

## PROJECT PLANNING SYSTEM BASED ON OCCUPATIONAL HAZARD

Villar Lafoz, J.S.

Universidad de Zaragoza

The actual techniques on Project Planning allow us to determine, very accurately, the developing and the execution of our project's activities, their duration, the necessary resources, the priorities and the existing concatenation, etc.

Applying methods as the Critical Path or the Critical Chain we can even identify the activities that can affect more significantly the project and modify its duration, either for temporal delays or for restrictions of the system resources. Thus we can be prevented for these situations and take action to avoid that they could happen.

Following the philosophy of these methods it is pretending to develop a methodology to identify the activities susceptible to modify the correctly development of our project based on the work accident rate, indicating the set of sensitive tasks which will have to pay particular attention from the point of view of the security, providing the necessary resources to guarantee it.

The system identifies the set of sensitive activities based on the probability of accidents occurrence, determines the modification that our planning would suffer if these risks are materialized and proposes the actuation lines to prevent it.

**Keywords:** *Project planning; Safety at Work; Work accident rate*

## SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS EN BASE A LA SINIESTRALIDAD LABORAL

Las técnicas actuales de Planificación de Proyectos nos permiten determinar, de forma muy precisa, el desarrollo y la ejecución de las actividades de nuestro proyecto, su duración, los recursos necesarios, las prelacións y encadenamientos existentes, etc.

Aplicando métodos como el Camino Crítico o la Cadena Crítica podemos además identificar las actividades que pueden afectar más significativamente al proyecto y alterar su duración, ya sea por retrasos temporales o por restricciones en los recursos disponibles del sistema. De esta forma podemos estar prevenidos ante estas situaciones y adoptar medidas para evitar que se produzcan.

Siguiendo la filosofía de estos métodos se pretende desarrollar una metodología para identificar las actividades susceptibles de alterar el correcto desarrollo de nuestro proyecto en base a la siniestralidad laboral, marcando un conjunto de tareas sensibles a las que habrá que prestar especial atención desde el punto de vista de la seguridad aportando los recursos necesarios para garantizarla.

El sistema identifica el conjunto de actividades sensibles en base a la probabilidad de ocurrencia de accidentes, determina la modificación que sufriría nuestra planificación ante la materialización de estos riesgos y propone líneas de actuación para evitarlo.

**Palabras clave:** *Planificación de proyectos; Seguridad laboral; Siniestralidad laboral*

Correspondencia: Jesús Villar Lafoz. [jvillar@unizar.es](mailto:jvillar@unizar.es). C\ El Angel Azul, 12, 1º A. C.P. 50019. Zaragoza, España.

## 1. Introducción

Las metodologías de planificación de proyectos nos permiten calcular de forma precisa la duración de las tareas, las relaciones existentes entre las mismas y la duración total de nuestro proyecto, así como la aplicación de unos márgenes de seguridad en los que nos podremos mover a la hora de completar todas las actividades.

Tenemos como origen los métodos clásicos como PERT y ROY (Cano, 2003) que identifican las holguras existentes en nuestras tareas y determinan las actividades críticas y el camino crítico del proyecto, aunque su mayor limitación es la suposición de disponer de recursos ilimitados, fijándose únicamente en los tiempos disponibles a la hora de señalar las actividades sobre las que tendremos que prestar especial atención.

El método PERT aleatorio (Romero, 1993 y Ordieres, 2002) añade un componente estadístico que acerca los resultados a la realidad, ya que no se puede considerar la duración de una tarea como un dato exacto y determinista sino que siempre contiene un factor de probabilidad en la ejecución de los trabajos en el tiempo asignado.

Dando un paso más nos encontramos con los métodos de nivelación o asignación de recursos que no se fijan únicamente en el tiempo de ejecución de las tareas sino en la limitación de los recursos disponibles. Métodos como el de la Cadena Crítica (Goldratt, 1997) que introduce la Teoría de las Restricciones y que asigna márgenes de seguridad a las cadenas de tareas con el objetivo de proteger la cadena más larga, nos dan nuevos enfoques para obtener una buena planificación de nuestro proyecto y ser capaces de identificar tareas que puede afectar a la duración del mismo.

Estos últimos métodos se basan en la variabilidad de la duración de una tarea lo que nos llevará a aplicar márgenes de seguridad si queremos hacer una planificación realista y que seamos capaces de cumplir de cara a nuestro cliente.

Sin embargo los cálculos de variabilidad de las tareas se apoyan frecuentemente en la experiencia del planificador, en disponer de unos márgenes de seguridad lo más cómodos y amplios posibles o en la posibilidad de ocurrencia de multitud de factores que, en muchas ocasiones, son difícilmente cuantificables.

Uno de estos factores, que afecta a la variabilidad de la duración de las tareas y que puede tener unas consecuencias graves para la ejecución del proyecto y para la consecución de la planificación elaborada, son los accidentes laborales, que pueden tener resultados dramáticos y afectar a la totalidad del proyecto.

Adicionalmente se trata de un factor en el que no podemos asumir un mayor o menor nivel de riesgo según nuestro criterio y según los márgenes de seguridad que queramos aplicar a la duración de las tareas, sino que existe una legislación de prevención de obligado cumplimiento amén de unos valores éticos y de responsabilidad social que debiéramos tener siempre en cuenta en la gestión de nuestros proyectos.

Por todo ello, la siniestralidad laboral debe ser un factor a considerar de forma individualizada por las graves consecuencias que puede tener para nuestro proyecto y por la obligación legal que le ampara y de esta forma se puede obtener una planificación más precisa reduciendo los márgenes de seguridad de las tareas o cadenas de tareas si aplicamos correctamente la medidas de prevención de riesgos laborales a las tareas más conflictivas.

## 2. Objetivos

Utilizando las técnicas de planificación actuales se pretende desarrollar un método que permita identificar las actividades más susceptibles de producir grandes afecciones al desarrollo del proyecto como consecuencia de la aparición de accidentes laborales y poder adaptar los márgenes de seguridad existentes o tomar las medidas de seguridad necesarias para reducir esa elevada variabilidad.

El objetivo es pues doble, por un lado el de cumplir con la planificación establecida alcanzando los objetivos marcados originalmente y por otro lado conseguir reducir la siniestralidad y aumentar así la calidad de vida de los integrantes del equipo de proyecto.

## 3. Metodología

Para identificar las tareas sensibles a la siniestralidad laboral es preciso seleccionar los factores que determinarán esta afección, posteriormente se cuantificará cómo afectan a la variabilidad de su duración y se determinarán las medidas a adoptar para minimizar estos efectos.

La metodología seguida se basa, en gran medida, en la aplicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) para la evaluación de riesgos laborales que, a su vez, recoge el modelo contenido en la norma UNE-EN ISO 12100:2012 *“Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.”*

Según esta metodología es necesario, en primer lugar, determinar el grado de peligrosidad de cada tarea que nos indica la probabilidad de ocurrencia de accidentes durante la tarea. En el método del INSHT este factor se denomina “Probabilidad de que ocurra el daño” y se cuantifica igualmente en tres niveles. En el presente método se denominará “Grado de Peligrosidad”

A partir de este punto, aunque la filosofía de la metodología se mantiene, varía sustancialmente su desarrollo, ya que el método del INSHT se orienta hacia la valoración de los riesgos desde el punto de vista de la seguridad y nuestro objetivo es el de determinar cómo afectan a la duración del proyecto. Por ello, el siguiente paso, que sería originalmente determinar la potencial severidad del daño sufrido por el trabajador, queda convertido en la afección de ese daño en el desarrollo del proyecto. Podría darse el caso de accidentes que supusieran un daño severo para algún trabajador pero que no representasen afecciones importantes en el desarrollo de la tarea (todo ello sin entrar a valorar el nivel ético de estos casos) y, por el contrario, pequeños accidentes sin secuelas importantes para la salud de los trabajadores pero que supusiesen un retraso considerable en la ejecución del proyecto.

Y, cómo último factor de valoración, se incluyen las medidas de seguridad que se están aplicando en la tarea. Que añade una tercera dimensión a las tablas de valoración de la metodología del INSHT al ser más bien una conclusión de la aplicación de este método. En nuestro caso pasa a ser otro parámetro de entrada para poder determinar la necesidad o no de aumentar las medidas preventivas de cara a disminuir la afección de los riesgos laborales en la duración de nuestro proyecto.

Con estos tres factores se elaborarán unas tablas que determinarán, en función de las entradas, cómo queda cuantificada la variabilidad de la tarea desde el punto de vista de la afección por la siniestralidad laboral, lo que nos permitirá identificar las tareas sensibles en este punto y, a su vez, cómo podemos reducir esta variabilidad aumentando las medidas preventivas existentes.

### 3.1 Factores determinantes

En primer lugar hay que determinar los factores que van a identificar las tareas con una variabilidad elevada en su duración como consecuencia de la ocurrencia de accidentes laborales. Los factores seleccionados son:

#### i) Grado de Peligrosidad

Nos indica la probabilidad de que ocurra un accidente durante la ejecución de la tarea y sus consecuencias para el trabajador en función de los trabajos a realizar y los riesgos existentes. Para determinar esta probabilidad de ocurrencia podemos utilizar métodos de identificación y evaluación de riesgos de reconocido prestigio como puede ser el método del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) que calcula la magnitud de los riesgos en función de su probabilidad de ocurrencia y de sus consecuencias, clasificándolos en Triviales, Tolerables, Moderados, Importantes e Intolerables. En nuestro caso se agruparán en tres niveles:

- **Alto:** La probabilidad de que el riesgo se materialice en un accidente es elevada y se va a dar en un alto porcentaje de los casos
- **Medio:** La probabilidad de ocurrencia es moderada, el riesgo se materializará en algunas ocasiones.
- **Bajo:** Hay poca probabilidad de que se produzcan accidentes en la ejecución de esa tarea. Se producirán con poca frecuencia

#### ii) Afección a la ejecución de la tarea

Este factor nos indica cómo puede afectar a la ejecución de los trabajos la ocurrencia de los accidentes laborales, sin entrar a valorar la gravedad de los mismos o las consecuencias personales para los trabajadores, simplemente la afección a la realización de la tarea en su duración, plazo y recursos.

- **Grave:** La tarea quedará paralizada o se verá prolongada gran cantidad de tiempo. Puede ser necesario buscar y asignar nuevos recursos y pueden aparecer agentes ajenos al proyecto que pasarán a decidir la reanudación de los trabajos.
- **Moderada:** La duración de la tarea se puede ver afectada significativamente. Perderemos el control de la duración de la misma pudiendo completarse a tiempo o retrasarse en función de los recursos afectados.
- **Leve:** La tarea no se verá afectada en gran medida. Se podrán cumplir los plazos establecidos sin mayores incidencias.

#### iii) Medidas preventivas aplicadas

Mide las medidas de seguridad que se están aplicando en la ejecución de la tarea, desde el punto de vista legal según marca la normativa de prevención de riesgos laborales y desde el punto de vista práctico que, en muchos casos, nos exige medidas de seguridad adicionales para garantizar la seguridad de los trabajos.

- **Básicas:** No se está realizando prevención en los trabajos, se ejecutan sin ningún control preventivo y únicamente bajo el criterio de los operarios que realizan los trabajos y que velan por su propia seguridad como estiman conveniente.
- **Generales:** Se aplican medidas de seguridad generales, cumpliendo la normativa de prevención de riesgos laborales sin adaptar las medidas a la realidad del proyecto y a las singularidades de cada actividad. Se utilizan equipos de protección individual genéricos sin tener en cuenta los riesgos existentes en cada trabajo.
- **Elevadas:** Se desarrolla una labor preventiva exhaustiva, con control real de la aplicación de las medidas y con procedimientos de seguridad específicos desarrollados para cada tarea. Se cuenta con miembros del equipo destinados únicamente a las labores preventivas y se dispone de equipos de protección individual para cada riesgo y medidas de protección colectivas donde son necesarias.

### 3.2 Determinación de la variabilidad de las tareas

Con los tres factores anteriores podemos construir las tablas que nos marcarán la variabilidad de las tareas en función de la ocurrencia de accidentes, cada tabla recoge las medidas preventivas que se aplican y, en función del grado de peligrosidad y de las afecciones a la tarea marca el nivel de variabilidad de la duración de la tarea, con la siguiente leyenda:

-  Variabilidad de la duración de la tarea muy alta
-  Variabilidad de la duración de la tarea alta
-  Variabilidad de la duración de la tarea media
-  Baja o nula variabilidad marcada por la siniestralidad

Medidas Preventivas	Grado de Peligrosidad		
	Alto	Medio	Bajo
Básicas			
Grave			
Moderada			
Leve			
Afección a la tarea			

Tabla 1: Variabilidad con medidas preventivas básicas

Medidas Preventivas	Grado de Peligrosidad		
	Alto	Medio	Bajo
<b>Generales</b>			
Grave			
Moderada			
Leve			

Afección a la tarea

Tabla 2: Variabilidad con medidas preventivas generales

Medidas Preventivas	Grado de Peligrosidad		
	Alto	Medio	Bajo
<b>Elevadas</b>			
Grave			
Moderada			
Leve			

Afección a la tarea

Tabla 3: Variabilidad con medidas preventivas elevadas

Aplicando los criterios definidos hasta ahora podemos entrar en la tabla correspondiente y determinar cómo se verá afectada la duración de nuestra tarea por la ocurrencia de accidentes. Podemos ver, por ejemplo, que si estamos aplicando unas medidas preventivas generales (Tabla 2) y los trabajos que se están desarrollando tienen un grado de peligrosidad medio y en caso de materialización tendrían una afección moderada en la tarea, sería suficiente con las medidas aplicadas y no se esperan grandes modificaciones en la duración de los trabajos como consecuencia de la siniestralidad. Por el contrario, si estamos aplicando una prevención básica y en el mismo caso anterior con un grado medio de peligrosidad y una afección moderada, tendríamos una variabilidad media y, adicionalmente se puede ver que se ha identificado la casilla con un signo que nos indica que estaríamos incumpliendo la normativa de prevención de riesgos laborales que no permite la ejecución de estos trabajos con un nivel de prevención tan bajo.

Por lo tanto las casillas identificadas con el símbolo de peligro no pueden ser aceptadas, no solo por la incertidumbre que introducen en nuestra planificación sino por el cumplimiento de la normativa vigente.

Se puede ver incluso el caso en la Tabla 2 de los trabajos con un grado de peligrosidad alto pero con afecciones leves a la duración de nuestra tarea y que por lo tanto el sistema indica que no tienen influencia en la variabilidad de los trabajos, pero sobre los que tendremos igualmente que actuar al no estar cumpliendo con los requisitos mínimos de seguridad exigidos. Este caso puede todavía verse, por desgracia, en proyectos que se ejecutan en países en vías de desarrollo, donde se realizan trabajos con un grado de peligrosidad alto en los que si se producen accidentes graves o mortales no afectan a la duración de la tarea ya que no tienen consecuencias por parte de las autoridades o agentes sociales, sin embargo esto no puede ser excusa para que, como gestores de proyectos, no aumentemos la seguridad en este tipo de trabajos para que se pueden desarrollar al amparo de las medidas elevadas recogidas en la tabla 3.

### 3.3 Cadena débil

Con los resultados obtenidos en el apartado anterior se puede definir como tarea débil aquella cuya duración se vería fuertemente afectada por la ocurrencia de accidentes durante su ejecución ya que aumentarían considerablemente su variabilidad.

El conjunto de tareas débiles forman la cadena débil del proyecto que nos indica aquellas tareas que, puede que no estén incluidas en el camino crítico y que se disponga de amplias holguras en su ejecución y también que no se hayan incluido en la cadena crítica y que sus recursos asociados sean suficientes, pero que se verían afectadas en caso de que se produjeran accidentes laborales en su ejecución hasta tal punto que podrían consumir las holguras existentes y podrían desaparecer los recursos asociados a las mismas, llegando a retrasar la ejecución del proyecto en su totalidad.

### 3.4 Aplicación de medidas

Para la eliminación de los riesgos en nuestro proyecto asociados a la cadena débil tenemos varias opciones en función de la variabilidad asociada a cada actividad, teniendo en cuenta que, en muchos casos, no podremos elegir la solución libremente, ya que nos veremos obligados a eliminar los riesgos para dar cumplimiento a las leyes de prevención de riesgos laborales.

	Variabilidad muy alta →	Aumento de medidas de seguridad
	Variabilidad alta →	Aumento de medidas de seguridad
	Variabilidad media →	Aumento de medidas de seguridad o aumento de márgenes de seguridad
	Baja o nula →	No requiere acción específica (Excepto puntos marcados)

En los casos de variabilidad alta o muy alta estaremos obligados a aumentar las medidas de seguridad existentes para garantizar la integridad de los trabajadores y la ejecución de los trabajos en el tiempo establecido.

Para las actividades con variabilidad media podremos elegir entre aumentar las medidas de seguridad para disminuir este valor o aumentar los márgenes de seguridad en el tiempo de ejecución de la tarea. En los casos recogidos en las tablas y marcados con el símbolo de

peligro no podremos elegir y será necesario aumentar los recursos preventivos asociados a la tarea.

En las actividades con variabilidad baja o nula no necesitamos realizar ninguna acción específica y únicamente tendremos en cuenta la posible afección en los tiempos de ejecución o en los recursos de la tarea, sin que se espere una modificación sustancial por causa de la siniestralidad. Únicamente en los casos marcados en las tablas con el símbolo de peligro será necesario aumentar la actividad preventiva con el objeto de cumplir la normativa de prevención y aplicando valores éticos de seguridad en el trabajo, sin que se espere ninguna mejora sustancial en la afección de la tarea a la duración del proyecto.

#### 4. Resultados

Con todo lo anteriormente expuesto hemos alcanzado los objetivos fijados inicialmente:

- Se han identificado los factores que afectan a la duración de una tarea en función de la siniestralidad.
- En función de estos factores se determina el grado de modificación de la variabilidad de la duración de la tarea.
- Se definen las actividades débiles y la cadena débil del proyecto que recoge las actividades más sensibles a su modificación a causa de la siniestralidad.
- Se marcan las medidas a adoptar en cada caso para minimizar esta afección, no solamente desde el punto de vista de planificación sino también desde el punto de vista legal y ético de la prevención.

De esta forma conseguimos segregar la siniestralidad laboral de los factores de incertidumbre en la ejecución de una tarea y podemos tratarla de manera individual aplicando medidas correctoras, lo que nos permite, adicionalmente reducir esta variabilidad global que ahora solamente englobará variables que no podemos controlar.

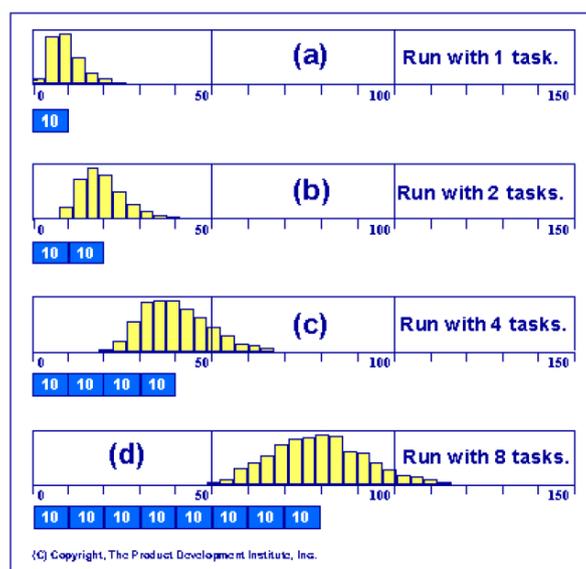
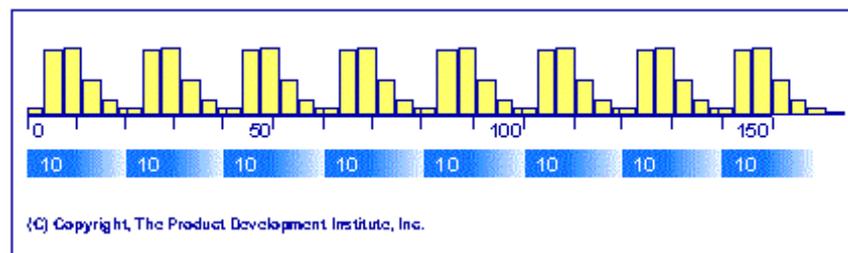


Figura 1: La cadena de tareas fija la duración y aumenta la variabilidad ([www.pdinstitute.com](http://www.pdinstitute.com))

La figura 1 recoge cómo el aumento del número de tareas puede disparar la duración del proyecto al intentar tener en cuenta la variabilidad de estas tareas. En la secuencia (a) de la gráfica se representa un proyecto con una única tarea de duración estimada 10 unidades de tiempo, con lo que aplicando la ley exponencial negativa y desviación estándar de 5 días obtendríamos una distribución frecuencial como la indicada en la gráfica después de 1.000 simulaciones (Ordieres, 2002, cap. 12). Aplicando este mismo criterio obtendríamos la simulación para dos tareas secuenciadas en la gráfica (b), para cuatro tareas en la gráfica (c) y ocho tareas en la gráfica (d). El análisis de esta gráfica nos indica que, dado que no podemos reducir el efecto adverso de la variabilidad, al menos deberíamos eliminar factores internos de la misma que podemos controlar y que la pueden reducir de forma considerable.



**Figura 2: Mecanismo de protección de cada tarea ([www.pdinstitute.com](http://www.pdinstitute.com))**

En la figura 2 se analiza un método ampliamente utilizado para reducir los efectos adversos de la variabilidad. La gráfica partiría del caso (d) de la Figura 1, donde se recoge un proyecto formado por una secuencia de 8 tareas y, en este caso, se protege cada tarea individualmente asignándole un margen temporal con una confianza del 90% (Ordieres, 2002, cap. 12). Vemos que este método tiene un coste temporal muy significativo. Y nuevamente podemos reducir esta variabilidad tan alta existente en cada tarea si conseguimos reducir los factores que podemos controlar, como es el caso de la siniestralidad laboral.

En los dos casos recogidos en las figuras 1 y 2, vemos cómo la variabilidad del proyecto o la duración del mismo se ven fuertemente aumentados si queremos proteger las tareas y tener garantías de acabarlas en plazo en un porcentaje elevado de casos. Aplicando la metodología expuesta, la parte de la variabilidad originada por la siniestralidad laboral podría ser reducida y, eligiendo cualquiera de las dos soluciones, obtendríamos una variabilidad menor o una duración más reducida según el caso elegido.

## 5. Conclusiones

Aplicando esta metodología a la planificación de nuestro proyecto podemos reducir significativamente la incertidumbre existente y por lo tanto los márgenes de seguridad que estamos aplicando a las tareas, ya que segregamos los factores relacionados con la siniestralidad del resto de variables no controladas que pueden afectar a la tarea.

Podemos identificar las tareas sensibles que pueden afectar al desarrollo y la duración de nuestro proyecto y que no han sido detectadas con los métodos de planificación habituales ya que no forman parte del camino crítico ni de la cadena crítica al no verse afectadas, a priori, por la falta de tiempo o la falta de recursos, pero sí por la posible materialización de riesgos laborales que afectarán de forma drástica a la ejecución de los trabajos.

Al aplicar la metodología no debemos perder nunca de vista la obligación legal y ética de cumplir con la normativa de prevención existente en cada caso y que nos obligará a sustituir

márgenes de seguridad de tiempo por un aumento de las medidas de prevención de cara a garantizar la seguridad de los trabajadores

## **6. Referencias**

Cano, J.L., Rebollar, R., Saénz, M<sup>a</sup>.J. (2003). *Curso de Gestión de Proyectos. Manual del alumno*. Zaragoza: AEIPRO.

Goldratt, E. (1997). *Cadena Crítica. Una novela empresarial sobre la gestión de proyectos*. Madrid: Ed. Díaz de Santos.

Ordieres, J. (2002). *Planificación y Seguimiento de Proyectos*. v. 18. Logroño.

Romero López, C. (1993). *Técnicas de Programación y Control de Proyectos*. Madrid: Ediciones Pirámide.

www.insht.es. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Método de evaluación de riesgos laborales*.