

# **TOC & TOOLS como Estrategias de Alto Desempeño en los Turnaround – Shutdowns Maintenance**

Dr. Luis Amendola  
Ing. MSc. Tibaire Depool  
PMM Institute for Learning España  
Universidad Politécnica de Valencia España  
Departamento de Proyectos de Ingeniería

## **RESUMEN**

La aplicación de estrategias apoyadas con herramientas de **TOC “Teoría de la Restricción”** representa una nueva forma de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta. Lo que significa una constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la confiabilidad, la disponibilidad y la vida útil de plantas y equipos industriales, basándose en un control efectivo de la **confiabilidad** desde la etapa del diseño.

El objetivo de este artículo es demostrar que es efectiva la integración de modelos del ciclo de vida del proyecto con una metodología para la gestión de proyectos de paradas de plantas industriales. En este sentido, esta combinación se plantea entre **TOC - Teoría de la Restricción + Tools (Herramientas: “Técnicas en la planificación, programación y ejecución de paradas de planta”)**. El hecho de, planificar y programar los trabajos de proyectos de paradas de planta a grandes volúmenes de equipos e instalaciones, ha visto en la aplicación de **TOC + Confiabilidad + Project Management** una oportunidad de constantes mejoras y la posibilidad de plasmar procedimientos cada día más complejos e interdependientes.

La mayoría de los responsables de las paradas de planta que escuchan que el **Camino Crítico es Malo** si se aplica a las Paradas de Planta, piensan que mis maestros y colegas directores de proyectos de paradas de planta hemos perdido el juicio. Otros pueden pensar que por fin alguien ha recobrado el sentido. Algún que otro grupo puede que no esté seguro.

Si tu formas parte del primer grupo que piensa que el **CPM** (Critical Path Method/Método del Camino Crítico) ha sido una auténtica ayuda en la lucha por conseguir tiempos más cortos y previsibles en las Paradas de Planta, tú podrías citar varios ejemplos de cómo, aplicando el Método de Camino Crítico con una herramienta informática específica, no sólo se han reducido los tiempos de mantenimiento, sino también el número de paradas que han acabado a tiempo durante años. Esto ha conllevado a que el CPM se haya convertido en una herramienta más para el desarrollo de la estrategia de las Paradas de Planta.

Por otro lado, quizás si se hubiera desarrollado un exhaustivo estudio encontraríamos que la ejecución de las paradas de plantas podrían mejorar drásticamente y seguir un perfil adecuado utilizando **TOC “Método de la Cadena Crítica”**. La experiencia propia en paradas de plantas en petróleo, gas, petroquímica, cementeras, generación eléctrica y

minería, y considerando las recomendaciones de otros especialistas han resultado muy beneficiosas para las corporaciones que han implementado estas prácticas.

## 1. MÉTODO DE CADENA CRÍTICA VS. MÉTODO DE CAMINO CRÍTICO

Es común que confundan los métodos de **CPM** (Critical Path Method) y **CCPM** (Critical Chain Project Management), pero su enfoque para la gestión de proyectos es muy diferente. El primero se basa en la gestión tradicional de los proyectos y el segundo considera los aspectos humanos inherentes al planificar, programar y ejecutar los proyectos.

La diferencia entre ambos puede apreciarse al comparar los siguientes aspectos a considerar en la gestión de proyectos: Duración de las tareas, el margen de tiempo de seguridad de las tareas, enfoque de todo el esfuerzo del proyecto al objetivo principal, gestión de los recursos críticos, gestión del “Multitasking”, gestión de la incertidumbre considerando el factor humano y su comportamiento, adaptabilidad ante cambios de condición. Esta comparación es mostrada en la tabla 1.

**Tabla 1. CPM vs CCPM y Beneficios**

<b>CPM</b>	<b>CCPM</b>	<b>Beneficios obtenidos de CCPM</b>
Las duraciones de las tareas están programadas considerando el peor escenario.	Las duraciones de las tareas son programadas considerando el promedio de su tiempo de ejecución.	Las duraciones de las tareas no contemplan el margen de seguridad de forma individual; ya que este será agregado al final del camino crítico; es decir, al final del proyecto. Riesgo, estrés y esfuerzo son compartidos equitativamente sobre todos los recursos y tareas. La duración de los proyectos es minimizada y las personas pueden ejecutar las tareas de forma más rápida y con menos estrés. Las jerarquías inefectivas entran en desuso.
A cada tarea se le asigna un margen de tiempo de seguridad.	Se protege la culminación del proyecto definiendo buffers (el tiempo es un recurso más)	El margen de seguridad no se le asigna de forma individual ni a tareas, ni a personas. Sino que a través de los buffers, este tiempo puede ser compartido por todos. El margen de seguridad es conservado y usado de forma más racional en todo el proyecto. Esto es enfocado a la satisfacción del cliente; ya que los proyectos se ejecutarían a tiempo.
Énfasis en el progreso de las tareas.	Énfasis en el progreso del proyecto.	La Micro gestión y administración es evitada. Todos están enfocados en el objetivo principal del proyecto.
La programación de las tareas es definida como ASAP (As Soon As Possible)	La programación de las tareas es definida de acuerdo a su necesidad de comenzar.	Los recursos críticos y limitados no están conectados a las tareas no críticas, lo cual bloquea y retrasa la ejecución o avance de las actividades realmente críticas. Los recursos “cuello de botella” son usados basados en la prioridad, no en “first come, first serve”
El comienzo y final de las tareas son programadas por intervalos de tiempo (horas/días).	El inicio de las tareas se ejecuta tan pronto su predecesor ha finalizado. Por lo cual las tareas se deben finalizar tan rápido como se pueda.	El proyecto es gestionado y dirigido como una carrera de relevo. Las personas se concentran más en conseguir los objetivos y los proyectos se ejecutan más rápido y con menos costes.



## **Beneficios que se obtienen con el Método de Cadena Crítica**

La dirección y gestión de proyectos por Cadena Crítica brinda los siguientes beneficios principales a la organización:

- Los proyectos se completan más rápido.
- Mejora la moral y la efectividad del personal involucrado en el proyecto ya que se estará operando en un ambiente que se encuentra cómodo con la incertidumbre y donde se evita la "micro gestión" individual.
- Los gerentes de proyectos, los gerentes de recursos y los ejecutivos de la empresa disponen de un método simple, altamente efectivo, de nivel macro, para evaluar la performance de los proyectos y tomar decisiones de recursos mediante la administración de los "buffers".
- Los ejecutivos tendrán una herramienta efectiva para tomar decisiones sobre los proyectos, basados en las prioridades de los mismos y en la capacidad de la organización, aprovechando las capacidades del sistema para sincronizar los proyectos.
- Para lograr los beneficios mencionados, se necesita establecer un ambiente de proyectos total, que integre tanto los elementos de comportamiento humano, como los métodos, en una unidad operativa efectiva.

## **2. APLICACIÓN METODOLÓGICA DE CADENA CRÍTICA**

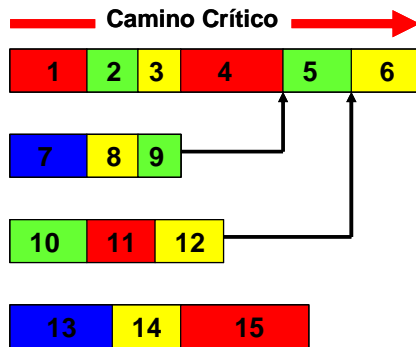
Después de haber explicado la metodología de Cadena Crítica, teniendo en cuenta que se puede aplicar a todo tipo de proyectos, para nuestro caso es la gestión de las Paradas de Planta.

Problemas de cierta importancia son causados por alguna de las suposiciones básicas que están detrás del Método del Camino Crítico. Esos problemas incluyen tiempos de parada más largos de los que necesita la empresa, rutas críticas imprecisas, ausencia de objetivos, planificaciones que se reducen a hacer una lista, sobrecostos y otros.

Una solución muy acertada en otros proyectos relacionados, como pueden ser revisiones importantes de los sistemas dinámicos, estáticos, eléctricos y de instrumentación, nuevas construcción de plantas de proceso, sistemas de desarrollo de tecnología de la información, y desarrollo de nuevos productos, son brevemente descritos.

### **Falta de objetivos y prioridades**

Uno de los beneficios más importantes de comprender porqué el trabajo integrado en el Camino Crítico es la focalización de la organización en lo más importante. El trabajo ubicado en la ruta crítica tiene una prioridad más alta de aquellas otras actividades que no se encuentran en la ruta crítica. Por ejemplo, al principio de la Parada, la actividad 1 tiene una prioridad más alta que las actividades 7, 10 ó 13 de la figura 1.



**Figura 1. Ruta crítica**

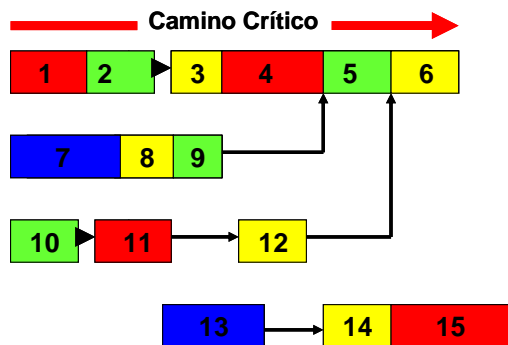
Se supone que el objetivo de la ruta crítica, es proveer de ayuda a varios recursos que trabajan en la Parada de Planta, coordinando lo mejor posible sus esfuerzos. Este objetivo también es necesario para minimizar la duración de una Parada de Planta, de tal forma que se minimice el coste de las pérdidas que puede sufrir la planta.

Las Paradas de Planta no tienen el lujo de trabajar con el programa mostrado en la figura 1. En esta figura se presume que se dispone de recursos humanos ilimitados que pueden contratarse en un momento determinado.

Los recursos humanos para trabajar en grandes Paradas de Planta, requieren normalmente utilizar recursos externos. Siempre hay presiones para reducir la cantidad de recursos externos. Esta presión existe porque:

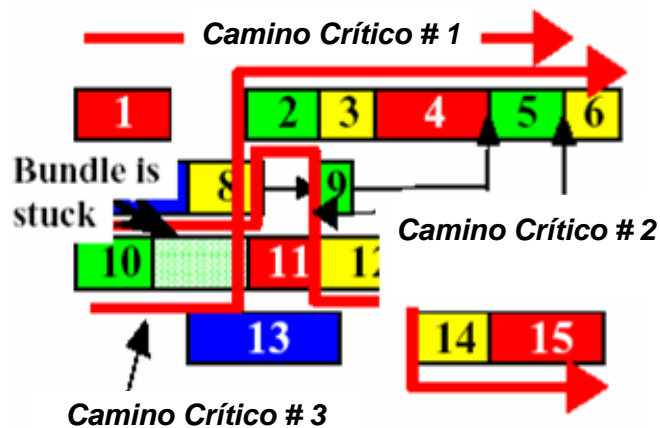
- Los recursos disponibles puede ser escasos en relación con el número necesitado.
- Los recursos externos pueden costar más que los recursos internos.
- La calidad de los trabajos y la seguridad sufren cuantos más recursos se introducen en un área donde los equipos e instalaciones no le son familiares.
- Dotar a la Parada de todos los recursos necesarios puntuales puede causar un exceso de los mismos durante otros períodos que incurrirían en un coste adicional, mientras llega ese trabajo que justifique esos medios.

Por esto, el equilibrado de los recursos se usa para minimizar el número de personas que trabajan en la Parada de Planta. El programa resultante se parece más al de la figura 2.



**Figura 2. Equilibrando recursos**

Lo que se hace en una Parada de Planta es particularmente difícil de gestionar y existe un alto grado de incertidumbre. Todos nosotros tenemos historias que contar sobre grupos de tuberías que se llevaría horas movilizarlas, llegando incluso hasta dos o más días. ¿Qué clase de problema se le presentan además al responsable, sin contar que le retrasarán todos los trabajos que dependen de la terminación del montaje de las tuberías? (ver figura 2). Además, digamos que la tarea 10 consiste en movilizar las tuberías y que toma más tiempo del planificado en la figura 3. ¿Qué trabajo está en la Ruta Crítica? ¿Son los trabajos situados a lo largo de la Ruta Crítica #1, #2 y #3? ¿Qué sucede cuando todos los trabajos están considerados como de alta prioridad? **¿Es bueno o MALO?**



**Figura 3. Prioridades nada claras**

Los planificadores de las Paradas de Planta obtienen muchas facilidades de las características del software especializado, que le ayuda a programar parte de las actividades cuando el tiempo lo permite, rellena los tiempos cuando los recursos están disponibles pero no tienen suficiente tiempo para ejecutar la tarea completa, puede también causar esto el problema. Esta característica puede provocar retrasos importantes, lo que significa que pequeños atrasos puedan rápidamente iniciar el retraso en toda la ruta crítica.

El alto grado de incertidumbre ha sido de algún modo minimizado en los últimos años poniendo mucho énfasis en una detallada planificación. Este énfasis en la planificación, se ha asociado con la facilidad existente de introducir los datos en el software específico, dando como resultado final una Parada de Planta con una planificación de miles de actividades. Esta planificación detallada se concreta con la existencia en la Parada de Planta de muchas tareas que tienen una cantidad similar (normalmente pequeña) de tiempos muertos flotantes. El efecto neto es similar al mostrado en la figura 3.

La figura 3. todavía no nos dice toda la historia, ya que simplemente muestra una foto de un período concreto. Tomando fotos similares de diferentes períodos, veríamos que el trabajo a lo largo de la ruta crítica #1 es más importante. Después podríamos comprobar que el trabajo a lo largo de la ruta crítica #3 también es más importante. Estas rutas críticas imprecisas lanzan el siguiente mensaje a la organización. **“Lo que era prioritario**

***ayer no es importante hoy***” para decir un par de días más tarde, ***“El trabajo que dijimos que no era importante, un par de días después, es crítico”***. ***¿Esto es Bueno ó MALO?***

### **Los datos pueden ser engañosos**

Los pensadores críticos señalarían rápidamente que los datos existentes de las experiencias anteriores no mostrarán las amplias variaciones en las duraciones de las actividades durante una parada de planta. Por el contrario, frecuentemente los datos señalan que los tiempos de las actividades actuales se sitúan en un rango muy estrecho. Ésto ocurre debido a lo establecido anteriormente, nosotros añadimos tiempo ***“llamado de contingencia o seguridad”*** y entonces es utilizado haciendo alguna otra cosa de la que se ha especificado. Por ejemplo, nosotros estimamos que podemos fácilmente poner a punto una bomba en 8 horas, si todo marcha bien. Sin embargo, nosotros sabemos (consciente o inconscientemente) que las cosas no marchan bien en medio de una Parada. Por ésto, consideramos una estimación de 16 horas. La tarea está lista para ser ejecutada, y el trabajo se “empieza”.

Entre las Leyes de Parkinson, Síndrome del Estudiante, otros tiempos muertos y serios problemas, impiden que se comience enseguida. La incertidumbre (Leyes de Murphy) golpea una vez más y el trabajo que se ha empezado en serio y antes de que nos demos cuenta, se ha llevado 15 horas 27 minutos, confirmando que verdaderamente era una tarea de 16 horas. Este escenario se repite en varias Paradas y mucho antes, nosotros disponíamos de un análisis estadístico que nos dice que la tarea era de 16 horas. Ninguno, incluyendo los controladores de los trabajos que empiezan su planificación con 16 horas en mente, mejor que con 8, estableciendo una mejor confirmación a las 16 horas de la actividad. ***¿Qué es más importante, acabar la tarea de manera que sólo exista una pequeña desviación, o finalizar la Parada tan pronto como nos sea posible?***

Los datos también reflejan hipótesis y resultados antiguos que no necesariamente predicen futuros resultados. Por ejemplo, una empresa ha sido contratada para hacer una revisión general de un compresor en varias paradas. En el trabajo han mostrado un comportamiento muy experimentado y conocen los compresores como la palma de su mano. El resultado es que ellos llevaron siempre la iniciativa y la tarea se terminó a tiempo y con buena calidad. Basados en resultados anteriores, aparecería que la duración necesitada para completar el trabajo fue muy predecible. Desafortunadamente, esta ejecución experimentada no es permisible en una Parada de Planta y un joven ingeniero mecánico fue enviado a dirigir la puesta a punto. Él haciendo uso del manual, hizo que repetidamente las piezas de la máquina llegaran separadas. El trabajo llevó mucho más tiempo de lo normal y la calidad del trabajo disminuyó.

### **3. SOLUCIÓN CULTURAL**

Existen dos respuestas típicas en lo planteado en este artículo, como algo nuevo: ***“Yo no estoy seguro de comprenderlo”***, o, ***“Yo nunca conseguiré que algún grupo o individuos puedan seguir adelante con ésto”***. Ambos estados reflejan lo que es obvio, hacer mejoras importantes como puede ser la implementación del Método de Cadena Crítica, requiere llegar más lejos que trabajar con ahínco en las redes de un proyecto

existente dentro de un nuevo software. Se requiere desarrollar un cambio en la forma en que nosotros ejecutamos nuestro trabajo.

El primer estado **“Yo no estoy seguro de comprenderlo”**, señala la dificultad existente para leer este artículo y de asimilar lo suficiente para cambiar el trabajo. Un procedimiento para cambiar es garantizar que:

1. La comprensión completa de las causas raíz de los problemas importantes que él/ella están experimentando.
2. Estar de acuerdo que hay una solución para cada causa raíz.
3. Comprender como se soluciona completamente los problemas importantes.
4. Participar en la particularización de la solución para fijar su ambiente.
5. Observar los caminos prácticos que generalmente obstaculizan la implementación.

#### **4. MEJORES PRÁCTICAS**

La aplicación de **TOC + Estrategia de Confiabilidad Operacional** en la gestión de paradas de planta, tiene por objeto optimizar el alcance de mantenimiento, lo cual representa ahorros sustanciales. El beneficio que se obtiene al eliminar la subjetividad e incertidumbre que acompaña a la mayoría de las decisiones que se deben tomar; y que normalmente se traduce en cantidades de obra sobrestimada, se maximiza al aplicar técnicas y herramientas que permiten identificar las causas raíz de los problemas, la probabilidad de ocurrencia de los mismos y las consecuencias tanto operacionales como de seguridad. En otras palabras, se tiene un conocimiento del riesgo asociado a cada decisión y se acepta el mismo o se busca mejorar con la acción de mantenimiento propuesta en la etapa de confiabilidad de planta.

Las limitaciones constantes en los flujos de caja de las empresas, obligan a justificar; desde una base económica cada trabajo que se plantee realizar durante una parada de planta, en tal sentido, es importante asegurar que cualquier proyecto que se pretenda ejecutar durante la parada, genere ganancias que deben ser rentables en comparación a la inversión a realizar. Así mismo, esta inversión deberá considerar las pérdidas de oportunidad ocasionadas por el tiempo adicional de ejecución asociado. En otras palabras, si la rentabilidad del proyecto es buena, ésta deberá ser suficiente para cubrir estos costes y, por lo tanto, la actividad propuesta puede ser ejecutada.

Debemos difundir el desarrollo de esta estrategia, ya que utilizándola estamos en capacidad de ejecutar los paros programados de instalaciones, ejecución de proyectos, mantenimientos mayores y menores en instalaciones que no requieran paros de planta, con el mínimo impacto en plazo, coste, riesgo y calidad. Concientizar, internalizar y aplicar las técnicas y herramientas (TOC & TOOLS) para la búsqueda de las mejores prácticas del **Mantenimiento Clase Mundial** a los procesos de trabajo.

Debemos orientar la búsqueda de nuevas formas y procesos que agilicen la ejecución del mantenimiento al menor coste, con mayor productividad y alineado siempre con el sentido del negocio.

## 5. REFERENCIA

**Amendola. L.**, Dirección y Gestión de Paradas de Plant, The Theory of Constraints, "Turnaround – Shutdowns Maintenance", Luis Amendola, ISBN: 84-96133-52-4, Ediciones Espuela de Planta, Sevilla, España, 2005.

### **Autores:**

Dr. Luis José Amendola, Project Engineering Management  
Tibaire Depool, MSc. Ing. Project Management  
Consulting & Teaching  
PMM Institute for Learning  
Universidad Politécnica de Valencia  
ETSII, ED 5J, Dpto. Proyectos de Ingeniería  
Camino de Vera s/n, 46022 Valencia – Spain  
TEL. 34 96 3877000 Ext. 85684  
Fax. 34 96 3879869  
[www.pmmlearning.com](http://www.pmmlearning.com)  
e-mail: [tibaire@pmmlearning.com](mailto:tibaire@pmmlearning.com) ; [luiam@dpi.upv.es](mailto:luiam@dpi.upv.es)

*Dr. Luis Amendola*



*Ing. MSc. Tibaire Depool*

