos que durante la ejecución se puedan presentar en los proyectos, los

cuales fueron descritos anteriormente como son: La Ley de Murphy cuya máxima sugiere que si algo malo va a pasar pasará realmente; El Síndrome del Estudiante, la Ley de Parkison; las Multitareas y el poco estímulo a un acabado temprano.

La falta de incentivos a que las actividades terminen antes de tiempo es común pero también es cierto, que las actividades terminadas antes de tiempo crean 3 tipos de efectos indeseables en las organizaciones, la primera es que al completar antes de tiempo la actividad, probablemente, piense la alta gerencia que se está en búsqueda de algún tipo de recompensa o incentivo, lo que es mal visto por buena parte de la organización, segundo, probablemente el resto de la secuencia no pueda utilizar a su favor el tiempo ganado, ya que los recursos necesarios están ocupados en otras actividades y tercero, en vista de lo antes expuesto, aunque exista la posibilidad de terminar antes el producto de nuestra actividad, éste no será entregado a tiempo para utilizar el tiempo de contingencia en otras actividades y no demostrar la falta de eficiencia en esa actividad.

Todos los aspectos considerados en los puntos anteriores constituyen un enfoque sobre la conducta real al ejecutar las tareas y son los factores que diferencian al método de la Cadena Critica del método del camino critico, en donde no sólo se consideran las prelaciones naturales sino también, se toma en cuenta el uso de los recursos y sus vínculos.

El conjunto de tareas que determina la duración del proyecto, considerando tanto las precedencias como dependencias de los recursos, es lo que se llama Cadena Critica, la más larga secuencia de variables dependientes es el camino critico, pero cuando la duración de esta secuencia es ajustada por el uso óptimo de los recursos disponibles, el

concepto del camino critico pierde vigencia y es cuando el concepto de Cadena Critica surge, ya que el camino crítico se convierte en la restricción dentro del marco de aplicación de la teoría de restricciones.

Una vez conocidos todos los aspectos anteriores se procede a determinar el método de la Cadena Crítica, para ello explicaremos alguno de los supuestos estadísticos que forman parte de la construcción básica del método.

Uno de los principales factores a considerar dentro de la construcción del método de la Cadena Crítica son los estimados del tiempo de las actividades, la única vía estadística válida para representar una variable aleatoria[7] es nuestro mejor estimado de la distribución de esa variable, se habla de estimados debido a que los proyectos son eventos únicos e irrepetibles y por ende nuestro mejor estimado es la posible distribución de probabilidades de la duración de las actividades o el tiempo estimado para esa actividad, el hecho de que la duración estimada en buena parte de los casos se cumpla un 95% de las veces constituye un buen ejemplo de lo expuesto.

Para el cálculo de la duración del proyecto es necesario conocer la duración de cada una de las actividades, la duración de cada una de las actividades es un estimado con una determinada probabilidad de ocurrencia constituyéndose en una variable aleatoria, lo que quiere decir que la duración total del proyecto, según el teorema Central del Límite[8], es la suma de las duraciones estimadas o valores esperados de las actividades

---

[7] Una variable aleatoria es una magnitud susceptible de tomar diversos valores con determinadas probabilidades.

[8] Es a menudo una justificación de normalidad aproximada. El teorema Central del Límite implica que la suma de n variables aleatorias, distribuidas independientemente, es aproximadamente normal, sin importar la distribución de las variables individuales.

constituidas en variables aleatorias, siendo el tiempo de duración del proyecto una variable aleatoria normal con media uno y varianza cero.

El método plantea determinar el tiempo de realización sin contingencias y su posible varianza o variabilidad para cada actividad, en el caso de proyectos será una variable normal que tendrá una media igual a la suma de los estimados y una varianza igual a la suma de las varianzas, la distribución normal tiene entre sus características que la media, moda y la mediana están en el punto medio de la distribución y como consecuencia, el valor de la media, será aquel valor que tenga una probabilidad del 50% de cumplirse o no cumplirse, mientras que la desviación será la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de las actividades o la varianza del proyecto.

La diferencia radica en que el tiempo estimado para la realización de la actividad viene dado por el tiempo sin contingencia, mientras que el tiempo considerando la contingencia asegura una probabilidad del 95% de cumplimiento, el tiempo de contingencia para cada actividad es considerada su desviación típica, la suma de las varianzas[9] de todas las actividades de la cadena critica formaran la varianza total del proyecto y su raíz cuadrada es lo que el Dr. Goldratt denomino como Buffer o amortiguador[10] para el proyecto, o bien es la desviación estándar del proyecto.

Para las actividades no criticas se toma el mismo razonamiento que para la Cadena Crítica, cada cadena no critica es tratada como una variable aleatoria resultado de la suma de n variables aleatorias independientes con media igual a la suma de las medias y varianza igual a la suma de varianzas, sin embargo, el amortiguador en este caso puede

[9] La varianza es igual al cuadrado de la desviación estándar.
[10] El concepto de amortiguador o buffer será desarrollado en líneas posteriores

venir dado por el tiempo de holgura de esa cadena y no por su desviación estándar, esto afecta como un todo la probabilidad de culminación del proyecto.

IDENTIFICACIÓN DE LA CADENA CRÍTICA:

Goldratt define la Cadena Crítica como la cadena más larga de tareas, considerando dos dependencias. La dependencia de tareas y la de recursos. Esto marca una diferencia con la definición de Camino Crítico que se define como la cadena más larga de tareas basada en las dependencias de las tareas. Ésta es una diferencia sutil, pero importante. La Cadena Crítica reconoce que un retraso en disponibilidad de recursos puede atrasar un horario, al igual que un retraso en tareas dependientes. Luego de identificar esta doble relación se encontrará la Cadena Crítica de la forma como aparece en la ilustración N° 3, la cual se distingue en color rojo.

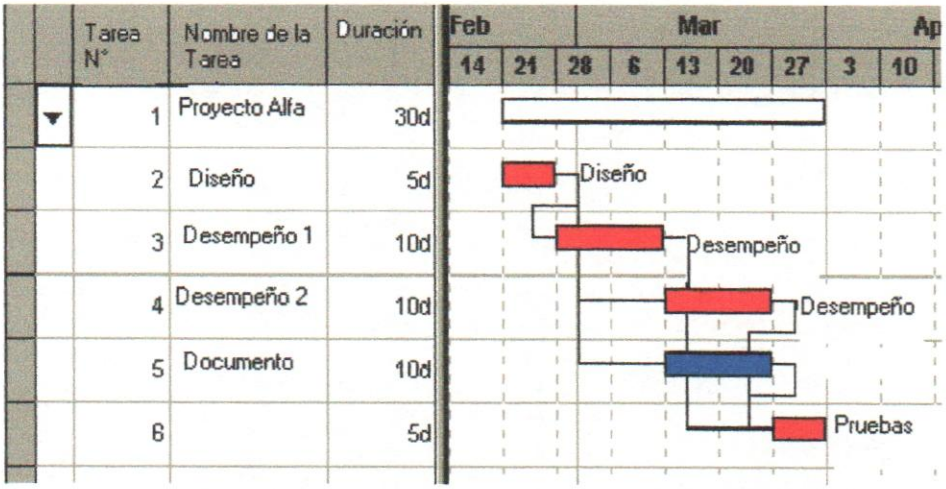
LOS AMORTIGUADORES O BUFFERS:

Es este concepto uno de los más importantes aportes de la Teoría de las restricciones a la gerencia de Proyectos.

El término Buffer (amortiguador), aparece en el libro The Goal escrito por el Dr. Goldratt en 1986 para describir un sistema con una serie de dependencias y fluctuaciones estadísticas usando la analogía de las caminatas de los niños boy scout, el barril (Drum) es el paso del niño más lento que determina el paso del resto, el amortiguador (Buffer) y la cuerda (Rope) significan que el resto de los niños caminan al ritmo del más lento de ellos.

Ilustración N° 3

Identificación de la Cadena Crítica



El método DBR (Drum, Buffer, Rope) suministra los recursos necesarios al resto de los procesos productivos al ritmo del proceso más lento. El Barril es el plan de uso para el recurso o actividad con la menor capacidad o llamado recurso con capacidad limitada, la razón por la cual este recurso es tan importante es porque determina el ritmo máximo de producción de todo el sistema y es usado en la teoría de la Cadena Crítica para recursos dependientes que son utilizados en dos o más actividades o en varios proyectos.

El Buffer o amortiguador es una medida de tiempo que pretende proteger a los recursos con capacidad limitada de la variabilidad en la duración de los procesos de producción asegurando que los insumos necesarios a utilizar en los recursos con capacidad limitada estén a tiempo de forma de que no exista una carencia o por el contrario una saturación

de trabajo con la consecuencia de una gran cantidad de productos en proceso o una gran cantidad de actividades inconclusas.

La Cuerda o Cadena, es la restricción impuesta por la gerencia para salvaguardar al recurso con capacidad limitada de excesivo trabajo, en pocas palabras establece el plan de uso de todo el sistema acorde al ritmo del recurso más lento. El concepto de la cadena es diseñado para prevenir el atraso del resto de las actividades en el sistema previniendo la cola de productos en proceso y los excesivos costos de inventarios a mantener.

En los proyectos estos buffers o amortiguadores son incluidos en las redes, para asegurarse el cumplimiento de los tiempos estimados.

En líneas anteriores se expuso la necesidad de eliminar la excesiva seguridad que se estimaba en los tiempos de las actividades de los proyectos y la técnica que habría de utilizarse para estimar tiempos más realistas sin perder de vista la seguridad de los mismos.

Ahora, conocido el origen de los amortiguadores, con un tiempo estimado de seguridad ya sincerado, se pondrá toda la protección (tiempo de seguridad) al final de la ruta crítica. La eliminación de tiempo de cada actividad libera suficiente tiempo para crear un amortiguador del proyecto, así, al ser empujadas las actividades fuera de su fecha de terminación, por razones enumeradas anteriormente, el amortiguador absorberá ese desbordamiento sin afectar la fecha de finalización del proyecto.

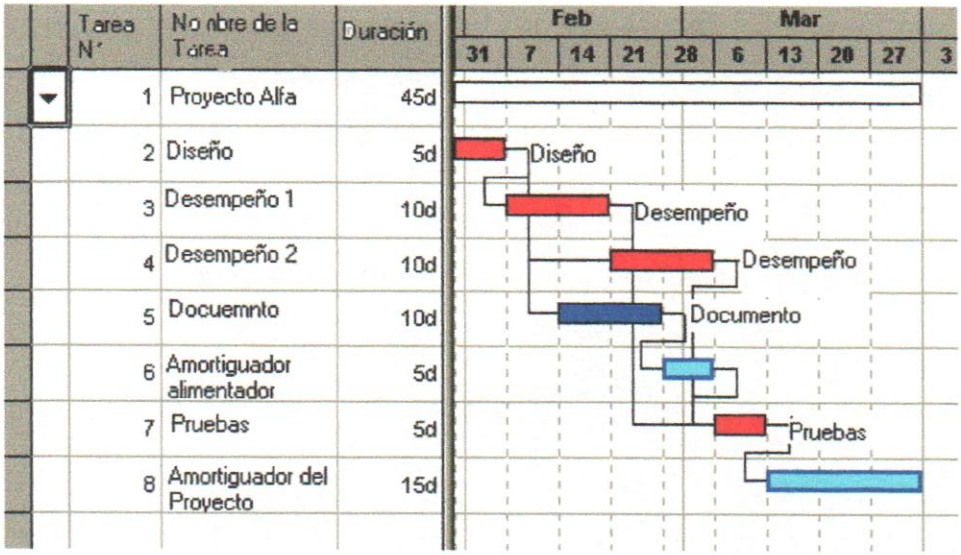
Existen tres tipos de amortiguadores. El más importante es el **Amortiguador del Proyecto**, que como se dijo anteriormente es colocado al final del mismo, en la fecha que se ha pautado con el cliente, es decir al final de la Cadena Crítica. Es muy importante observar este amortiguador con atención, ya que a través de él se pueden detectare problemas globales antes de que estos empeoren.

Por otra parte, la Cadena Crítica está expuesta al desbordamiento de tiempo de las tareas de la cadena no crítica que se unen a la Cadena Crítica. Goldratt protege la cadena Critica insertando **Amortiguadores Alimentadores**, en el punto donde se unen la Cadena Crítica y las actividades no críticas. En la ilustración N° 4 se muestra como quedaría el diagrama PERT luego de interceptados los amortiguadores. Ambos amortiguadores están representados de color azul, sin embargo el amortiguador alimentador tiene un tamaño mucho menor al amortiguador del proyecto.

Es importante destacar que estos amortiguadores son considerados para los efectos de los diagramas o redes como nuevas actividades.

Ahora bien, mientras el amortiguador de alimentación asegura que el trabajo no se detenga, los **Amortiguadores de Recursos** aseguran la disponibilidad de recursos (personal técnico-profesional) para la continuidad del trabajo. Sin embargo, hay varias preguntas que se hacen cuando se consideran amortiguadores de recursos de la misma manera como amortiguadores alimentadores:

Ilustración N° 4
Inserción de los Amortiguadores al diagrama de red



¿Debemos reservar realmente los recursos?. En otras palabras, ¿se deben fijar amortiguadores de recurso y convertirlos en recursos ociosos?, O ¿se debe asegurar que las tareas de la Cadena Críticas tienen prioridad para saber cuando deben estar listos para empezar?. ¿Que es la capacidad real de un recurso, dado que las personas pueden trabajar hora extras (a menudo sin la paga)? . ¿Cuan grandes deben ser los amortiguadores?. En otras palabras, cómo se puede cuantificar el riesgo contra el que debemos estar protegidos?

En general el amortiguador del recurso puede tratarse simplemente como una llamada de alerta que indique cuando los recursos deberán estar listos para realizar sus tareas en la Cadena Críticas. Ésta es la solución más simple, y para la mayoría de los propósitos es bastante buena.

Por ejemplo, 2 semanas antes de la tarea de que necesite empezar la Cadena Crítica, el recurso, (o quizás el gerente del recurso) se notificara que se necesitan en 2 semanas. Esta notificación se hará una semana antes y luego 2 días antes de iniciar la tarea. Esto les da tiempo suficiente para asegurarse que puedan estar listos. Esto también los mantendrá informado de los cambios de horario de la Cadena Crítica.

Si los amortiguadores de recursos se tratan como una señal de alarma, se puede hacer una recomendación adicional: si se descubre un riesgo significativo por que un recurso no esta disponible para la Cadena Critica, acelere las tareas de ese recurso lo antes posible, cuando ellos estén alimentando la tarea de la Cadena Crítica para dejar espacio para un amortiguador de recursos.

PLANTEAMIENTO DEL TÓPICO A SER DESARROLLADO

La importancia que los proyectos han cobrado hoy día han llevado a desarrollar varias líneas de pensamiento con la intención de proporcionar soluciones a las deficiencias que han presentando estos proyectos en su ejecución.

La Cadena Critica, metodología desarrollada con base a la Teoría de Restricciones, intenta hacer más efectivos los proyectos, llevándolos a conseguir terminaciones tempranas, sin perder de vista la calidad que se espera en ellos.

A su vez existen aportes brindados por las mejores prácticas, así como por estudios paralelos, que demuestran la gran importancia y necesidad de considerar el riesgo como una variable de peso en el buen término de los proyectos.

El objetivo que se persigue con este trabajo es el de realizar un análisis de las técnicas aportadas por la Metodología de la Cadena Critica y las difundidas por otros autores, buscando complementar las Técnicas de la Cadena Crítica, específicamente en la estimación del tiempo de las actividades, la incorporación de los amortiguadores en las redes y el factor riesgo involucrado en los proyectos. Razón por la cual se ha titulado el documento: **CADENA CRÍTICA: "un aporte de la Teoría de Restricciones a las Técnicas Tradicionales de la Gerencia de Proyectos".**

II.- DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para hacer uso de la CCPM buscando mejores estimaciones de tiempo, no se debe perder de vista los aspectos técnicos necesarios para esta estimación. Las características más generales que se deben conocer inicialmente antes de hacer esta estimación son las siguientes:

- Los tiempos deben ser realistas basados en experiencias pasadas.
- Deben ser fiables, deben cubrir la incertidumbre pero a la vez ser tan cortos como sea posible.
- Deben mostrarnos que tareas son realmente importantes.
- Debe anteponer el tiempo global al individual óptimo.

A través de la Cadena Crítica se logran conseguir tiempos más realistas que a través del camino crítico, ya que se ha tomado en cuenta el uso de los recursos. Especificando las duraciones medias se disminuirá la duración del proyecto global. Usando amortiguadores, se aumentará fiabilidad de la fecha de compromiso y reducirá la frecuente necesidad de cambios en los horarios. Se tomarán en cuenta dos medidas para estimar los mejores tiempos, la primera es que entre más rápido pueda terminar un

proyecto, más rápido las personas involucradas en el proyecto pueden seguir en otros, y con ello generará más dinero para la compañía.

La segunda medida será el fijar el inicio o proceso de las tareas tan tarde como sea posible, con la condición de que el proyecto aún pueda ser protegido. Fijando los procesos de las tareas más tarde, disminuye los riesgos de re-trabajo, ya que los encargados de las actividades no comenzarán las mismas hasta tener toda la información disponible, además se pueden descubrir problemas en el plan y en algunos casos, disminuye o retarda el desembolso de la inversión hasta el momento que se necesite.

El iniciar las actividades tan tarde como sea posible es otro aspecto que diferencia este método a los de planificación tradicional donde las actividades comienzan lo más temprano posible[11]; al comenzar las actividades lo más tarde posible, la holgura que se acumula al final de las cadenas no críticas y antes de la cadena crítica se elimina sin perjudicar el amortiguador en lo absoluto, se debe recordar que el amortiguador viene determinado por la contingencia o parte del tiempo que es eliminado a cada una de las actividades, mientras que la holgura pertenece al grupo de actividades no críticas, es decir, forman parte de dos conceptos totalmente diferentes. La principal preocupación radica en que las actividades deben culminar en el tiempo previsto no permitiendo que la contingencia se consuma al inicio de la actividad.

[11] El Microsoft Project utiliza por defecto como fecha de inicio de las actividades el comienzo más temprano posible que constituye una de las bases del método del camino crítico.

El hecho de que las actividades se realicen lo más tarde posible permite una fácil identificación de la Cadena Critica.

Para la identificación de la Cadena Crítica, se representa como ejemplo una sencilla red de planificación de actividades, en donde éstas tienen estipuladas duraciones sin contingencias, se asume que existe un solo recurso para la realización de cada actividad, la definición de la actividad viene dado por el recurso utilizado.

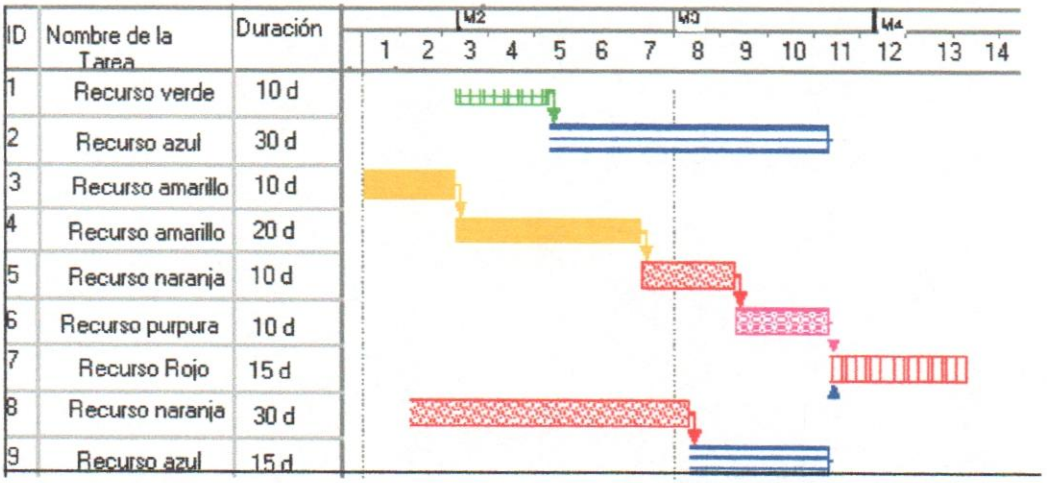
Se inicia el proceso de identificación con el plan inicial del Método de Camino Crítico

Ilustración N° 6
Primer paso para
Identificar la Cadena Crítica

ID	Nombre de la Tarea	Duración
1	Recurso verde	10 d
2	Recurso azul	30 d
3	Recurso amarillo	10 d
4	Recurso amarillo	20 d
5	Recurso rojo	10 d
6	Recurso purpura	10 d
7	Recurso rojo	15 d
8	Recurso naranja	30 d
9	Recurso azul	15 d

El diagrama de red anterior obedece a los métodos tradicionales de planificación donde las actividades comienzan lo más temprano posible difiere solo en que los tiempos de ejecución de las actividades no incluyen tiempos de contingencia. El siguiente paso es planear las actividades para que comiencen lo más tarde posible.

Ilustración N° 7
Segundo paso para
Identificar la Cadena Crítica



Se puede visualizar el efecto que genera el realizar las actividades lo más tarde posible, la holgura disponible es utilizada para retrasar las actividades rojo-azul y verde-azul lo más posible no existiendo holgura al final para esas rutas, lo que provoca una disminucion de la posibilidad de que existan: productos en proceso, recursos ociosos y la posibilidad de re-trabajos, lo que da al método de la cadena crítica algunas ventajas sobre los métodos tradicionales.

El tercer paso consiste en determinar la precedencia de los recursos o actividades en donde estos últimos están retenidos o usados, se determinan aquellas actividades o grupos de actividades que requieren los mismos recursos en forma simultanea, en la ilustración N° 8 se unen mediante una línea continua, aquellas actividades que requieren los recursos en paralelo.

Tercer paso para Identificar la Cadena Crítica.

Ilustración N° 8.a

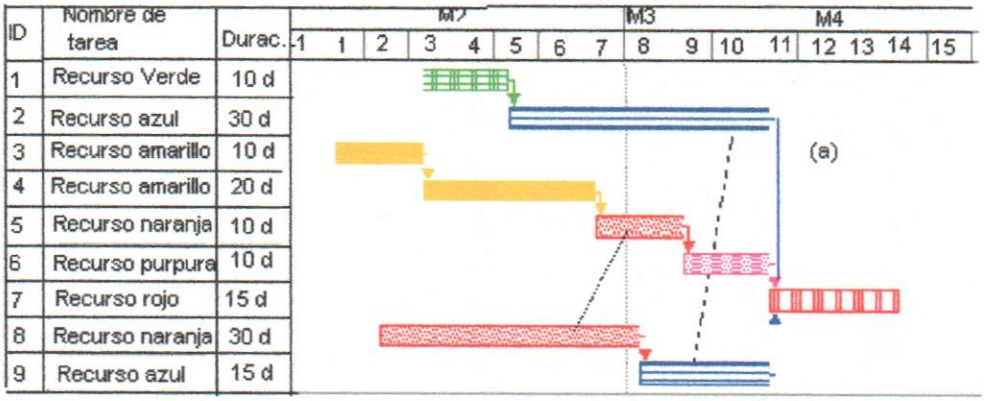
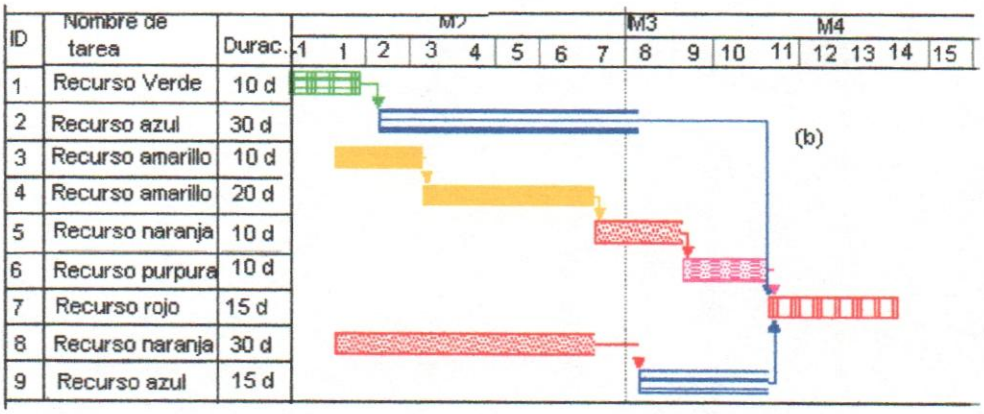


Ilustración N° 8.b



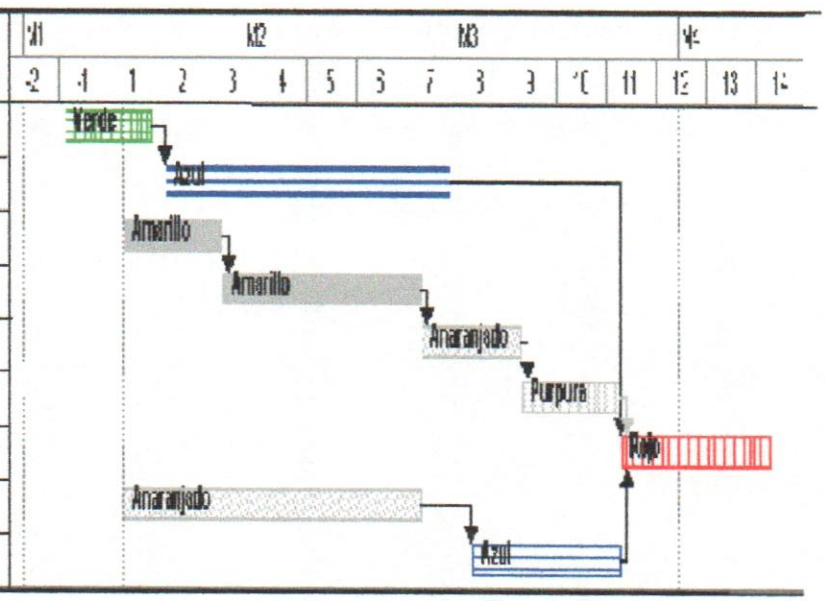
La restricción de recursos limitada por el uso en otras actividades como lo demuestra la ilustración 8.a, hace que las actividades sean replanificadas lográndose que algunas de las misma comiencen antes de la fecha de inicio prevista, se debe recordar que en el método de la cadena critica la planificación es realizada en reverso esto quiere decir que, el proyecto es planificado teniendo en mente la fecha de terminación o entrega del proyecto, esto se puede visualizar mejor si colocamos un freno en la fecha de

terminación para el proyecto. El resultado al aplicar los pasos expuestos resulta en la ilustración N° 9 que se muestra a continuación.

Ilustración N°9

Identificación de la Cadena Crítica.

ID	Nombre de tarea	Durac.
1	Recurso Verde	10 d
2	Recurso azul	30 d
3	Recurso amarillo	10 d
4	Recurso amarillo	20 d
5	Recurso naranja	10 d
6	Recurso purpur	10 d
7	Recurso rojo	15 d
8	Recurso narania	30 d
9	Recurso azul	15 d

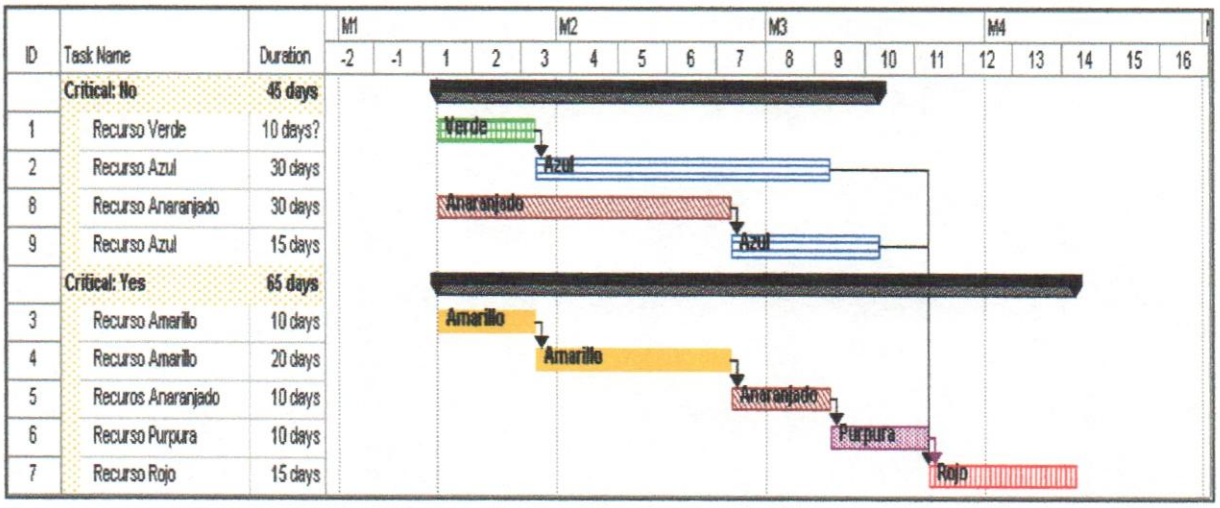


La cadena Critica viene dada por la secuencia Rojo-Azul-Azul-Verde, que es la ruta más larga dentro del proyecto y la secuencia más larga creada por la dependencia de los recursos.

Puede suceder que al aplicar el método de la cadena crítica exista alguna otra restricción y se necesite de un nuevo ajuste en la red del proyecto, en nuestro sencillo ejemplo esto no sucede, sin embargo en proyectos con múltiples actividades o recursos que son empleados en varios proyectos simultáneamente, esto pudiera acontecer.

Ilustración N° 10

Ruta Crítica según el Método de Camino Critico



En el método del Camino Crítico (CPM) la secuencia de actividades que forman la ruta más larga son las que forman el camino critico independientemente de que exista un conflicto en la disponibilidad de los recursos, como sucede en nuestro ejemplo con los recursos azules y anaranjados, lo que pueda dar origen a un retraso en la ejecución del proyecto con respecto al tiempo planificado.

Una de las ventajas del método de la cadena crítica es que destaca donde el uso adicional de recursos puede acortar el período de ejecución del proyecto, porque, permite identificar el factor limitante mejorando su desempeño y ayuda al mejoramiento de todo el sistema, para nuestro caso, se mejoran los tiempos de ejecución con la dotación de más recursos para las actividades azul y anaranjado o mejorando su desempeño.

ESTIMACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES

Ya identificada la cadena critica y realizado el plan inicial de trabajo, el tiempo es vulnerable a cualquier ruptura. Si las actividades ya se encuentran liberadas de cualquier colchón extra, por su puesto los integrantes del equipo y más específicamente, los encargados de estimar los tiempos de las actividades ya han concientizado lo favorable de hacer estas estimaciones de tiempo sin sobreprotección, se debe colocar el tiempo liberado al final de la cadena para proteger el proyecto. Ese tiempo viene a constituir el amortiguador del proyecto.

Para insertar amortiguadores en la planificación del proyecto, es necesario pasar por tres pasos. Primero, se debe identificar los puntos donde los tres tipos de amortiguadores van (el del proyecto, los alimentadores, y los amortiguadores de recursos). Una vez identificada la Cadena Crítica se hace sencillo. Segundo, se debe decidir cuán grande han de ser los amortiguadores, es decir ¿cuánta protección se necesita?; y tercero, se deben re-programar perfectamente las tareas, para acomodar los amortiguadores, y de esa manera estarán disponibles para proteger el proyecto.

Identificación de los puntos de colocación de los amortiguadores

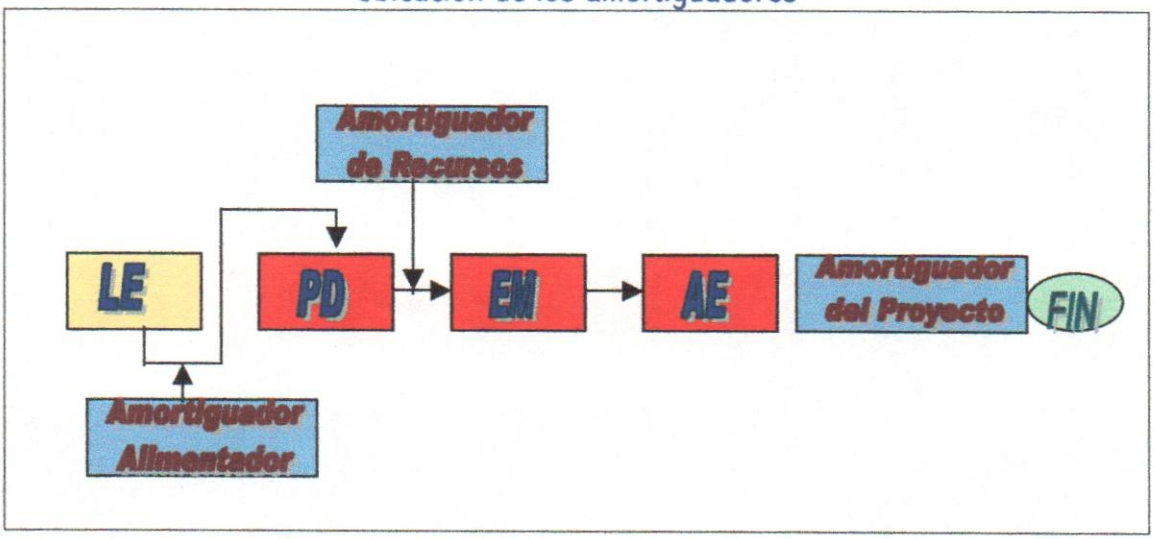
En este caso sólo trataremos con el supuesto de un solo proyecto. Se tiene que identificar las situaciones de los tres tipos de amortiguadores: el del proyecto, alimentadores, y de recursos. El amortiguador del proyecto es fácil de marcarlo, persigue la última tarea (s) en el proyecto. El amortiguador del proyecto se diseña para proteger al cliente, principalmente contra las fluctuaciones en las tareas de la Cadena

Críticas. El amortiguador del proyecto también puede ser usado para subsanar los amortiguadores alimentadores.

Se colocan amortiguadores alimentando dondequiera que una tarea de la Cadena no - crítica se une a la Cadena Crítica, estos protegen la Cadena Crítica de las rupturas con tareas predecesoras que la alimentan y también permite que tareas de la Cadena Críticas logren empezar temprano cuando las cosas marchan bien. En la ilustración N° 11 se muestra un diagrama de red de un proyecto de Recolección y análisis estadístico, en el cual intervienen, encuestadores, un estadístico y dos analistas. Las actividades siguen su precedencia correspondiente y el significado de su nomenclatura es el siguiente:

LE : Levantamiento de Encuestas
PD: Procesamiento de datos
EM: Expansión de la Muestra y Control de Calidad
AE: Análisis y Entrega de Estimaciones

Ilustración N° 5
Ubicación de los amortiguadores



Las actividades de color rojo representan el Camino Crítico, la sombreada de color amarillo es una actividad no crítica. En la figura se puede identificar el punto de colocación del amortiguador alimentador entre la actividad LE y PD, él ha de estar allí ubicado por lo imprescindible que se le hace al procesador de los datos el estar constantemente suplido por las encuestas recogidas en la muestra. Si se observa la actividad de expansión de las muestras, podemos detectar que la actividad es realizada por un profesional especialista, que con seguridad estará desarrollando otro proyecto, por lo que se hace necesario insertar antes de esta actividad un amortiguador de recursos para que sirva de señal llamado al profesional correspondiente para comenzar su labor en la fecha indicada.

Es bueno precisar que se colocan amortiguadores de recursos dondequiera que un recurso vaya a realizar un trabajo en el Camino Crítico y la tarea de la Cadena Crítica anterior es hecha por un recurso diferente.

Los amortiguadores de recursos se usan para asegurarse que los recursos se preparen para trabajar en las tareas de la Cadena Críticas. La manera más fácil de ver donde deberían estar los amortiguadores de recursos es dándole un vistazo al recurso.

Algunas veces aparecen dos tipos diferentes de amortiguadores en el mismo lugar, pueden haber un amortiguador de alimentador y un amortiguador de recursos. Estos amortiguadores son vistos desde diferentes ópticas y tienen distintos significados. El amortiguador alimentador asegura que el trabajo está disponible para que las tareas de la Cadena Críticas no se desabastezcan para realizar el trabajo. El amortiguador de

recursos da la alarma avisando que es el tiempo para que el recurso empiece su tarea en la Cadena Crítica.

El tamaño de los amortiguadores

Las fluctuaciones estadísticas existen, por definición sólo pueden ser estimadas, esto no se puede ignorar y desgraciadamente no se puede predecir con exactitud su magnitud. Afortunadamente, se cuentan con los amortiguadores para proteger el horario de los proyectos.

El amortiguador más importante es el del proyecto, porque es quien finalmente protege su fecha de compromiso. La amplitud del amortiguador del proyecto debe ser basada principalmente en el riesgo acumulativo a lo largo de la Cadena Crítica. La pregunta en este caso sería ¿cuánto tiempo se necesita el amortiguador para asegurarle al proyecto el 90% de terminación en el tiempo comprometido?

En teoría, podemos exigir que los amortiguadores funcionen como un tipo de agregado de riesgo que se encontró en las actividades a lo largo de la Cadena. Se podría profundizar en formulas y cálculos, pero no es eso lo que se trata de demostrar, ya que los datos apenas son buenos para apoyar las precisiones de cálculos complejos.

Tradicionalmente se inflan las estimaciones de tiempo de las tareas; ahora se estarán usando los promedios, esto quiere decir que se ha ahorrado mucho tiempo, el cual se deberá devolver una parte. La interrogante ahora es ¿cuánto tiempo habrá de devolverse al proyecto?.

Suponiendo que la duración del proyecto con acolchonamiento original habría sido de 4 años y se logró reducir a 2. Eso significa que la duración total de la Cadena Crítica es de 2 años. ¿Por qué entonces no hacer el amortiguador por la mitad del tiempo reducido, es decir 1 año?. Se ha quitado un año de la duración de proyecto y todavía tiene un año de la izquierda de protección. Sin embargo, esta protección protege el proyecto entero, en lugar de las tareas individuales que lo componen. Una buena regla empírica es empezar con 50% (no devuelto) de la duración de la Cadena Crítica. Si la duración de la Cadena Crítica en toda su amplitud es de 18 meses es de 18 meses, la estimación inicial puede ser un amortiguador del proyecto de 9 meses.

Los amortiguadores alimentadores necesitan asegurarse que las tareas de las cuales depende la Cadena Crítica estarán listas a tiempo. Ellos proporcionan también la oportunidad para iniciar temprano pudiendo así adelantar tareas de la Cadena Críticas. En este tipo de amortiguadores también es conveniente tener un 90 % de probabilidad de estar listos a tiempo. Es válido nuevamente poner el tamaño del amortiguador a la mitad del acolchado ahorrado en el camino que lleva al amortiguador alimentador.

La ventaja de este método es su simplicidad y fácil aplicabilidad en los ambientes medios o de baja formación de las empresas o en pequeñas empresas con escaso personal especializado, a pesar de su simplicidad, ofrece resultados adecuados.

Entre sus desventajas se encuentra el hecho de que es de crecimiento lineal, a medida que crece la duración del proyecto aumenta el tamaño definitivo del amortiguador mientras que un proyecto con una duración muy corta tendrá un pequeño amortiguador, lo cual crea efectos de sobrestimación o subestimación.

Por otra parte, si asumimos que los amortiguadores de recursos son usados como suiches de alerta, entonces el estimar su tamaño es sencillo. Se puede por ejemplo, hacer amortiguadores de recursos de 2 semanas, y ya instalados los amortiguadores antes del tiempo inmediato al inicio de la Cadena Crítica, se contará con una guía que indique la necesidad de notificar al recurso indispensable que se está pronto a iniciar la tarea crítica.

Cálculo Estadístico

Las pautas expuestas anteriormente son suficiente para, probablemente, la mayoría de los proyectos, sin embargo, existen casos donde se requiere de mayor sofisticación en la estimación del amortiguador. Por ejemplo, si de una tarea a otra el riesgo es muy variable, o donde existe resistencia al cambio y el personal se hace poco accesible a la aplicación de la metodología, se puede clasificar el amortiguador según sea el riesgo agregado a lo largo de la cadena que alimenta el amortiguador.

Se inicia la estimación solicitando el mayor tiempo que pueda tardar la ejecución de la tarea. Asumido que la realización de la tarea posee una distribución de probabilidades lognormal. También se asume que las tareas deben completarse dentro del mayor tiempo estimado, es decir dentro del 95%. Esto indica que la diferencia entre el Valor Esperado o media y el mayor tiempo de duración es aproximadamente su desviación estándar.

Este método es conocido como la raíz cuadrada del error y consiste en sumar todas las varianzas de las actividades pertenecientes a la Cadena Crítica y obtener la raíz cuadrada de las mismas, el amortiguador así calculado corresponderá al amortiguador del proyecto, mientras que para los amortiguadores alimentadores el método es análogo sólo que aplicado a la cadena correspondiente.

Ahora bien, si llamamos al mayor tiempo de duración de la tarea "z" y "x" al valor esperado, la desviación estándar sería $(z_i - x_i)/2$. Si se asume que los eventos se distribuyen como una distribución normal (correspondiente a la Teoría Central del Limite), y que el amortiguador posee la amplitud de dos desviaciones estándar, el amortiguador se estimaría de la siguiente manera:

$$\text{Amortiguador} = 2 \times \Sigma \left((z_i - x_i)/2 \right)^{1/2}$$

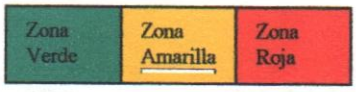
Es importante destacar que ambos métodos de cálculo (el lineal y estadístico) se basan en una premisa fundamental que es la obtención de dos estimados de tiempo, el primero considerado seguro o de la duración más probable en donde se incluyen los tiempos de contingencia y el segundo en donde se recorta el tiempo dado a la contingencia y que tiene una probabilidad de tan sólo 50% de darse lo que implica el máximo nivel de esfuerzo desde el comienzo de la actividad y contemplando la posibilidad de ningún imprevisto, mientras que en el primer estimado se cumple la actividad con una probabilidad del 95%.

Como hacer uso del amortiguador

La función del amortiguador es servir de colchón ante la variabilidad de las actividades del proyecto, la metodología plantea que el amortiguador debe ser visto o dividido en tres zonas tomando un semáforo como símil.

Manejo del amortiguador

Tamaño del amortiguador – duración del amortiguador



La primera de ellas que puede coincidir con el primer tercio del tiempo que es la zona verde, en donde, si la actividad o actividades consumen parte de esa variabilidad todavía no existe peligro. La segunda zona o el segundo tercio del tiempo es la zona amarilla en donde se debe estar alerta ya que las actividades no están cumpliendo con sus estimados y están absorbiendo buena parte del amortiguador, se debe comenzar a penetrar en los problemas y plantear soluciones.

La tercera zona es la zona roja, en donde las actividades tienen una alta variabilidad y se debe comenzar a inyectar recursos para acelerar las actividades futuras de forma de tratar de salir de esa zona y cumplir con el tiempo de entrega del proyecto.

Se debe considerar cual es la fase de evolución del proyecto, en las últimas fases de evolución del proyecto si se consume buena parte del amortiguador del proyecto y

estamos en la zona roja, pero incluyendo el tiempo remanente del amortiguador, y cumplimos con la meta de entrega no, es necesario tomar ninguna acción correctiva. En el caso de estar en las fases iniciales, si observamos un consumo excesivo del amortiguador del proyecto y se llega a la zona roja con prontitud, las acciones se deben tomar de inmediato, para encarrilar el proyecto dentro de los tiempos previstos.

Luego de hacer este recorrido por la metodología de la Gerencia de Proyectos de Cadena Critica se expondrán las diferencias y beneficios que este planteamiento hace y el planteamiento tanto a la Metodología de Camino Crítico como la de Análisis de Riesgo con Simulación Monte Carlo.

GERENCIA DE PROYECTOS DE CADENA CRÍTICA (CCPM) Vs. MÉTODO DE CAMINO CRÍTICO (CPM)

Se han presentado muchas controversias en publicaciones profesionales, sobre los méritos o debilidad de la Dirección de Proyecto de Cadena Crítica (CCPM) con respecto al tradicional Método de Camino Crítico (CPM), sin embargo, es posible tomar lo mejor de ambas técnicas para crear lo que Crispin Piney (2000) llamara la "Técnica del Cerebro Crítico" (TCC), la cual da un planteamiento a al estimación o fijación de los tiempos, a la asignación de recursos y a la supervisión del desenvolvimiento de los proyectos.

Estimación de la duración

La Cadena Crítica plantea una pregunta importante que es a menudo descuidado en el CPM, es decir, ¿Qué tiempo debe ser estimado para el proyecto?, es descuidada porque en la mayoría de los casos es el resultado de estimaciones individuales que incluyen tiempos de contingencias exagerados, por el contrario, las bases de CCPM se fija en el valor medio (M) y propone una distribución con un valor, en el peor de los casos, de M+0.5*M para cualquier tarea o sucesión de tareas. Como se ha dejado ver en el desenvolvimiento del documento, Goldratt lo propone como una regla fija; sin embargo, el valor 0.5 es totalmente arbitrario y, además, el mecanismo es estadísticamente incoherente, ya que al presentarse una actividad o proyecto riesgoso con una distribución sesgada, es decir, que la media, moda y mediana no coinciden en el mismo punto, el tomar el 50% de probabilidad podría convertirse en un completo fracaso para el proyecto

Un análisis similar al del análisis basado en una distribución lognormal se presenta a continuación, basado en la distribución B (aquí hay que recordar que una distribución B, cuando n tiende a infinito se comporta como una distribución normal) utilizada para el PERT:

La media de la distribución se da por (b + a + 4*m) / 6, y

La desviación estándar por (b - a) / 6.

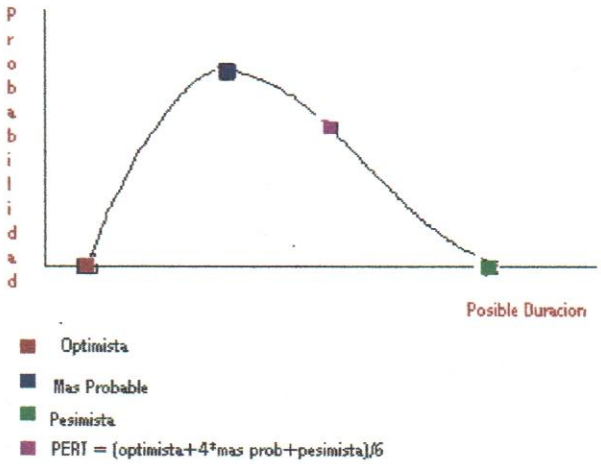
Para una sucesión de tareas T1...Tn, la media de la sucesión es la sumatoria de las medias, y la desviación estándar es dada por la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar.

En este caso el CCPM adquiere valor agregado a través de la estimación utilizada por el PERT. En el PERT, la probabilidad es descrita por la función de B con tres duración estimadas: El optimista (a), el más probable, y el pesimista (b), de hecho, la estimación de *m* es el PERT es una mejor estimación que la M de CCPM, ya que el lugar de la media no siempre coincide con la mediana, por lo que no se hace muy firme el estimado, ya que la mayoría de las estimaciones son muy asimétricas, como se muestra en la siguiente ilustración.

Este planteamiento PERT tiene también otra ventaja por encima de la de Goldratt cuando fija arbitrariamente el margen del 50%, permitiendo a quienes estiman que hagan explícito el margen potencial de error (e indirectamente la desviación estándar estimada), eliminando así la pena asociada por no culminar alguna actividad particular dentro del tiempo estimado. Por ejemplo, un estimador inexperto puede especificar un

mayor margen que alguien que tiene pleno conocimiento de la situación. En todos los casos, se tiene que contar con la persona que lleva a cabo la estimación para proporcionar una valoración sincera sin el falso acolchonamiento (y la honestidad de respetar la estimación como tal)

Distribución ß



Un beneficio adicional es la disponibilidad del "más optimista" estimación que puede ser usada para evaluar la posible fecha más temprana que se puede necesitar o disponer de un recurso para acelerar su desenvolvimiento en una tarea anterior o una sucesión de tareas (Cadena) terminando antes del horario, sin reservar el recurso para una fecha que quizás no se dé. De esta manera, los amortiguadores de recursos del CCPM son bastantes consistentes para hacer uso de ellos.

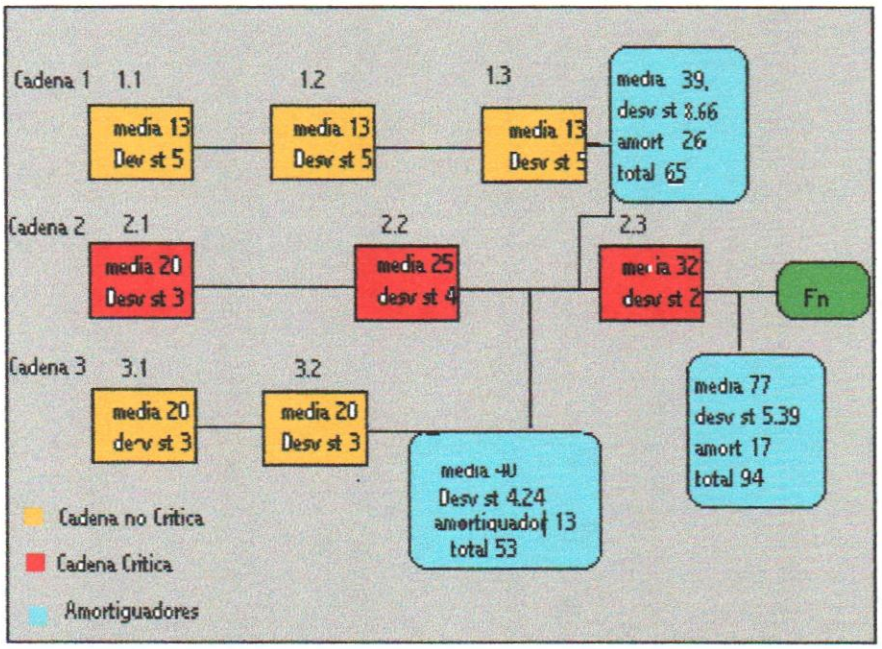
Este planteamiento integrado propone por consiguiente, que se deberían utilizar amortiguadores de seguridad en la construcción del plan de proyectos como propone la

CCPM, es decir, los amortiguadores alimentadores y los amortiguadores de proyectos, y que la estimación de su tamaño sea a través de técnicas estadísticas correctas basadas en unos cálculos de distribución de probabilidad (lognormal, beta, u otras) para proporcionar una máxima y eficaz protección. Los amortiguadores deben ser clasificados según el tamaño de sus desviaciones estándar.

La Cadena Crítica deberá ser protegida ahora eficazmente de los desbordamientos de las tareas de la ruta no critica por los amortiguadores alimentadores, el amortiguador del proyecto puede estimarse igual como los amortiguadores alimentadores, usando sumatorias estadísticas (ver la cadena 2 que es la Cadena Critica en la siguiente ilustración). Las estimaciones de la media y desviación estándar son realizadas con las formulas antes mencionadas.

Diagrama de red basado en la Distribución Beta

ID Tarea	A	B	M	Media Estimada	Desviación Estándar	Predecesor
1.1	6	36	9	13	5	Inicio
1.2	6	36	9	13	5	1.1
1.3	6	36	9	13	5	1.2
2.1	15	33	18	20	3	Inicio
2.2	17	41	23	25	4	2.1
2.3	26	38	32	32	2	1.3,2.2,3.2
3.1	15	33	18	20	3	Inicio
3.2	15	33	18	20	3	3.2



Amortiguadores Vs. Holgura

Otra área de discusión entre CPM y CCPM es la diferencia entre la holgura y el amortiguador. Hay una diferencia fundamental. La holgura es un resultado de las dependencias de las tareas; los amortiguadores son un insumo para la planificación.

En el CPM, la holgura es el tiempo extra de ejecución, adicionada a la duración estimada, que resulta disponible debido a las restricciones o dependencias que hacen imposible empezar ciertas tareas antes de un tiempo determinado. En CCPM, el amortiguador es explícitamente una cantidad de tiempo asignada para absorber la variación estadística de la duración estimada originalmente.

La holgura nunca afecta el horario total del proyecto; sin embargo, para los amortiguadores, un potencial impacto se muestra en la ilustración anterior, donde, para la Cadena 1, la holgura disponible es de menor tamaño del requerido para el amortiguador de seguridad. Esto se ve calculando los tiempos que pasan a lo largo de cada cadena antes del punto donde se unen a la Tarea 2.3: La Cadena 1 tiene una duración media de 39 pero con un amortiguador de 26 (lo que implica un total de duración de 65); la Cadena 2 tiene una duración media de 45, antes de la tarea 2.3 y posee el Camino Crítico, que no tiene ningún alimentador, el amortiguador se asigna en este punto. Aunque el camino crítico está basado en la estimación de duración da la Cadena 2, permite una holgura de 45-39=6 , donde el 45 es el número de días acumulados en la cadena 2 antes de la tarea 2.3; el 39 representa el total de la cadena 1 y el resultado, es decir el 6, representará la holgura, la cual se hace insuficiente en la Cadena 1 para cubrir el amortiguador alimentador necesario, que en este caso es de 26.

Aquí se presentan dos opciones disponibles: (a) empujar hacia fuera las tareas de la Cadena Crítica o (b) reducir el tamaño del amortiguador alimentador de la Cadena 1, quedando inalterado la Cadena Crítica, e incluir el tiempo extra en el amortiguador del proyecto. En cualquier caso, la fecha final esperada es retardada por la misma cantidad de tiempo (20 días).

Supervisión del desenvolvimiento del proyecto

La CCPM recomienda supervisar el estado de los amortiguadores de protección (los amortiguadores alimentadores y el amortiguador del proyecto) y colocando suiches que nos indiquen la necesidad de tomar acciones. En este planteamiento, la prioridad de los

recursos para cualquier tarea de la Cadena Crítica hace necesario incluir un amortiguador correspondiente.

Esta amortiguador basada en su prioridad y colocada en el momento y en el lugar adecuado es un punto a favor de la CCPM, sin embargo, la supervisión de los amortiguadores no nos revela problemas potenciales hasta no haberse consumido una tercera parte del amortiguador, aun cuando se están usando las reservas tempranamente. Por ejemplo, en la ilustración anterior la tarea 1.1 finaliza el día 23, es decir, es decir se sobrepasa por 10 días: En la cadena 1 tendría que "advertir" lo que esta sucediendo; sin embargo, más de un tercio del amortiguador se ha consumido a lo largo de la cadena para advertirlo. En el día 23, entendemos que la Cadena 1 probablemente se dirige a un desbordamiento de tiempo.

Un planteamiento muy efectivo utilizado por el CPM para supervisar el progreso del proyecto es el método de "valor ganado".

Simplemente este método toma en cuenta los costos, esfuerzo, y la situación en la que se encuentra un proyecto en un punto o tiempo determinado, pudiendo tomar previsiones para el desenvolvimiento futuro. Logra convertir el tiempo planificado y el tiempo real en un valor monetario, permitiendo hacer las comparaciones entre lo planeado y lo ejecutado. Estos valores pueden ser utilizados para prever el excederse en tiempo y costo, así como también permite hacer los debidos cálculos para tomar las medidas correctivas. En el ámbito del CPM esto puede ser complejo, pocas personas entienden realmente las medidas y el significado del valor ganado y cómo usarlo en la gerencia de proyectos.

La solución ideal es aplicar el planteamiento de valor ganado del CPM separadamente en cada cadena para prever el estado del correspondiente amortiguador, y usar la previsión del CCPM priorizando las actividades. Esto permitirá prever muy temprano, y por consiguiente planear la acción, en cualquier cadena que haya empezado a trabajar. Además, si la ampliación del amortiguador (AA) se especificó como pequeño en la planificación inicial, entonces el tamaño del amortiguador de previsión (AP) incrementa automáticamente y cualquiera desliz en el horario dentro de la Cadena correspondiente se hará visible rápidamente aumentando su prioridad.

Para poder visualizar mejor lo expuesto anteriormente vamos a volver a la ilustración anterior y hacer algunos supuestos sencillos. La Cadena 1 un valor en días de $1,000. Si en el día 21 la tarea 1.1 a penas se ha terminado, entonces la regla de un tercio no mostrará ninguna causa para preocuparse (ocho días es menos de un tercio de la amplitud del amortiguador AA es de 26 días). Sin embargo:

Valor Ganado (13 días) = $13,000
Valor Presupuestado (21 días) = $21,000
Indicador Del Plan De Trabajo = 13/21
Tiempo Estimado De La Cadena = 39 días * (21/13) = 63 días
Amortiguador De Pronóstico =(63-39)/26=92%.

Como se puede ver, el proyecto está a punto de consumirse todo el margen de seguridad y se requiere urgentemente un análisis de la situación. Así como se sugirió en la discusión de la holgura, el valor de AA se había reducido a 16 días, la regla de un

tercio indicaría un estado de advertencia (se consumió el 50 por ciento del amortiguador) considerando que AP indicaría una situación mucho más seria, con un desbordamiento de la previsión del amortiguador del 50 por ciento.

El debate actual no es si un método es mejor que otro, más aun cuando ambos buscan el mismo resultado, es una pérdida de energía el discutir lo que está claro, pues tanto el CPM como el CCPM proporcionan perspectivas diferentes a problemas importantes, y permiten tener una comprensión más amplia de distintas herramientas que pueden proporcionar estos planteamientos. Existen ventajas cuando se combinan técnicas de cada uno de ellos, y hay que tener en cuenta que la discrecionalidad del gerente de proyectos es quien en último término, determinará cuando aplicar más de una o de la otra metodología.

GERENCIA DE PROYECTOS DE CADENA CRÍTICA (CCPM) Vs. ANÁLISIS DE RIESGO – SIMULACIÓN MONTE CARLO

Para empezar a desarrollar este punto se hará referencia de lo que es el análisis de riesgo haciendo uso de la Simulación de Monte Carlo.

El análisis de decisión es la disciplina para evaluar y tomar decisiones bajo incertidumbre. Esta caracterizado por análisis que tienen tres características claves:

- Juicio o Sentencia sobre incertidumbre, y a menudo análisis de resultados, son expresados como distribuciones de probabilidad.

- La calidad de un resultado es determinada por una función de valor numérico que mide la bondad o progreso hacia el objetivo de la organización.

- El cálculo del valor esperado (VE) comprime la distribución del valor del posible resultado en un solo número. El VE (Esperanza) es el valor medio de la probabilidad pesada o ponderada. Es idéntica a la media estadística.

La política de decisión óptima es escoger la alternativa teniendo el mejor VE (valor esperado). Normalmente esto significa maximizar el valor presente en red de VE o minimizar el costo de valor presente (hay la misma excepción para un cambio de señal). Un modelo del proyecto es usado para estimar la conducta del proyecto como un sistema. La simulación Monte Carlo es tal vez la manera más fácil y útil de entrar en

detalles sobre las incertidumbres. Es un proceso limpio que permite distribuciones para representar estimaciones de tiempo de actividad y otras entradas de incertidumbre (o inciertas).

La simulación resuelve el horario del proyecto, manteniendo distribuciones y VEs (valores Esperados) por actividad tales como el tiempo para culminar y el costo. Hay varios programas disponibles comercialmente que provee las capacidades de Monte Carlo para modelos en Microsoft Excel y varias herramientas de planificación de proyectos.

El beneficio analítico clave de simulación es que el resultado es una estimación más exacta. Gerentes de Proyectos han reconocido que la incertidumbre en los caminos de las actividades produce proyectos más largos. Esto es porque es el último tiempo de realización del predecesor que maneja el comienzo de la próxima actividad. En los modelos estocásticos (probabilístico) de proyecto, esto se llama a menudo combinar sesgo.

Contrariamente a la creencia popular, el tiempo de realización de actividad no produce una distribución normal. Desdichadamente, para las personas que hacen los cálculos, los proyectos más reales tienen muchas correlaciones. Por ejemplo, a menudo, cuando las cosas empiezan a salir mal, los problemas afectan muchas actividades y aumentan tiempo de ejecución.

Con el modelo de simulación el gerente de proyecto puede estimar elementos tales como:

- El Índice de Criticidad que es la probabilidad de que una actividad se convierta en crítica.
- La distribución del tiempo de terminación del proyecto o cualquier sucesión de los hitos de actividades.
- La distribución del costo del proyecto o, mejor, el valor del proyecto al cliente. Se pueden ejecutar análisis de costo / beneficio para cada cliente, mitigando el riesgo del proyecto.

Tradicionalmente, el programa de planificación de proyectos empieza las actividades tan pronto como sea posible. El objetivo es minimizar los posibles retrasos de tiempo que se pueden producir por los excesos de tiempo consumidos por la mayoría de actividades del camino no crítico.

Comparación de los dos Métodos

La CCPM como el CPM tienen un enfoque determinístico, mientras que la simulación de Monte Carlo maneja las prioridades y el riesgo con el índice de criticidad y el cálculo de distribuciones, sin embargo ambas reducen o eliminan el despilfarro de tiempo producido por las multitares. Los cambios de planes en la CCPM se evitan a un máximo exceptuando en los amortiguadores, en cambio la simulación de Monte Carlo actualiza el plan y hace el proyecto más dinámico, pero ambos reconocen las restricciones de recursos.

El comienzo de las actividades bajo el esquema de CCPM debe ser tan tarde como sea posible, cubriendo el remanente de tiempo con el amortiguador del proyecto, en la simulación de Monte Carlo la tarea se inicia tan temprano como sea posible. Además, la Cadena Crítica se basa en cálculos determinísticos, es decir aporta valores únicos y basa su trabajo en un plan predeterminado, muy por el contrario Monte Carlo realiza cálculos estocásticos, es decir con distribución de probabilidades y los trabajos son ejecutados bajo el supuesto de posibilidades.

Combinación de ambos métodos

A continuación se presenta una propuesta realizada por John Schuyler (2000) para sacar el mejor provecho de ambas metodologías:

- Desarrolle la estructura de desagregada de trabajo (WBS) y el diagrama de red de las actividad de manera usual.

- Obtenga los juicios de calidad sobre los tiempos de culminación de las actividades y requisitos de recurso, normalmente entrevistando a los mejores expertos disponibles. Estos juicios deben expresarse como distribuciones de probabilidad. Una buena manera de obtener una mejor representación y una estimación más realista es separando contingencias importantes (distribución de probabilidad y de impacto, si ocurre la contingencia).

- Aprender es esencial para mejorar juicios futuros. Un gráfico de resultados reales contra las estimaciones es una excelente herramienta de retroalimentación. Deben

usarse posteriores evaluaciones de una manera no - punitiva. Una cultura de confianza y objetividad es esencial para obtener estimaciones de calidad y para otras facetas humanas de la gerencia del proyecto eficaz. El gerente de actividad mantiene las entradas ejemplares en el tiempo para completar la actividad. Esta función, y el costo de la actividad, pueden incorporar dependencias para las salidas tardías y otras condiciones dinámicas.

- Desarrollar un modelo de proyecto estocástico. Esto se debe mantener permanentemente a lo largo del ciclo de vida de proyecto. Cuando los recursos disponibles permiten acortar el plan del proyecto, para dirigir más actividades en paralelo (siendo cuidadoso de reconocer la fuente de conflictos y las multitareas ineficaces). Los tiempos de arranque para las actividades con índices bajos de criticidad, deben ser fijadas o planificadas para optimizar el valor del proyecto. Los modelos de simulación muestran que el retardo en el comienzo de las actividades no críticas reduce la multitareas, la inversión prematura, y el re-trabajo debido a los cambios.

El modelo estocástico de proyectos es el núcleo de la gerencia eficaz de riesgo. Los Cambios al modelo del proyecto en el nivel superior pueden ser necesarios en casos extremos. En situaciones complejas de recursos compartidos, necesitamos extender el alcance del modelo estocástico para incorporar proyectos múltiples.

- Provee líderes de actividad con acceso conveniente al modelo del proyecto. El gerente del proyecto debe estar involucrado en la supervisión de actividades en curso (los esfuerzos dedicados al posible alcance; informando realización temprana)

y alertando a los grupos de trabajo para que se preparen para realizar trabajos en actividades de aproximación critica (o casi crítica).

Beneficios del modelo estocástico

El modelado de contingencias mayores proporciona a los gerentes de actividad información sobre elementos tales como:

- Pronósticos de cuando se completan todas las actividades predecesoras
- Probabilidad de que la actividad estará en el camino crítico (índice de criticidad)
- Tiempo para completar la actividad, juzgado por el líder de la actividad o el mejor experto disponible. En algunos casos, es útil construir un sub-modelo de la actividad que detalla las contingencias mayores.
- Un gráfico de la proyección del costo de valor esperado contra el tiempo de completación de una actividad particular.
- Un gráfico u otros medios que comparan variables de decisión con costos del proyecto.

Los equipos del proyecto deben ser flexibles. Un proyecto es un sistema dinámico, y los gerentes de los mejores proyectos y actividad deben estar alertas y sensibles a los

cambios, cuando ellos ocurren. Regularmente examina donde podrían asignarse mejor los recursos.

La dirección eficiente de un especializado y motivado equipo es de importancia superior para un proyecto exitoso. Sin embargo, personas experimentadas son pobres en los procesos de planificación complejos sin la ayuda de herramientas cuantitativas. Las metodologías descritas aquí pueden ser muy útiles en el fortalecimiento del juicio humano en lo que al ámbito de proyectos se refiere.

Éste es un tiempo de abundancia en la gerencia de proyectos. El cuerpo de conocimientos sobre el manejo de proyectos ha cambiado drásticamente en los últimos 20 años. El software económico y el poder de cálculo actual habilitan el modelado de proyectos como nunca antes. Tenemos los medios a la mano para mejorar productividad en la ejecución de los proyectos.

CONCLUSIONES

Los proyectos han cobrado un auge de gran importancia en las organizaciones de cualquier índole. Este auge a sido impulsado, en gran medida, por un fenómeno económico que se ha colado en todo el mundo como lo es la globalización.

Los proyectos como respuesta a la necesidad de cambio constante en las organizaciones, no están exentos de fallas como las de sobretiempo, sobrecosto, y la falta de calidad.

Estos eventos hicieron necesario el desarrollo de líneas de pensamiento que aportaran soluciones a los problemas que venían presentando los proyectos. Así se desarrollaron las técnicas del Critical Path Method (CPM) y de Project Evaluation Review Technique (PERT), siendo los avances más significativos y más difundidos recientemente para la aplicación en el área de proyectos las técnicas de simulación o modelos de simulación de Montecarlo, donde se conoce de antemano alguna distribución de probabilidades para los eventos a estudiar.

En los 90´s el Dr. Goldratt desarrolla una metodología basada en la Teoría de Restricciones (TOC) para ser aplicada en la Gerencia de Proyectos y la que denomina "La Cadena Crítica". Esta metodología busca reducir el tiempo de ejecución de los proyectos a través de la sinceración de la estimación de horarios en las actividades que componen los proyectos, y el uso de la gerencia de Buffers o amortiguadores.

La Cadena Critica ha creado un revuelto en el mundo de la gerencia de proyectos, de donde se han desprendidos diferentes puntos de vista, los cuales la apoyan totalmente o la juzgan como poco realista. Sin embargo, después de haber realizado un estudio sobre esta metodología y conociendo ya los planteamientos del PERT/CPM y la Simulación de Monte Carlo se pueden enumerar algunas deficiencias de la Cadena Crítica, por supuesto sin dejar de nombrar sus virtudes.

Dentro de las principales críticas al método se encuentra su debilidad en los supuestos estadísticos.

El recortar la duración de las actividades a un 50% de su tiempo de realización parece arbitrario y es de muy difícil aceptación por parte de los involucrados, tratándose especialmente de contratistas con intereses distintos y con probablemente otros proyectos o prioridades en el corto plazo, para ellos un plan de incentivos sea lo más adecuado, lo que repercute en los costos del proyecto y esto constituye otras de las áreas donde no existe una clara explicación.

Los beneficios de una fecha con una conocida probabilidad de terminación deben ser iguales o superiores a los costos que conllevan los planes de incentivo a los contratistas, sin embargo, esto abre una importante brecha para la discusión de cómo evaluar la relación desempeño vs. costos.

No se hace ninguna consideración acerca de la calidad que se obtiene al forzar a las actividades a realizarlas en la mitad del tiempo previsto ni la verdadera posibilidad de reducir todas las actividades a un tiempo con un 50% de probabilidad.

No se contempla la posibilidad de los incentivos dentro del método de la cadena crítica y las posibles limitantes que esto involucra cuando es el Estado o cualquier ente gubernamental el que contrata, ante la imposibilidad por la Ley de Licitación y su reglamento que impiden planes de incentivo o reconocimientos adicionales para los contratistas.

La ambigüedad esta presente en los métodos sobre como determinar si existe un verdadero retraso o cuándo este puede ocurrir., siendo el desarrollo para este campo propuesto por otros autores distintos al Dr. Goldratt, privando la concepción de utilizar el símil de un semáforo y no brindando soluciones concluyentes y especificas de las razones para su uso en las distintas alternativas, o si obedece al uso como mejor práctica.

La consideración de estas fallas en la metodología no la hace inútil, más por el contrario, la gerencia de los amortiguadores pueden aportar gran ayuda en la planificación de los proyectos.

Lo que se debe considerar no es si la Cadena Crítica es mejor o peor que las metodologías tradicionales, es una pérdida de energía el discutir lo que está claro, pues tanto el PERT/CPM como el CCPM proporcionan perspectivas diferentes a problemas importantes, y permiten tener una comprensión más amplia de distintas herramientas que pueden proporcionar estos planteamientos. Existen ventajas cuando se combinan técnicas de cada uno de ellos, y hay que tener en cuenta que la discrecionalidad y buen

juicio del gerente de proyectos es quien en último término, determinará cuando aplicar más de una o de la otra metodología.

Por otra parte, los equipos del proyecto deben ser flexibles. Un proyecto es un sistema dinámico, y los gerentes de los mejores proyectos y actividad deben estar alertas y sensibles a los cambios, cuando ellos ocurren. Regularmente examina donde podrían asignarse mejor los recursos.

La dirección eficiente de un especializado y motivado equipo es de importancia superior para un proyecto exitoso. Sin embargo, personas experimentadas son pobres en los procesos de planificación complejos sin la ayuda de herramientas cuantitativas, por lo que se recomienda no perder de vista la necesidad de hacer uso de tales herramientas, como es el caso de la Simulación de Monte Carlo.

Éste es un tiempo de abundancia en la gerencia de proyectos. El cuerpo de conocimientos sobre el manejo de proyectos ha cambiado drásticamente en los últimos 20 años. El software económico y el poder de cálculo actual habilitan el modelado de proyectos como nunca antes. Tenemos los medios a la mano para mejorar productividad en la ejecución de los proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- BRICEÑO; PAEZ; RAVELO — Apuntes de Planificación y Control de Proyectos. S/E. Caracas. Septiembre 2000
- GOLDRATT, Eliyahu M. — Cadena Crítica. Ediciones Castillo. México 2000
- KERZNER, Harold — Project Management. John Wiley & Sons, Inc. New York 2000
- NEWBOLD, Robert C. — Proyect Management in the Fast Lane. Applying the Theory of Contrainnts. The St. Luise Press. New York 1998
- PALACIOS, Luis Enrique — Principios esenciales para realizar Proyectos. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas 1999
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE — A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Pennsylvnia 2000
- SCHUYLER,John — Risk and Decision Analysis in Projects. New York 2001

RESUMEN EJECUTIVO

Las medidas de éxito para un gerente de proyecto son muy sencillas: lograr la satisfacción del cliente finalizando el proyecto en el tiempo esperado y dentro del presupuesto inicialmente previsto, por su puesto, sin perder de vista la calidad del mismo. Pero en la práctica, los problemas a los que se enfrenta el gerente de proyectos cuando intenta cumplir estos requisitos son todo menos sencillos. De hecho mucho de estos problemas se han llegado a ver como inevitables, aceptándose como parte de la realidad de los proyectos. Durante años se han buscado soluciones puntuales a estos contratiempos en los proyectos, pero su eficacia es sin dudad un poco dudosa, puesto que los problemas continuaban repitiéndose pese a las metodologías desarrollas para la dirección de proyectos.

Los conceptos de gerencia de proyecto tradicionales fueron los mismo desde hace treinta años. Si se observa el ímpetu desarrollado en los años cincuenta, se encuentra que los primeros estudios denotaron que para la sección de proyectos de la Defensa, el costo y sobre tiempo eran a menudo de dos a tres veces las estimaciones iniciales y esas duraciones del proyecto, frecuentemente eran de 40% a 50% mayores que las estimaciones originales. Los estudios similares a proyectos comerciales denotaron que el costo y duración estaban por encima entre un 70% y 40% respectivamente. La Gerencia del proyecto basada en la Cadena Crítica se introdujo como una solución para estos problemas, con una meta de entregar proyectos dentro del costo original y estimaciones iniciales de tiempo. Hoy, la gerencia de proyecto basada en Cadena Crítica es una industria significante. La disciplina se usa a lo largo del mundo basado en técnicas definidas en los últimos cincuenta años.

La Cadena Critica, desarrollada bajo los fundamentos de la Teoría de Restricciones, esta basada por un lado, en lo humano y por otro lado en la metodología de algoritmos de gerencia de proyectos unificada en una disciplina. La gerencia de proyecto de Cadena Crítica completa proyectos en tiempo significativamente más corto que los conseguidos con las técnicas tradicionales, también es más simple al uso y requiere menos trabajo para el equipo del proyecto en la planificación y control de sus fases.

El Método de la Cadena Crítica aporta una alternativa que toma en consideración los fenómenos presentes en los proyectos y que alargan su tiempo de terminación, como son el Síndrome del Estudiante, la ley de Murphy, la ley de Parkison, las multitareas y ninguna terminación temprana.

El Dr Goldratt, autor de esta metodología, busca demostrar que existe un margen de seguridad en el tiempo estimado dentro de cada actividad que debe ser acotado, ya que rompe con la visión tradicional de que los tiempos de las actividades son variables determinísticas sino variables aleatorias que se comportan con una distribución Lognormal con excesiva contingencia, es decir con una cola muy alargada que retrasa la ejecución a tiempo de los proyectos.

El método plantea determinar el tiempo de realización sin contingencias y su posible varianza o variabilidad para cada actividad, en el caso de proyectos será una variable normal que tendrá una media igual a la suma de los estimados y una varianza igual a la suma de las varianzas, la distribución normal tiene entre sus características que la media, moda y la mediana están en el punto medio de la distribución y como consecuencia, el valor de la media, será aquel valor que tenga una probabilidad del 50% de cumplirse o no cumplirse, mientras que la desviación será la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de las actividades o la varianza del proyecto

La diferencia con las metodologías tradicionales radica en que el tiempo estimado para la realización de la actividad viene dado por el tiempo sin contingencia, mientras que el tiempo considerando la contingencia se asegura una probabilidad del 95% de cumplimiento, el tiempo de contingencia para cada actividad es considerada su desviación típica, la suma de las varianzas de todas las actividades de la cadena critica formaran la varianza total del proyecto y su raíz cuadrada, es lo que el Dr. Goldratt denomino como Buffer o amortiguador para el proyecto, o bien es la desviación estándar del proyecto.

El Buffer o amortiguador es una medida de tiempo que pretende proteger a los recursos con capacidad limitada de la variabilidad en la duración de los procesos de producción, o desempeño de proyectos, asegurando que los insumos necesarios a utilizar en los recursos con capacidad limitada estén a tiempo de forma de que no exista una carencia, o por el contrario una saturación de trabajo con la consecuencia de una gran cantidad de productos en proceso o una gran cantidad de actividades inconclusas.

Esta metodología crea gran polémica entre los estudiosos de la gerencia de proyectos, querían a toda costa contradecirla o apoyarla de una manera incondicional, sin embargo, las prácticas tradicionales de planificación y control de proyectos como son el Método de Camino Critico (CPM) y el Método de Revisión y Evaluación de Proyectos (PERT) no han perdido vigencia, es más, sabiendo aprovechar lo mejor de estas metodologías se pudiesen gerenciar los proyectos de una forma más eficaz.

Por otra parte, el riesgo en los proyectos cobra cada día mayor importancia, la necesidad de dedicarle tiempo a gerenciarlo es casi un requisito indispensable en el manejo de proyectos. Es de considerar que las nuevas técnicas desarrolladas de análisis del riesgo y la Simulación de Monte Carlo deberán estar de la mano de cualquier metodología que pretenda mejorar el desenvolvimiento de los proyectos.

El debate actual no es si un método es mejor que otro, más aun cuando ambos buscan el mismo resultado, es una pérdida de energía el discutir lo que está claro, pues tanto el CPM como el CCPM proporcionan perspectivas diferentes a problemas importantes, y permiten tener una comprensión más amplia de distintas herramientas que pueden proporcionar estos planteamientos. Existen ventajas cuando se combinan técnicas de cada uno de ellos, y hay que

tener en cuenta que la discrecionalidad del gerente de proyectos es quien en último término, determinará cuando aplicar más de una o de la otra metodología.

Los equipos del proyecto deben ser flexibles. Un proyecto es un sistema dinámico, y los gerentes de los mejores proyectos y actividad deben estar alertas y sensibles a los cambios, cuando ellos ocurren. Regularmente examina donde podrían asignarse mejor los recursos.

La dirección eficiente de un especializado y motivado equipo es de importancia superior para un proyecto exitoso. Sin embargo, personas experimentadas son pobres en los procesos de planificación complejos sin la ayuda de herramientas cuantitativas. Las metodologías descritas aquí pueden ser muy útiles en el fortalecimiento del juicio humano en lo que al ámbito de proyectos se refiere.

Éste es un tiempo de abundancia en la gerencia de proyectos. El cuerpo de conocimientos sobre el manejo de proyectos ha cambiado drásticamente en los últimos 20 años. El software económico y el poder de cálculo actual habilitan el modelado de proyectos como nunca antes. Tenemos los medios a la mano para mejorar la productividad en la ejecución de los proyectos.