

# LECCIÓN 10. LA ADMINISTRACIÓN-GESTIÓN DE PROYECTOS: LA TÉCNICA DE GRAFOS APLICADA A PROYECTOS.

## PARTE I. ASPECTOS GENERALES DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

### 1. INTRODUCCIÓN.

La **administración o gestión de Proyectos** ha existido desde tiempos muy antiguos, históricamente relacionada con proyectos de ingeniería de construcción de obras civiles (como los proyectos de ingeniería hidráulica en *Mesopotamia*, donde entraban en juego la logística o la creación de equipos de trabajo, con sus categorías profesionales definidas; o la cultura ingenieril desarrollada por el *Imperio Romano*, donde aparece el control de costes y tiempos y la aplicación de soluciones normalizadas, como por ejemplo en la construcción de una calzada); y en “campañas militares”, donde también entran en juego muchos elementos de gestión (identificación de objetivos, gestión de recursos humanos, logística, identificación de riesgos, financiación, etc.). Pero es a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando el avance de estas técnicas desde el punto de vista profesional han transformado la administración por Proyectos en una disciplina de investigación.

#### La Administración de Proyectos.

**Es el proceso de planificar, organizar y administrar tareas y recursos para alcanzar un objetivo concreto, y generalmente con restricciones de tiempo, recursos o coste.**

Todo “Proyecto” ha de ser “Dirigido”, una eficaz dirección que asuma las funciones de: Planificar, Organizar, Coordinar y Controlar, funciones que se desarrollan en un ambiente técnico y restrictivo. En definitiva administrar o gestionar el proyecto,

**En todo Proyecto Industrial se tiene la necesidad de una “buena dirección” para el logro de los Objetivos**



**Ese conjunto de tareas de dirección** ha de estar concebido y estructurado de una forma adaptada a la naturaleza de las "actividades discontinuas", condición indispensable para tener éxito en la gestión de proyectos.

Dentro de la "Gestión del Proyecto", podemos diferenciar **para su estudio**, entre:

- **Gestión de los Resultados . . . (Calidad)**
- **Gestión del Tiempo . . . . (Plazo)**
- **Gestión de los Costes . . . . (Coste)**

La Dirección del Proyecto, en el logro de los objetivos, tendrá en cuenta, la interrelación de los objetivos del proyecto: **coste, plazo y calidad**

Todo proyecto tiene tres facetas o aspectos diferentes que es necesario armonizar para la consecución del resultado deseado:

**Dimensión técnica:** es necesario aplicar los conocimientos específicos de cada área de trabajo, cumpliendo con una forma de trabajar y unos requisitos (el "know how") que cada profesión impone.

**Dimensión humana:** un proyecto es un complejo entramado de relaciones personales, donde se dan cita un gran número de intereses a veces contrapuestos.

**Variable gestión:** que es el catalizador que permite que el resto de los elementos se comporten adecuadamente.

**De gestionar bien o mal, depende en gran medida el éxito o no del proyecto.**

## 2. LA GESTIÓN DE PROYECTOS.

**Conjunto de métodos y técnicas de gestión que, inspirados por el sentido común y el rigor profesional, están encaminadas a: Mejor definir, Planificar, Impulsar y Controlar las operaciones del proyecto.**

En ningún caso puede considerarse como una receta mágica de efectos infalibles. Sin embargo, todo ese conjunto de tareas de dirección ha de estar concebido y estructurado de una forma adaptada a la naturaleza de las “actividades discontinuas”, condición indispensable para tener éxito en la gestión de proyectos.

Los tres elementos fundamentales de la Gestión de Proyectos, son:

- 1. El Director del Proyecto:** El Director de un Proyecto, debe tener cierta *habilidad* y *conocimiento* para manejar:
  - El inicio del proyecto
  - La determinación de su factibilidad
  - La programación y la administración de tareas y personas, relacionadas con el proyecto.
- 2. La gestión de los Recursos Humanos:** La “faceta humana” de la Gestión de los Proyectos, es uno de los aspectos más importantes, por ser un elemento condicionante del éxito del proyecto y por presentar tintes singulares y llamativos, desde una perspectiva de gestión de los recursos humanos.
- 3. Elementos de Planificación y Control:** Podemos hablar de una “etapa de planificación”, cada vez que *se intenta prever un comportamiento futuro* y *se toman las medidas necesarias se está planificando*.

### VARIABLE DE GESTIÓN

El éxito o fracaso de la “gestión del proyecto”, depende en gran medida, al menos en términos de “coste”, “resultado” y “plazo”. Es lo que se denomina la “variable gestión”.



## EL CUARTO OBJETIVO

Algunos autores introducen un cuarto elemento de gran interés: **la satisfacción del usuario**. Con ello se quiere indicar la importancia de que el proyecto satisfaga las expectativas de éste. Un proyecto que cumpla las especificaciones, se realice en tiempo y dentro del presupuesto pero que no deje satisfecho al cliente no cumple sus objetivos.

La satisfacción del cliente suele considerarse ahora como una estrategia general de muchas empresas (sobre todo de las de servicios) y elemento clave para la valoración del éxito de los proyectos que emprendan.

La consecuencia, decisiva para tantas empresas y administraciones, será que **un buen uso de la variable gestión permitirá aumentar el grado de éxito de los proyectos** y, paralelamente, reducir el número de casos en que la operación termina en un fracaso de consecuencias más o menos graves para la empresa o para la Administración; no hay que olvidar tampoco la gravedad que una mala gestión de los proyectos puede tener para los usuarios destinatarios finales del proyecto, que con frecuencia pagan la ineficacia de los gestores. Pensemos lo que supone que un centro asistencial se finalice seis años después de lo previsto, que una carretera permanezca en obras un año más de lo debido, un banco no pueda lanzar un nuevo producto porque no se ha finalizado la aplicación informática necesaria o que un juguete no esté a punto para lanzarlo antes de Navidad, sin contar con casos mucho más dramáticos como las personas que pueden morir por una carretera mal diseñada o una presa mal construida.

A la vista de todo lo anteriormente dicho, cabría pensar que, efectivamente, los proyectos están malditos y abocados al fracaso y que, por tanto, no vale la pena esforzarse por remar contra la corriente. Nada más lejos de la realidad. Insistiremos una vez más en que **la “variable gestión” es decisiva**. Los proyectos no están sujetos a ningún tipo de determinismo fatalista, lo que ocurre es que frecuentemente son mal gestionados.

**La mayoría de los proyectos comparten actividades comunes, como:**

- ▶ **La división del proyecto en tareas de fácil manejo.**
- ▶ **La programación de las tareas.**
- ▶ **La comunicación entre los miembros del equipo.**
- ▶ **El seguimiento de las tareas a medida que progresa el trabajo.**

- A los efectos de su Gestión, **un proyecto se descompone en las siguientes partes** o bloques de elaboración:

### Tareas.

Actividades que componen el proyecto: Su secuencia viene definida por la naturaleza del proyecto.

### Hitos.

Representa un evento o condición que marca la finalización de un grupo de tareas, o la finalización de una parte del proyecto.

- Ayudan a **organizar** las tareas en grupos lógicos. O secuenciales.
- Ayudan a **seguir el progreso** del proyecto.
- Cuando se hayan **logrado todos los hitos** del proyecto: .... **fin del proyecto**.

### Recursos.

Necesarios para la realización de una tarea. En un proyecto se necesitan recursos:

- Personas (**humanos**).
- Equipos (**materiales**).

### Restricciones.

Se necesitará considerar la disponibilidad de recursos (vacaciones, horario, accesos, etc.)

### 3. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA GESTIÓN DE PROYECTOS.

Hemos visto que la Gestión de Proyectos, es un conjunto de métodos y técnicas de gestión que, inspirados por el sentido común y el rigor profesional, están encaminadas a mejor definir, planificar, impulsar y controlar las operaciones del proyecto. En ningún caso puede considerarse como una receta mágica de efectos infalibles.

La aplicación sistemática, constante y fiel de la metodología permite garantizar una mejora notable de los resultados medios obtenidos en los proyectos, como consecuencia de haber incrementado el dominio de la situación y el grado de racionalidad de las medidas adoptadas.

La Gestión de Proyectos representa un todo completo y coherente.

- ▶ No se trata de adoptar una terminología vistosa ni de aplicar esporádicamente técnicas puntuales o instrumentos parciales.
- ▶ Si se quiere obtener un efecto perceptible y duradero en la calidad de la gestión hay que adoptar la metodología en su conjunto, prestando especial atención a los aspectos culturales de fondo, pero sin descuidar los de naturaleza operativa e instrumental.

Resulta evidente que los proyectos, por sus características especiales, exigen sistemas de gestión adaptados a dichas características, aunque deriven de los que son habituales en otros tipos de actividades. En gran medida, el secreto de la gestión profesional del proyecto es el empleo de técnicas de gestión conocidas en un terreno relativamente especial, pero variando sensiblemente la forma de aplicar dichas técnicas y poniendo el énfasis en ciertos puntos que son especialmente sensibles en las operaciones discontinuas.

Se pueden destacar como aspectos más delicados e importantes de la Gestión de los Proyectos los siguientes:

- ▶ La explícita y pronta definición del triple objetivo de la operación.
- ▶ El papel trascendental que compete al cliente que todo proyecto debe tener y que no siempre se pone de relieve con la fuerza requerida.
- ▶ La figura del Director de Proyecto, verdadero núcleo alrededor del cual gira la dirección, impulsión y control del proyecto, cuyo papel es determinante para el éxito o fracaso de la operación.
- ▶ Las etapas de preparación, organización, y planificación, sobre las que se sustenta en gran parte la gestión, al facilitar y orientar la toma de decisiones, así como todas las tareas de seguimiento, control y adopción de medidas correctoras.
- ▶ La impulsión permanente del proyecto, tomando las decisiones pertinentes con suficiente rapidez y agilidad, pero sin olvidar las técnicas capaces de mejorar el nivel medio de la calidad técnica de las decisiones.
- ▶ El establecimiento de sistemas adecuados de control de la calidad, los costes y los plazos, efectuando un seguimiento constante de la evolución de la operación y no dudando en aplicar las medidas de corrección recomendables.

La planificación de actividades, el control preventivo, el seguimiento atento de la evolución, son elementos que inevitablemente ocupan tiempo y tienen un coste. Pero son, al mismo tiempo, la única forma eficaz de evitar costes indebidos, errores injustificables, retrasos inaceptables y sorpresas imprevistas.

Como es lógico, no se puede considerar la metodología de gestión como un fin en sí misma, sino como una ayuda encaminada a facilitar la consecución de los resultados. El grado de minuciosidad y desarrollo de la metodología deberá adaptarse a la dificultad y tamaño de cada proyecto.

En general, el porcentaje que supone el coste de la gestión sobre el coste total del proyecto debe ser modesto e inversamente proporcional al tamaño de la operación.

La metodología de gestión de proyectos ha de estar inserta en una determinada cultura de empresa que haga viable el cumplimiento de los requisitos descritos. Los métodos de gestión de proyectos, a diferencia de lo que ocurre con otras técnicas en el campo de la ciencia o de la ingeniería, no son neutrales desde el punto de vista ideológico. Están concebidos desde determinadas ópticas de lo que supone y cómo debe realizarse la gestión de la empresa y de la Administración pública. Principios de búsqueda de la eficacia, de economía de recursos, de confianza en las personas, de evaluación por los resultados, etc., subyacen bajo la mayor parte de los métodos y técnicas expuestas.

En particular, debe llamarse una vez más la atención sobre las implicaciones humanas del proyecto, tanto por las actitudes, capacidades y motivaciones que son requeridas en el ámbito de las actividades discontinuas, como por las oportunidades de desarrollo personal y profesional que ofrecen a las personas más dinámicas y ambiciosas.

**La faceta humana de la gestión de los proyectos debe destacarse como uno de los aspectos más importantes por ser un elemento condicionante del éxito del proyecto y por presentar tintes singulares y llamativos desde una perspectiva de gestión de los recursos humanos.**

La conclusión principal a la que se pretende llegar, es que la Gestión de Proyectos es posible.

## 4. SISTEMAS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS.

Los proyectos son actividades empresariales de naturaleza especial, pero gobernables y dominables, a condición de que exista el propósito firme y sostenido de aplicar una metodología, una forma de trabajar, dirigir y controlar que no oculta misterios técnicos insondables, pero sí una mezcla prudente de sentido común, rigor y disciplina profesionales, esfuerzo personal y voluntad colectiva de alcanzar los objetivos de la operación.

La naturaleza especial de los proyectos como actividades complejas y discontinuas lleva aparejada la necesidad de establecer sistemas de gestión especiales o/y adaptados, para poderlos utilizar y dirigir adecuadamente. La experiencia demuestra que no son válidos los principios de gestión que se emplean para actividades de naturaleza continua, porque los proyectos presentan dificultades particulares que aconsejan el uso de métodos de gestión también específicos, como es el caso de las técnicas de planificación.

Los proyectos son actividades empresariales de naturaleza especial, pero gobernables y dominables, a condición de que exista:

- El propósito firme y sostenido de aplicar una metodología
- Una forma de trabajar, dirigir y controlar que no oculta misterios técnicos insondables, pero sí una mezcla prudente de sentido común
- Rigor y disciplina profesionales
- Esfuerzo personal
- Voluntad colectiva de alcanzar los objetivos del proyecto.

Como veremos, no se trata de aplicar métodos totalmente diferentes o contrarios de los que se emplean en el resto de las actividades de la empresa. La Gestión es pues, una actividad típica de la Dirección del Proyecto, que implica la “Planificación-Programación”, y el “Control” del mismo.

**Las funciones de dirección de los proyectos** son básicamente las mismas que competen a los directores del resto de las actividades: **planificación, organización, adopción de decisiones, dirección del equipo humano, control de resultados.**

## 4.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE GESTIÓN.

Es necesario que la gestión de proyectos se apoye en los siguientes, “**Principios básicos**”:

### Los Objetivos del Proyecto Definidos

Un principio básico de la gestión de proyectos es que los objetivos estén definidos a priori y con un grado suficiente de claridad y precisión. Es la mayor garantía de que después no se producirán situaciones conflictivas y la única forma de poder controlar el proyecto y tomar decisiones eficaces.

Está claro que no en todos los proyectos tiene la misma dificultad el fijar los objetivos. Los proyectos más excepcionales e inusuales y aquellos de naturaleza más inmaterial presentan dificultades especiales a la hora de formular los objetivos o para hacerlo con la deseable concreción. Pero es precisamente en este tipo de proyectos difíciles donde se hace más necesario contar con un marco de referencia, aunque sus contornos no sean tan nítidos como en otros casos.

La definición expresa y clara de los objetivos es una de las condiciones primeras y principales de la gestión de las operaciones, condición indispensable tanto en el ámbito de la empresa privada como en el de las organizaciones públicas.

### Director de proyecto.

Es imprescindible la existencia de una cabeza única que dirija e impulse el proyecto, siendo responsable de la consecución de los objetivos del mismo.

### Equipo del proyecto.

El proyecto suele requerir la aportación de tecnologías diferentes.

Es necesario adscribir al proyecto un equipo, suficiente en número y con las adecuadas capacidades profesionales para dar respuesta a las diferentes especificaciones a cumplir.

### Suficiente dedicación.

El equipo de proyecto deberá aportar una dedicación en tiempo y esfuerzo ajustada a las necesidades técnicas y a los objetivos del proyecto, dedicación que además deberá cumplir la condición ya citada de prestar una atención concentrada.

Esta necesidad se traducirá, en muchos casos, en contar con el personal adscrito al proyecto a plena dedicación, junto con otras personas que podrán dedicar al proyecto apenas una parte de su tiempo. Es difícil que un proyecto de cierta envergadura pueda recibir una atención suficiente si no cuenta con ningún recurso a tiempo pleno, ya sea el jefe de proyecto o alguno de los otros recursos intervinientes.

### Técnicas de gestión.

La gestión del proyecto se apoyará, además, en el uso de ciertas técnicas de gestión adaptadas a las circunstancias; técnicas de planificación, de organización y de control. Las técnicas de gestión son ayuda importante para mejorar la calidad de la propia gestión, pero tienen siempre un carácter auxiliar para el director de proyecto y los demás miembros del equipo, estando por tanto condicionadas a la adecuada articulación de los factores anteriores.

- **Los aspectos más delicados e importantes de la Gestión de los Proyectos, son los siguientes:**
  - ◆ **La explícita y pronta definición del triple objetivo del proyecto.**
  - ◆ **El papel trascendental que compete al cliente**, que todo proyecto debe tener, y que no siempre se pone de relieve con la fuerza requerida.
  - ◆ **La figura del Director de Proyecto**, verdadero núcleo alrededor del cual gira la dirección, impulsión y control del proyecto, cuyo papel es determinante para el éxito o fracaso de la operación.
  - ◆ **Las etapas de preparación, organización, y planificación**, sobre las que se sustenta en gran parte la gestión, al facilitar y orientar la toma de decisiones, así como todas las tareas de seguimiento, control y adopción de medidas correctoras.
  - ◆ **La impulsión permanente del proyecto**, tomando las decisiones pertinentes con suficiente rapidez y agilidad, pero sin olvidar las técnicas capaces de mejorar el nivel medio de la calidad técnica de las decisiones.
  - ◆ **El establecimiento de sistemas adecuados de control de la calidad, los costes y los plazos**, efectuando un seguimiento constante de la evolución de la ejecución, y no dudando en aplicar las medidas de corrección recomendables.

La mayoría de los Proyectos comparten actividades comunes, como:

- ▶ La división del proyecto en tareas de fácil manejo.
- ▶ La programación de las tareas.
- ▶ La comunicación entre los miembros del equipo.
- ▶ El seguimiento de las tareas a medida que progresa el trabajo.



## 5. CONDICIONES PARA LA GESTIÓN DE LOS PROYECTOS

Ante todo, se trata de conseguir unos objetivos esenciales sobre los que se basa toda la metodología de la gestión de proyectos.



### ATENCIÓN CONCENTRADA

Si un proyecto, como se ha repetido, supone un compromiso complejo, inusual y de envergadura, es evidente que será muy improbable su éxito si no se le presta una atención concentrada y con suficiente intensidad. La falta de estas condiciones es una de las causas frecuentes de fracaso de los proyectos.

Atención concentrada significa que los responsables de ejecutar el proyecto puedan dedicarse con suficiente intensidad al mismo y, sobre todo, sin dispersar su tiempo y preocupación entre cometidos y problemas diversos. En muchos casos la responsabilidad del proyecto se comparte con otras responsabilidades derivadas de las actividades continuas y de rutina, lo que siempre termina deteriorando la eficacia de la gestión del proyecto, ya que las actividades de rutina suelen ser más urgentes e imperiosas.

No se trata sólo de que la atención sea suficientemente concentrada, ha de ser, además, suficiente en cuanto al esfuerzo dedicado, ya sea medido en recursos o en tiempo.

La complejidad de los proyectos suele requerir un esfuerzo importante en cuanto a los medios puestos en juego y en cuanto a la dedicación en tiempo que los mismos deban aportar.

La primera condición para que un proyecto sea bien gestionado es que se le preste atención suficiente y con un alto grado de concentración. Esta idea es de puro sentido común, pero se trata de uno de los fallos más corrientes al intentar compaginar las actividades de rutina con las operaciones especiales, intento vano que irremediabilmente redundará en perjuicio de los proyectos.

### MANTENIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE RUTINA.

La importancia que atribuimos al proyecto, objeto específico de nuestro estudio, no puede llevar a menospreciar las actividades de rutina o de tipo continuo, porque son las que en la mayoría de los casos constituyen el objetivo esencial de la empresa y su fuente de rentabilidad. Si, por ejemplo, la construcción de una nueva sede social supone en cierta empresa un trauma tan importante que pone en peligro la estabilidad de su actividad principal y, consecuentemente, del equilibrio económico, es evidente que algo falla. No es suficiente que el proyecto sea un éxito.

**Es necesario que, al mismo tiempo, las actividades de tipo continuo sigan siendo gestionadas eficaz y fluidamente y no se vean perturbadas por el hecho de acometer una operación excepcional transitoria.**

La maquinaria que asegura el cumplimiento de las funciones del día a día no debe verse afectada importantemente por la aparición del proyecto. **El objetivo a conseguir es que el proyecto se gestione bien, pero sin deteriorar la calidad de gestión de las actividades de tipo continuo.**

## 6. GESTIÓN DE PROYECTOS SIMPLES Y PROYECTOS COMPLEJOS.

Si bien la metodología general de la gestión de proyectos es igualmente aplicable tanto a los proyectos más simples como a los de mayor complejidad, es indudable que existen diferencias significativas entre ambos tipos de proyectos y muchas de las ideas expuestas deberán ser objeto de adaptación a la envergadura y características de cada caso concreto.

**Un plan de proyecto puede ser sencillo**, por ejemplo, una lista de tareas y sus fechas de comienzo y fin escritas en un bloc de notas.

**Un plan de proyecto puede ser complejo**, por ejemplo, miles de tareas y recursos, y un presupuesto del proyecto de millones de euros.

En el caso de los proyectos especialmente grandes y complejos. La primera y más importante recomendación para este caso es la descomposición de los mismos en partes más pequeñas y, consiguientemente, más dominables, de forma que cada una de ellas garantice el cumplimiento parcial de los objetivos del proyecto y el conjunto de todas ellas la consecución del objetivo global. Corresponde al director de proyecto, junto con sus asesores y los directores funcionales, identificar esas distintas partes en que puede descomponerse la operación total y definir los diversos subsistemas o subproyectos, frecuentemente llamados *work packages*.

Un sub-proyecto es un elemento parcial del proyecto, pero con entidad propia, de forma que supone la realización de una parte significativa del proyecto total y que puede gestionarse como un proyecto independiente de menor dimensión. Deriva generalmente del hecho de haber descompuesto el proyecto en sus grandes partes en forma piramidal, como si se tratase de un organigrama (esta descomposición se denomina en ocasiones con las siglas WBS, correspondientes a la expresión inglesa *work breakdown structure*).

La metodología señalada permite, además de facilitar el proceso de gestión y de control, atribuir responsabilidades parciales a técnicos especializados en ciertas áreas e incluso la adopción de otras medidas, como la subcontratación de distintas partes del proyecto con diferentes empresas.

A medida que se incrementa la complejidad del proyecto, se hace más necesario el empleo de soluciones modulares y normalizadas, tanto si se trata de proyectos de naturaleza material (construcción), como si nos ocupamos de proyectos inmateriales (informática). Es mucho más fácil gobernar, y por lo tanto garantizar el éxito final, si una actividad está descompuesta en varios módulos bastante independientes, aunque conectados entre sí, que cuando todos ellos se integran en un único sistema, porque entonces la complejidad crece en proporción geométrica.

La normalización y estandarización de los componentes empleados de las actividades que han de repetirse y los elementos que han de emplearse en los proyectos son otra de las formas más seguras, no sólo de reducir los costes, sino sobre todo de minimizar los riesgos y hacer más gobernable el proyecto. A su vez, esta necesidad de normalizar materiales, elementos y soluciones tiene mucho que ver con la memoria colectiva del proyecto y de la empresa, que depende de muy diversos factores, como la permanencia de los jefes de proyecto, los sistemas de información disponibles, los niveles organizativos existentes, etc.

Cuando la empresa y sus proyectos no disponen de sistemas organizativos e informativos eficientes, están condenados a incurrir repetidamente en los mismos errores y a “Inventar” varias veces lo que ya está inventado.

Corresponde al Director de Proyecto, junto con sus asesores y los directores funcionales: **Identificar esas distintas partes**, en que puede descomponerse el proyecto, **y definir los diversos “subsistemas” o “subproyectos”**

Una vez efectuada la identificación de los distintos subproyectos, será mucho más fácil:

- ▶ Conocer todos los objetivos del proyecto.
- ▶ Comprender las interrelaciones entre los diversos componentes del proyecto.
- ▶ Distribuir las responsabilidades.
- ▶ Atribuir los recursos a los subproyectos.
- ▶ Estimar los costes y los plazos previsibles.
- ▶ Minimizar los riesgos de cometer errores.
- ▶ Preparar las informaciones necesarias para la gestión.
- ▶ Controlar el desarrollo de cada subsistema.
- ▶ Motivar a los participantes, por adquirir la operación una dimensión más humana.

## 7. EL FRACASO DE LOS PROYECTOS: CAUSAS

**El proyecto**, como cualquier otra actividad empresarial, **se puede gestionar bien o mal**. Una adecuada “gestión de proyectos” no resolverá todas las dificultades, pero invertirá la proporción entre éxitos y fracasos.

Lo anteriormente expuesto explica que una gran parte de los proyectos resulten un fracaso en términos económicos, técnicos o de plazo. Si analizamos lo que ocurre a nuestro alrededor, sea en el ámbito empresarial o en el de las administraciones, observamos que los proyectos coronados con éxito son la excepción y no la norma, como sería deseable.

En el trabajo profesional se tiene la oportunidad, con frecuencia, de ver operar muchas veces los factores que conducen al fracaso de los proyectos, entre los que se encuentran los siguientes:

- **Ausencia total de planificación**, lo que hace que las diversas tareas se vayan acometiendo desordenadamente y a medida que se presentan dificultades. Pese a que cada responsable actúa con celeridad cuando se le encarga algo, el proyecto acumula retrasos por falta de planificación y por la dificultad existente para tomar decisiones.
- **Las decisiones se toman en órganos colectivos**, faltando una cabeza que dé unidad e impulse el desarrollo del proyecto.
- **Los plazos son enormemente dilatados**.
- **Las deficiencias de gestión** no sólo desembocan en graves problemas de plazo sino en defectos de calidad.

Sería un error creer que la situación anterior es un caso aislado o extremo. Ocurre muchas veces que, si la gestión del proyecto es un fracaso, el plazo se multiplica por cuatro sobre lo que sería razonable; la calidad técnica es defectuosa; el coste de la inversión vale más ignorarlo. Pero no todo puede achacarse a la incompetencia o negligencia del personal; insistimos en que cada responsable actúa con celeridad cuando ha de intervenir. Lo que falla es el sistema. **El proyecto requiere sistemas de gestión diferentes**.

Todos hemos comprobado muchas veces que la mera acumulación de recursos no produce ningún resultado importante. Esto se produce precisamente porque interviene un factor especial, la gestión, que integra y armoniza el empleo de los diversos recursos y es decisiva y condicionante del resultado que dichos recursos puedan producir.

La metodología de la gestión de proyectos responde a estos conceptos y pretende integrar adecuadamente estos diversos aspectos.

La consecuencia, decisiva para tantas empresas y Administraciones, será que un buen uso de la variable gestión permitirá aumentar el grado de éxito de los proyectos y, paralelamente, reducir el número de casos en que la operación termina en un fracaso de consecuencias más o menos graves para la empresa o para la Administración; no hay que olvidar tampoco la gravedad que una mala gestión de los proyectos puede tener para los usuarios destinatarios finales del proyecto, que con frecuencia pagan la ineficacia de los gestores. Pensemos lo que supone que un centro asistencial se finalice seis años después de lo previsto, que una carretera permanezca en obras un año más de lo debido, un banco no pueda lanzar un nuevo producto porque no se ha finalizado la aplicación informática necesaria o que un juguete no esté a punto para lanzarlo antes de Navidad, sin contar con casos mucho más dramáticos como las personas que pueden morir por una carretera mal diseñada o una presa mal construida.

A la vista de todo lo anteriormente dicho, cabría pensar que, efectivamente, los proyectos están malditos y abocados al fracaso y que, por tanto, no vale la pena esforzarse por remar contra la corriente. Nada más lejos de la realidad. Insistiremos una vez más en que la **“variable gestión” es decisiva**. Los proyectos no están sujetos a ningún tipo de determinismo fatalista, lo que ocurre es que frecuentemente son mal gestionados.

Una adecuada gestión de proyectos no resolverá todas las dificultades, pero invertirá la proporción entre éxitos y fracasos: lo normal es que un proyecto bien gestionado sea un éxito. La excepción: que siempre existirá un proyecto que, a pesar de haber sido bien gestionado, acabe fracasando por su especial dificultad, por influencias del entorno o por imprevistos imposibles de dominar.

- **La Regla**

- Una adecuada gestión de proyectos no resolverá todas las dificultades, pero invertirá la proporción entre éxitos y fracasos:

- Lo normal es que un proyecto bien gestionado sea un éxito.

- **La Excepción:**

- Siempre existirá un proyecto que, a pesar de haber sido bien gestionado, acabe fracasando por su especial dificultad, por influencias del entorno o por imprevistos imposibles de dominar.

**Muchas veces, la mera acumulación de recursos, no produce ningún resultado importante.**

## 8. ERRORES FRECUENTES A EVITAR EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS.

Los principios básicos anteriores, por su aparente sencillez, tienden a ser menospreciados y, en consecuencia, omitidos con excesiva frecuencia, dando lugar a las carencias de gestión que antes se han indicado y que desembocan a menudo en el fracaso del proyecto. Como veremos, soportan, sin embargo, todo el entramado que forman las técnicas de dirección de proyectos.

Es conveniente en este punto advertir contra errores que son muy frecuentes cuando se acomete la realización de proyectos complejos. La falta de conocimientos de la metodología de gestión de proyectos induce a muchas empresas y organismos a cometer errores que suelen llevar a consecuencias muy negativas a pesar de ser aparentemente inocuos y hasta razonables. Cabe destacar los que se tratan en los epígrafes siguientes.

### CREAR UN COMITÉ O UNA COMISIÓN

Parece lógico: si el proyecto afecta a diversas áreas de la empresa, creemos una comisión donde todos puedan participar y opinar. Y, sin embargo, todos sabemos que si se quiere parar una decisión basta con crear una comisión.

En efecto, la comisión es un foro adecuado para opinar, para ser informado, para sentirse participante, pero no es un medio para tomar decisiones y dar al proyecto el dinamismo necesario.

Un comité produce recomendaciones, realiza estudios, debate propuestas, permite alcanzar consensos; un proyecto significa dinamismo y agilidad, producir resultados, adoptar decisiones, reaccionar de inmediato, alcanzar los objetivos.

Suelen existir comisiones en el ámbito del proyecto para que ciertas personas puedan opinar o estar informadas, pero ello no debe confundirse con el mecanismo estable de gestión del proyecto que ha de ser mucho más operativo y resolutivo.

### NOMBRAR UN DIRECTOR DE PROYECTO SIN AUTORIDAD

Un error frecuente es creer que el Director de Proyecto es un mero coordinador o que basta con nombrar a alguien Director de Proyecto, sin darle verdadera autoridad, para estar cumpliendo las normas de gestión de proyectos.

El director de proyecto es, como se ha dicho, una figura clave para el éxito del proyecto, pero su función requiere que se trate de un verdadero puesto de jefatura con autoridad para dirigir el equipo y para tomar decisiones en el ámbito del proyecto.

El director de proyecto no es un mero coordinador y menos un secretario de una comisión; el director de proyecto es un verdadero jefe, responsable de alcanzar los objetivos del proyecto mediante la adopción de decisiones, dirección del equipo humano y la toma de medidas correctoras.

### CREAR UN ÓRGANO PERMANENTE

Una tentación muy frecuente, sobre todo en las Administraciones públicas y en empresas muy grandes y burocráticas, consiste en crear un órgano permanente en la estructura para acometer un proyecto que, por definición, es una actividad transitoria.

Si en una ocasión es necesario lanzar un nuevo producto, se crea el departamento de nuevos productos; si es necesario estudiar la modificación del envase hasta ahora empleado, se constituye el departamento de nuevos envases; si hay que hacer un estudio sobre la ubicación de una nueva planta de producción, se crea el departamento de planificación de instalaciones; si hay que afrontar un proyecto para alojar cajeros automáticos, se forma el departamento de nuevas tecnologías. Los ejemplos podrían multiplicarse.

Es una tentación comprensible, pero que produce consecuencias funestas. La creación de un órgano permanente para dar respuesta a una necesidad transitoria es un grave factor de incremento de los costes y de inflación de las estructuras. Pero, además, el nuevo órgano, una vez finalizado el proyecto que dio lugar a su creación, ha de justificar su existencia dedicándose a realizar estudios innecesarios o nuevos proyectos superfluos, cuando no perturbando la realización de las tareas habituales.

Y todo ello sin conseguir el objetivo de que los diferentes departamentos de la empresa afectados por el proyecto colaboren aportando los conocimientos profesionales necesarios.

## MONTAR SISTEMAS DE GESTIÓN COMPLEJOS

Muchas personas confunden la gestión de proyectos con el afán de montar muy complejos sistemas de gestión, planificación o control. La mayor parte de las publicaciones que se refieren a gestión de proyectos caen en este error presentando numerosos métodos, a cuál más complejo y enrevesado, para planificar supuestos proyectos con ayuda de técnicas matemáticas y estadísticas avanzadas. Todo ello tiene escasa utilidad en la práctica de las empresas corrientes y puede servir de excusa para que se entretengan ciertos departamentos de estudios y planificación y poco más.

La clave de la gestión de proyectos no radica en el empleo de técnicas esotéricas, sino en aplicar principios simples de planificación, decisión y control a la consecución de unos objetivos previamente definidos.

Ello requiere, ante todo, un esfuerzo de voluntad por aplicar reglas de sentido común, pero aplicarlas de verdad, sin caer en el espejismo de comenzar a utilizar una terminología moderna y aparentemente profesional pero seguir con los comportamientos ineficaces habituales.

## 9. LA PREPARACIÓN, ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Una vez tomada la decisión de acometer el proyecto, debemos resguardarnos cuidadosamente de la tentación consistente en querer empezar a toda prisa intentando hacer gala de un gran dinamismo y preocupación por el cumplimiento de los plazos establecidos. En este momento es necesario desarrollar una de las etapas esenciales para la buena gestión y marcha posterior, la etapa de Planificación, preparación y organización del proyecto.

**La etapa de: "Preparación, Organización y Planificación" del proyecto.**

### La Preparación del Proyecto

La fase de preparación es de importancia capital para la correcta gestión de los proyectos, hasta tal punto que podemos decir que es la parte principal después del nombramiento del director de proyecto. Tal es la trascendencia de esta fase que en muchas ocasiones ha parecido confundirse toda la metodología de gestión de proyectos con las meras técnicas de planificación.

Dentro de la "preparación", se integrarían actividades como:

- **La descripción de actividades**
- **Identificación de recursos**
- **Valoración de los mismos -presupuesto**
- **Planificación y eventual reconsideración de los objetivos.**

## Análisis del Proyecto

Actividades (Tareas)	Recursos			Costes	Tiempo	Interdependencias												
	Mano de Obra	Materiales	Maquinaria															
<b>A</b> Transportar al taller de fabricación, los materiales necesarios para elaborar los componentes X1 y X2				€ <sub>A</sub>	T <sub>A</sub>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ACTIVIDADES</th> <th>ACTIVIDADES PRECEDENTES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>B, E</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>D</td> </tr> </tbody> </table>	ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES	A	-	B	A	C	B, E	D	-	E	D
ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES																	
A	-																	
B	A																	
C	B, E																	
D	-																	
E	D																	
<b>B</b> Transportar desde otro punto diferente, al taller de fabricación, para elaborar los componentes Y1 e Y2.				€ <sub>B</sub>	T <sub>B</sub>													
<b>C</b> Transportar desde otro punto diferente, al taller de fabricación, los materiales para elaborar los componentes Z1.				€ <sub>C</sub>	T <sub>C</sub>													
<b>D</b> Fabricar el componente Z1				€ <sub>D</sub>	T <sub>D</sub>													
<b>E</b> Fabricar el componente X1				€ <sub>E</sub>	T <sub>E</sub>													
.....				Coste Total = $\sum \epsilon_i$	Plazo = (?)													

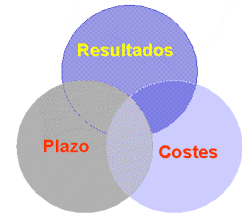
### La Organización del Proyecto

El director del proyecto deberá organizar el proyecto, de acuerdo con los siguientes puntos:

- 1 Los Objetivos y el Director de Proyecto.
- 2 Identificación y Descripción de Actividades.
- 3 Los Recursos.
- 4 Las Prelaciones.
- 5 Los Costes y los Plazos.
- 6 Revisión de Objetivos y Planificación.

## LOS “OBJETIVOS” Y EL “DIRECTOR DE PROYECTO”

Suponemos en este punto que los objetivos del jefe de proyecto ya han sido identificados y definidos con suficiente claridad y concreción, en su triple vertiente de objetivos de **resultado**, **coste** y **plazo**.



También es clave, en este estadio de progreso del proyecto, el **nombramiento del Director de Proyecto** y del resto de instancias de decisión y control que sea necesario arbitrar. Es necesario que en este momento el nombramiento haya sido realizado y sea suficientemente conocido.

↑  
Si quieres que algo funcione, designa a un responsable.

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Una de las primeras y más importantes misiones del Director de Proyecto es la identificación y descripción de las actividades que son necesarias acometer y desarrollar para llegar al resultado deseado. Se trata de hacer una relación de las diversas actividades y tareas a ejecutar, intentando no olvidar ninguna que pueda ser importante y asegurándose de su utilidad para el proyecto global.

La realización de todas las actividades y tareas identificadas es, a la vez, requisito necesario y suficiente para lograr el resultado final que el proyecto persigue.

Nos encontramos ante un trabajo de naturaleza técnica que sólo podrá ser realizado en las debidas condiciones por un profesional en la materia, que reúna la formación técnica necesaria y una suficiente dosis de experiencia. El director de proyecto podrá ser en este punto asesorado y aconsejado por otros expertos, ya sean de la propia empresa o contratados en el exterior, si la dificultad del proyecto lo requiere.

En los proyectos de mayor envergadura podrá ser necesario establecer un segundo escalón de jefatura dentro del proyecto, nombrando responsables de subproyectos o paquetes de actividades, siguiendo la idea ya expuesta de subdividir el proyecto en partes con entidad propia, pero más dominables que el proyecto global. En este supuesto, será ahora el momento de hacer esa descomposición del proyecto y de efectuar los diferentes nombramientos de responsables de segundo o tercer nivel.

La enumeración de las actividades no es suficiente, sino que ha de ir acompañada de una descripción concreta que permita comprender su razón de ser, su contenido, el resultado esperable y las condiciones de ejecución.

## LOS RECURSOS

La realización de las actividades que ya han sido identificadas ha de ir acompañada de la descripción de los recursos a emplear en cada una de las actividades.

Éste es un punto especialmente delicado y conflictivo por diversas razones, entre las que se encuentran las siguientes:

- ▶ Los proyectos requieren frecuentemente el empleo de recursos muy diversos, máquinas, especialistas en diversas materias, subcontratistas, etc.
- ▶ Esos recursos no se precisan de una forma estable en el tiempo, sino que en cada actividad se necesitan recursos diferentes en naturaleza y cantidad.
- ▶ El tipo de recursos empleados y su cantidad determinan decisivamente los costes del proyecto.
- ▶ Los recursos disponibles, humanos, técnicos, financieros, son siempre limitados en cualquier empresa u organismo.



La decisión sobre qué recursos conviene utilizar en cada fase del proyecto es compleja y requiere un profundo conocimiento técnico de la materia, una gran dosis de experiencia y unas capacidades gerenciales destacadas.

Esta parte de la planificación del proyecto supone, para cada una de las actividades identificadas en el apartado anterior, prever:

- Qué tipo de recursos se van a usar.
- En qué cantidad.
- Durante cuánto tiempo.

*Muchas veces, la mera acumulación de recursos, no produce ningún resultado importante.*

Como toda previsión al ser realizada anticipadamente, la estimación de recursos y tiempo podrá estar afectada de errores y revelarse inadecuada al ejecutar la obra, pero en todo caso la previsión es imprescindible, porque va a servir de guía a todo el trabajo posterior. La calidad de las estimaciones dependerá directamente de la capacidad y experiencia del jefe de proyecto y de la mayor o menor familiaridad en realizar este tipo de proyectos.

Precisamente porque suele existir una gran diversidad de posibles combinaciones de recursos para realizar una misma actividad, esta labor de estudio previo del proyecto es sumamente importante y requiere comparar las diversas opciones para elegir la que en cada caso sea más conveniente, pues ello puede repercutir muy favorablemente, no sólo sobre los costes y los plazos del propio proyecto, sino de otros proyectos que deba acometer la empresa, ya que el conjunto de recursos disponibles deberá repartirse entre los diferentes proyectos existentes.

*La calidad de las estimaciones de los "recursos", depende directamente de la capacidad y experiencia del Director de Proyecto y de la mayor o menor familiaridad en realizar ese tipo de proyectos.*

## LAS PRELACIONES O PRECEDENCIAS

Las diversas actividades del proyecto no se realizarán normalmente ni de forma sucesiva ni de forma simultánea. Hacer todas las tareas sucesivamente será en general ilógico, porque llevaría a alargar los plazos enormemente. Tratar de simultanear todas las tareas es también absurdo porque algunas de ellas sólo pueden realizarse cuando otras anteriores ya han sido finalizadas. Un paso más en el proceso de planificación del proyecto consiste en establecer el encadenamiento más lógico y conveniente entre las diversas actividades a realizar.

La relación de actividades que antes habíamos confeccionado ha de tomar ahora forma, situando cada una de ellas en relación con las anteriores y con las siguientes, enlazándolas en el orden más conveniente para resolver de manera adecuada los imperativos técnicos del proyecto y para lograr la combinación óptima de costes y plazos.

Se trata, una vez más, de una labor complicada que requiere un conocimiento profundo de la materia y, generalmente, estudiar diversas alternativas hasta poder optar por la que mejor respuesta da al conjunto de objetivos.

**Las precedencias pueden ser de tres tipos:**

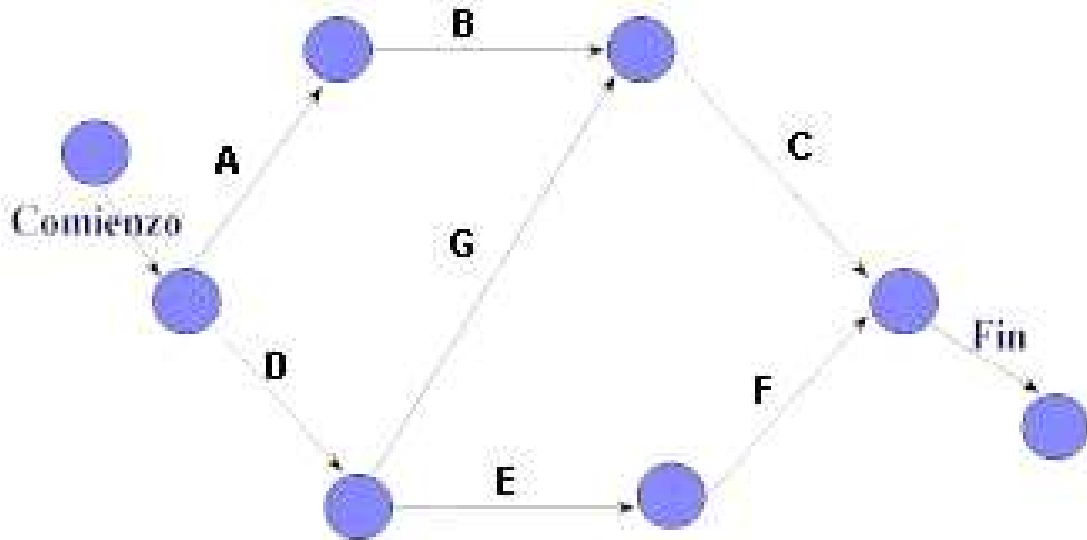
**Técnicas** (p.ej. los cimientos antes que la estructura).

**Procedimentales:** determinadas por la política y procedimientos de la organización (p.ej. el plan de calidad antes que el diseño detallado)

**Impuestas:**

- Por los recursos (p.ej. vacaciones del personal)
- Por la administración (p.ej el estudio de impacto ambiental antes que la ejecución de la obra)
- Por el contexto (climatología, otros proyectos...).

En esta labor suele contarse con el apoyo de técnicas de planificación específicas (PERT, CPM, etc.), que serán analizadas más adelante.



Id	Nombre de tarea	mar '01							26 mar '01							2 abr '01							9 abr '01							16 abr '01							23 abr '01						
		M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
1	<b>Planificación insta</b>	[Barra de tiempo de inicio a fin]																																									
2	Objetivos cliente	[Barra de tiempo] Alberto Rodríguez; Pedro Pérez; Jesús López																																									
3	Tecnología y top	[Barra de tiempo] 22/3 Pedro Pérez																																									
4	Elección softwa	[Barra de tiempo] 22/3 Jesús López																																									
5	Estructura red	[Barra de tiempo] Alberto Rodríguez; Pedro Pérez; Jesús López																																									
6	<b>Instalación hardw:</b>	[Barra de tiempo de inicio a fin]																																									
7	Claveado	[Barra de tiempo] Cable; Inst. cable (3)																																									
8	Tarjeta red	[Barra de tiempo] I. Tarjetas Red; Inst. Hardware (5)																																									
9	<b>Instalación softwa</b>	[Barra de tiempo de inicio a fin]																																									
10	Configuración se	[Barra de tiempo] Jesús López; Software																																									
11	Instalación client	[Barra de tiempo] Inst. Software (5)																																									
12	<b>Optimización</b>	[Barra de tiempo de inicio a fin]																																									
13	Puesta en funcio	[Barra de tiempo] Pedro Pérez; Jesús López																																									

**DIAGRAMA DE TIEMPOS CON INTERDEPENDENCIAS**

## LOS PLAZOS Y LOS COSTES

Una vez que las tareas a realizar han sido identificadas y ordenadas de forma lógica y que se ha determinado qué recursos van a emplearse en cada una de ellas, aparecen con relativa facilidad los costes y los plazos previsibles para el conjunto del proyecto.

Los costes derivan inmediatamente de los recursos a emplear y en función de su cantidad y tiempo de dedicación. El coste de la unidad de recurso, es en general fácil de conocer.

El coste total de una actividad resultará de multiplicar la cantidad de horas consumidas por el coste unitario de cada recurso. El coste total del proyecto será la suma del coste de todas las actividades.

Algo similar ocurre con los plazos: si habíamos calculado el plazo de realización de cada actividad en función de los recursos empleados y establecido el encadenamiento lógico de las actividades, el plazo total del proyecto resultará del camino más largo que definan las actividades y las relaciones establecidas (el camino crítico en la técnica de PERT).



El coste de la unidad de recurso es en general fácil de conocer. El coste total de proyecto será la suma del coste de todas las actividades.



El plazo total del proyecto resultará del camino más largo que definan las actividades y las relaciones establecidas

## REVISIÓN DE OBJETIVOS Y PLANIFICACIÓN

En el proceso de preparación y planificación del proyecto que estamos explicando, es muy probable que se produzca en este momento una situación de conflicto:

Al principio habían sido definidos los objetivos globales del proyecto en términos de resultado, coste y plazo, pero no había sido efectuada una planificación detallada; es posible incluso, **si se trata de un proyecto externo, que exista un contrato firmado entre ambas partes que consagre la obligatoriedad jurídica de alcanzar tales objetivos**; pero, **al hacer la planificación detallada** como hemos expuesto, **puede que los plazos y costes derivados no coincidan con los inicialmente acordados y contratados**. Aparece, pues, una situación conflictiva que hay que resolver.

Hay que destacar que esta situación se producirá más frecuentemente y en términos más acusados cuanto más a la ligera se haya efectuado la definición inicial de objetivos.

Podemos distinguir dos manifestaciones diferentes de esta situación conflictiva:

- ▶ **La planificación demuestra que los objetivos propuestos no son alcanzables**, o no lo son en las condiciones previstas, existiendo problemas de viabilidad técnica o dificultades importantes para cumplir el plazo o respetar el presupuesto.
- ▶ **El conflicto aparece en los recursos**. El proyecto en sí puede realizarse en los términos previstos, pero no tenemos los recursos necesarios o están adscritos a otras funciones o proyectos, por lo que el proyecto no podrá realizarse en las fechas previstas.

Hay varios tipos de acciones posibles, que no son excluyentes, y que habrá que utilizar en cada caso según las circunstancias concurrentes.

- Empezando por la medida más extrema y excepcional, cabe **considerar la posibilidad de abandonar el proyecto**. Estamos probablemente en un punto de no retorno. Es preferible no acometer el proyecto, pese a los costes materiales e inmateriales que ello comporte, que embarcarse en una aventura que ya sabemos puede ser muy arriesgada y azarosa.
- Otra medida, más frecuente y deseable, será la **renegociación de los objetivos con el cliente**, lo cual será en general más fácil en el caso de proyectos internos que en aquellos que dependen de un cliente externo. En todo caso, es preferible entablar esa renegociación antes de haber iniciado el proyecto que después de haber incurrido en costes mucho más elevados.
- Las medidas más frecuentes e interesantes desde el punto de vista de la gestión del proyecto se refieren al esfuerzo de **reconsiderar la planificación efectuada**.

Uno de los errores más comunes es pensar que, una vez efectuada la primera versión de la planificación, si ésta no es acorde con los objetivos inicialmente fijados, el problema no tiene solución y la causa es que los objetivos se fijaron mal.

## 10. LA PLANIFICACIÓN EN EL PROYECTO

Podemos hablar de una "etapa de planificación", cada vez que *se intenta prever un comportamiento futuro y se toman las medidas necesarias se está planificando*.

La Planificación en el proyecto, es una herramienta para la gestión y la toma de decisiones. No para imaginar una evolución

### La Planificación del Proyecto

- **La Planificación** en el proyecto, es una *herramienta para la gestión y la toma de decisiones*.
  - No para imaginar una evolución

#### Proyecto.

"Planteamiento detallado de un conjunto de tareas, cuya realización permite la consecución de unos objetivos que constituyen el fin del Proyecto".

El Proyecto tiene que afrontar la planificación en dos momentos o etapas distintas:

**Primera Etapa: fase de “proyecto”**

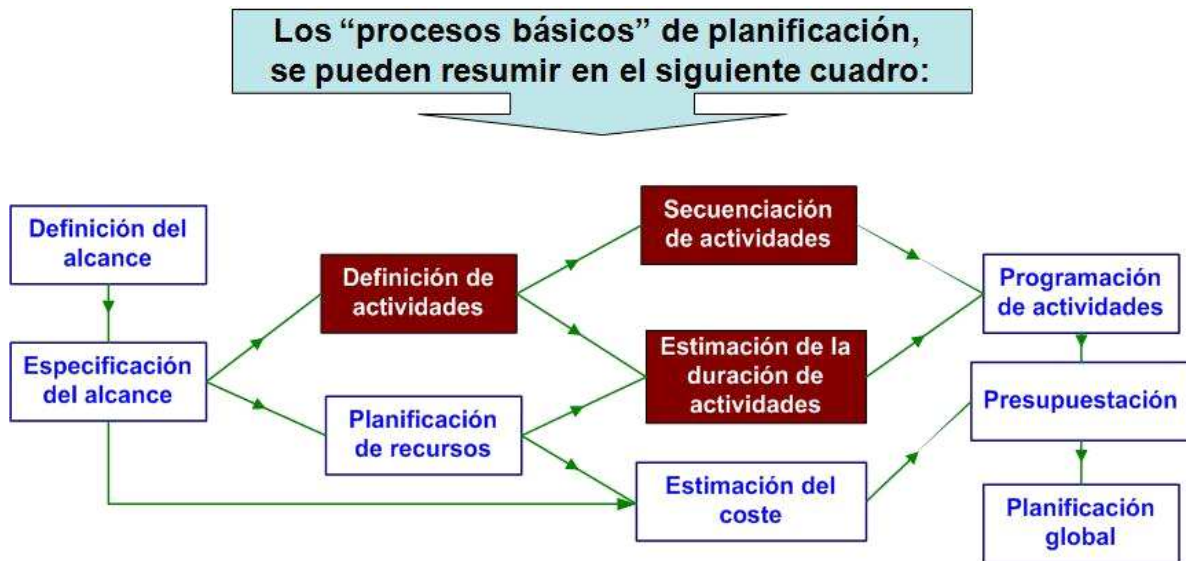
**Segunda Etapa: fase “previa a la ejecución”**

Encontramos dos grandes fases en las que la planificación cobra el máximo protagonismo.

**Primera Etapa: fase de “proyecto”.** Es necesaria para estudiar y establecer la viabilidad de un proyecto, ya sea interno o externo a la organización. Hay que hacer los correspondientes estudios técnicos, de mercado, financieros, de rentabilidad... así como una estimación de los recursos necesarios y los costes generados. Todo ello constituye el elemento fundamental en el que se apoya el cliente (que puede ser la propia organización en el caso de proyectos internos) para decidir sobre la realización o no del proyecto.

**Segunda Etapa: fase “previa a la ejecución”** Esta fase de la planificación, tiene lugar una vez se ha decidido ejecutar el proyecto. Ahora es el momento de realizar una planificación detallada punto por punto. Uno de los errores más importantes y graves en gestión de proyectos es querer arrancar con excesiva premura la obra, sin haber prestado la atención debida a una serie de tareas previas de preparación, organización y planificación que son imprescindibles para garantizar la calidad de la gestión y el éxito posterior.

En esta segunda etapa, los procesos básicos de planificación se pueden resumir en el siguiente cuadro:



## 10.1. IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACIÓN

En los momentos actuales, la mayor parte de las organizaciones reconocen la importancia de la planificación para su crecimiento y bienestar a largo plazo. Se ha demostrado que si los gerentes definen eficientemente la misión de su organización estarán en mejores condiciones de dar dirección y orientación a sus actividades. Las organizaciones funcionan mejor gracias a ello y se tornan más sensibles ante un ambiente de constante cambio.

Supone un marco temporal de tiempo más largo que otros tipos de planificación. Ayuda a orientar las energías y recursos hacia las características de alta prioridad.

Es una actividad de alto nivel en el sentido que la alta gerencia debe participar activamente ya que ella desde su punto de vista más amplio, tiene la visión necesaria para considerar todos los aspectos de la organización. Además se requiere adhesión de la alta dirección para obtener y apoyar la aceptación en niveles más bajos.

Propicia el desarrollo de la empresa al establecer métodos de utilización racional de los recursos. Reduce los niveles de incertidumbre que se pueden presentar en el futuro, más no los elimina. Prepara a la empresa para hacer frente a las contingencias que se presenten, con las mayores garantías de éxito. Mantiene una mentalidad futurista teniendo más visión del porvenir y un afán de lograr y mejorar las cosas. Reduce al mínimo los riesgos y aprovecha al máximo las oportunidades. Promueve la eficiencia al eliminar la improvisación. Minimiza el trabajo no productivo y se obtiene una identificación constructiva de los problemas y las potencialidades de la empresa.

Por ultimo, cabe destacar que la planificación es la primera función del proceso administrativo, por tanto, realizar una buena planificación conlleva a tener una buena organización, dirección y control de la empresa lo cual se traduce en una administración cien por ciento efectiva.

## 10.2. CONCEPTO DE PLANIFICACIÓN

La planificación desde el punto de vista de diferentes pioneros de la administración:

Según George Terry:

"La planificación es seleccionar información y hacer suposiciones respecto al futuro para formular las actividades necesarias para realizar los objetivos organizacionales."

Según, Idalberto, Chiavenato:

"La planificación es una técnica para minimizar la incertidumbre y dar mas consistencia al desempeño de la empresa."

Según, David, Ewing:

"La planificación es en gran medida la tarea de hacer que sucedan cosas que de otro modo no sucederían"

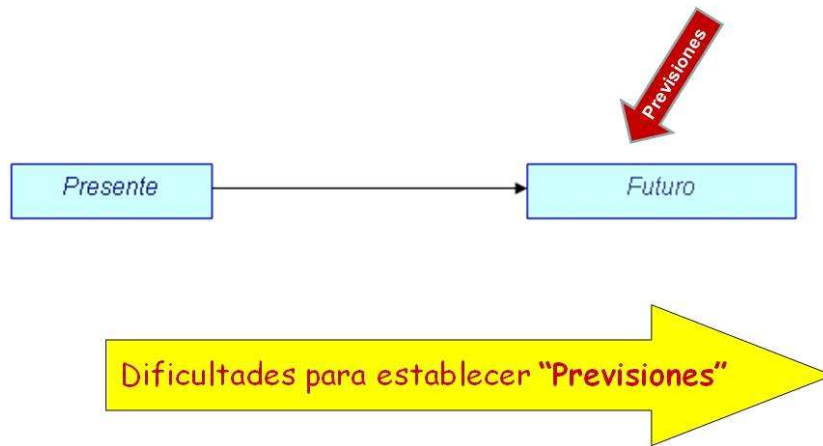
**"La planificación es seleccionar información y hacer suposiciones respecto al futuro para formular las actividades necesarias para realizar los objetivos organizacionales."**

### 10.3. LAS PREMISAS DE LA PLANIFICACIÓN.

La planificación es la primera función administrativa porque sirve de base para las demás funciones. Esta función determina por anticipado cuáles son los objetivos que deben cumplirse y que debe hacerse para alcanzarlos; por tanto, es un modelo teórico para actuar en el futuro.

La planificación comienza por establecer los objetivos y detallar los planes necesarios para alcanzarlos de la mejor manera posible. La planificación determina donde se pretende llegar, que debe hacerse, como, cuando y en que orden debe hacerse.

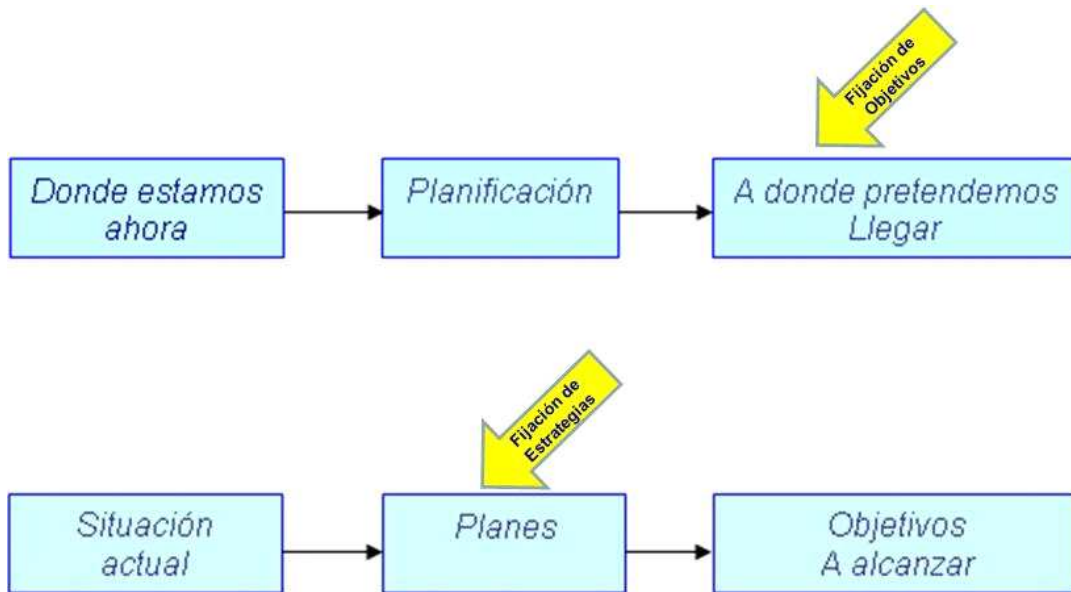
La planificación es una herramienta para la gestión y la toma de decisiones, no para imaginar en un primer momento una evolución que posteriormente el tiempo se encargará de demostrar que estaba equivocada



- Esta locura por la radio morirá con el tiempo  
Thomas Edison, 1922
- Hay un mercado mundial de unos 5 ordenadores  
Thomas Watson, Chairman IBM, 1943
- Los ordenadores del futuro no pesarán más de 1,5 toneladas  
Mecánica popular, 1949
- No hay ninguna razón para que un persona tenga un ordenador en su casa  
Ken Olsen, Presidente de Digital, 1977
- 64 K de memoria deben bastarle a cualquiera  
Bill Gates, Presidente de Microsoft, 1981

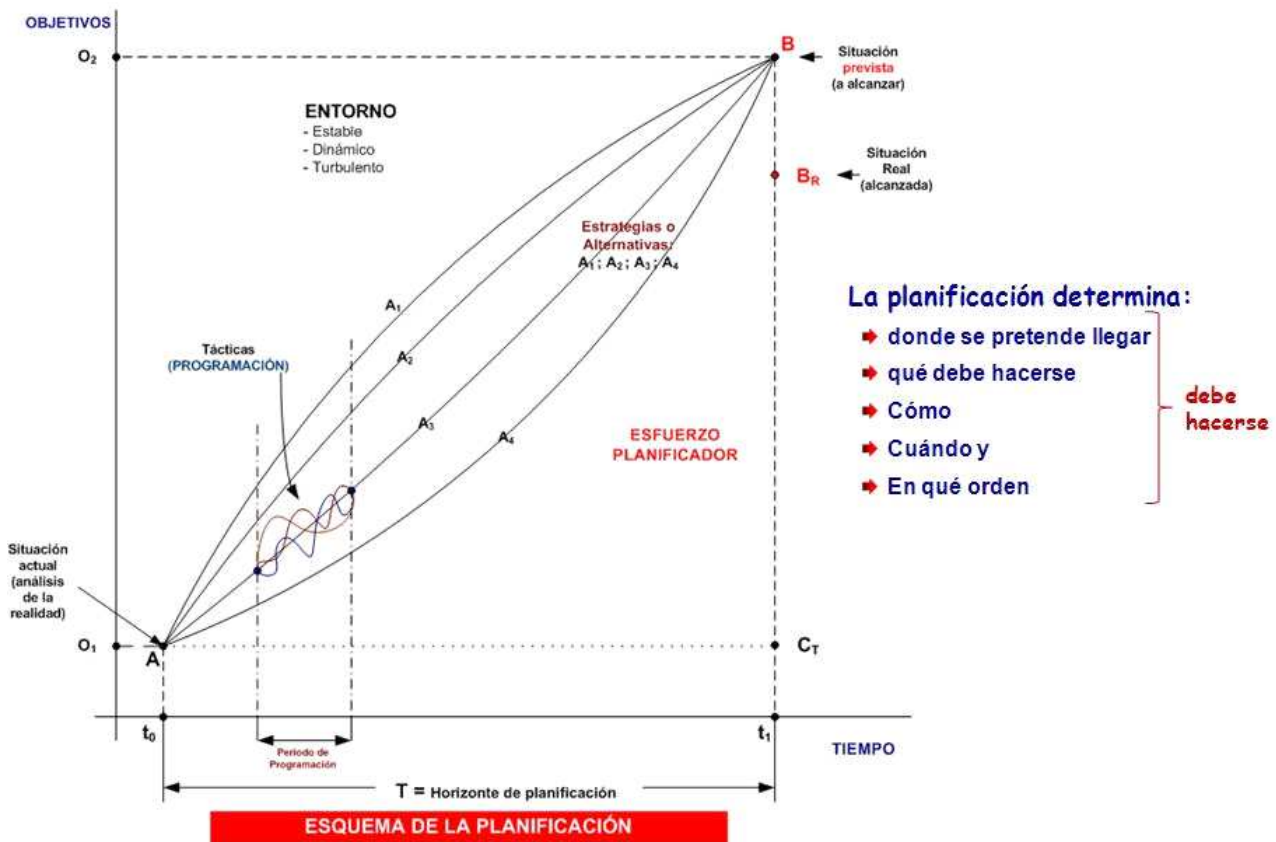
- Who wants actors speaking in a film .  
H.M. Warner ( Chairman of Warner Bros ) 1927
- The horse will be with us forever, the car is just a question of fashion .  
The lawyers of Henry Ford ( Ford 1903 )
- The TV will have a short life. Families would not enjoy to stay every night in front of a wood box.  
Darryl Zanuk ( 20 th Century Fox , 1946 )

- Internet
- Telefonía móvil
- Terrorismo
- Cambio climático
- Singles
- Low cost
- Avances médicos
- Crisis financiera



- PLANIFICACIÓN**
- Fija Plazo de planificación
  - Fija Objetivos
  - Selecciona la Estrategia
  - Ordena las actividades

- PROGRAMACIÓN**
- Asigna Recursos
  - Fija fechas de Comienzo y Terminación de las tareas





## 10.4. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANIFICACIÓN

Las características más importantes de la planificación son las siguientes:

- ▶ La planificación es un proceso permanente y continuo: no se agota en ningún plan de acción, sino que se realiza continuamente en la empresa.
- ▶ La planificación está siempre orientada hacia el futuro: la planificación se halla ligada a la previsión.
- ▶ La planificación busca la racionalidad en la toma de decisiones: al establecer esquemas para el futuro, la planificación funciona como un medio orientador del proceso decisorio, que le da mayor racionalidad y disminuye la incertidumbre inherente en cualquier toma de decisión.
- ▶ La planificación busca seleccionar un curso de acción entre varias alternativas: la planificación constituye un curso de acción escogido entre varias alternativas de caminos potenciales.
- ▶ La planificación es sistemática: la planificación debe tener en cuenta el sistema y subsistemas que lo conforman; debe abarcar la organización como totalidad.
- ▶ La planificación es repetitiva: incluye pasos o fases que se suceden. Es un proceso que forma parte de otro mayor: el proceso administrativo.
- ▶ La planificación es una técnica de asignación de recursos: tiene por fin la definición, el dimensionamiento y la asignación de los recursos humanos y no humanos de la empresa, según se haya estudiado y decidido con anterioridad.
- ▶ La planificación es una técnica cíclica: la planificación se convierte en realidad a medida que se ejecuta. A medida que va ejecutándose, la planificación permite condiciones de evaluación y medición para establecer una nueva planificación con información y perspectivas más seguras y correctas.
- ▶ La planificación es una función administrativa que interactúa con las demás; está estrechamente ligada a las demás funciones – organización, dirección y control – sobre las que influye y de las que recibe influencia en todo momento y en todos los niveles de la organización.
- ▶ La planificación es una técnica de coordinación e integración: permite la coordinación e integración de varias actividades para conseguir los objetivos previstos.
- ▶ La planificación es una técnica de cambio e innovación: constituye una de las mejores maneras deliberadas de introducir cambios e innovaciones en una empresa, definidos y seleccionados con anticipación y debidamente programados para el futuro.

### • **Características de la Planificación de Proyectos:**

- ➔ **Es el resultado de probar diversas simulaciones o combinaciones posibles de actividades y recursos.**
- ➔ **Es dinámica, es decir, ha de ser constantemente seguida y frecuentemente actualizada.**
- ➔ **En general, no será posible efectuar una buena planificación, ni mantenerla actualizada, si no se dispone de apoyo informático para su tratamiento.**

## 10.5. VENTAJAS DE LA PLANIFICACIÓN

Existen muchas ventajas para la planificación que deben estimular a todos los gerentes en todos los niveles de cualquier organización. Entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

1. Requiere actividades con orden y propósito. Se enfocan todas las actividades hacia los resultados deseados y se logra una secuencia efectiva de los esfuerzos.
2. Señala la necesidad de cambios futuros. La planificación ayuda al gerente a visualizar las futuras posibilidades y a evaluar los campos clave para posible una posible participación.
3. Contesta a las preguntas "y que pasa si..." Tales preguntas permiten al que hace la planificación, a través de una complejidad de variables ver e intuir los posibles planes de contingencia.
4. Proporciona una base para el control. Este se ejecuta para cerciorarse que la planificación esta dando los resultados buscados.
5. Estimula la realización. El hecho de poner los pensamientos en papel y formular un plan proporciona al que hace los planes la orientación y el impulso de realizar y lograr los objetivos.
6. Obliga a la visualización del conjunto. Esta comprensión general es valiosa, pues capacita al gerente para ver las relaciones de importancia, obtiene un entendimiento más pleno de cada actividad y aprecia la base que apoya a las actividades administrativas.
7. Aumenta y equilibra la utilización de las instalaciones. Se hace un mejor uso de lo que se dispone.
8. Ayuda al gerente obtener status. La planificación adecuada ayuda al gerente a proporcionar una dirección confiada y agresiva.

## 10.6. DESVENTAJAS DE LA PLANIFICACIÓN

Por otra parte, existen desventajas o limitaciones del uso de la planificación.

- ▶ La planificación está limitada por la exactitud de la información y de los hechos futuros. La utilidad de un plan está afectada por la corrección de las premisas utilizadas como sub-secuentes. Si las condiciones bajo las cuales fue formulado el plan cambian en forma significativa, puede perderse gran parte del valor del plan.
- ▶ La planificación cuesta mucho. Algunos argumentan que el costo de la planificación excede a su contribución real. Creen que seria mejor gastar el dinero en ejecutar el trabajo físico que deba hacerse.
- ▶ La planificación tiene barreras psicológicas. Una barrera usual es que las personas tienen más en cuenta el presente que el futuro.
- ▶ La planificación ahoga la iniciativa. Algunos creen que la planificación obliga a los gerentes a una forma rígida de ejecutar su trabajo.
- ▶ La planificación demora las acciones. Las emergencias y apariciones súbitas de situaciones desusadas demandan decisiones al momento. No puede dejar pasar el tiempo valioso reflexionando sobre la situación y diseñando un plan.
- ▶ La planificación es exagerada por los planificadores. Algunos críticos afirman que quienes hacen la planificación tienden a exagerar su contribución.
- ▶ La planificación tiene limitado valor práctico. Algunos afirman que la planificación no solo es demasiada teórica.

La planificación de un proyecto debe afrontarse de manera adecuada para que al final del mismo se pueda hablar de éxito. No se trata de una etapa independiente abordable en un momento concreto del ciclo del proyecto. Es decir, no se puede hablar de un antes y un después al proceso de planificación puesto que según avance el proyecto será necesario modificar tareas, reasignar recursos, etc.

Se debe tener claro que si bien sí podemos hablar de una "etapa de planificación", llamada así porque aglutina la mayor parte de los esfuerzos para planificar todas las variables que se darán cita, cada vez que se intenta prever un comportamiento futuro y se toman las medidas necesarias se está planificando.

La planificación de los proyectos debe estar afectada de un notable grado de **agilidad y dinamismo**: no es razonable planificar un proyecto y pensar que esa planificación es ya definitiva e inmutable. En casi todos los casos, la realidad no coincide exactamente con lo previsto, por lo que es necesario ir haciendo ajustes periódicos. Según avance el proyecto será necesario "modificar tareas", "reasignar recursos", etc .... (re-planificar)

- **Revisión de la Planificación:**
  - La Planificación queda anticuada casi desde el mismo momento de su aprobación.
  - *Es conveniente ajustarla o ponerla al día, a la vista de los distintos acontecimientos que van produciéndose.*

Hemos visto que las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto, definiendo "prioridades", la "duración" y el "orden de ejecución" de las mismas.

La importancia de **la Planificación**, la convierte a ésta en **herramienta imprescindible para la Dirección de la empresa y en particular para el Director del Proyecto**. Para la Dirección de Proyectos no bastará con Planificar (establecer prioridades). También le será imprescindible (Asignar Recursos o Gestionar) para su realización,....."Programar". Ya que el rendimiento de la nueva inversión que todo proyecto representa, está íntimamente ligado a su período de ejecución.

La Dirección de Proyectos con sus Objetivos de: Resultado, Coste y Plazo, solo puede tener éxito, si está fundada en una Planificación realista. En ciertas ocasiones se han utilizado otros términos para definir la misma idea. Así, en las "Administraciones Públicas" se usa con frecuencia el término "programa" en un sentido análogo; por ejemplo, al hablar de presupuestos por programas.

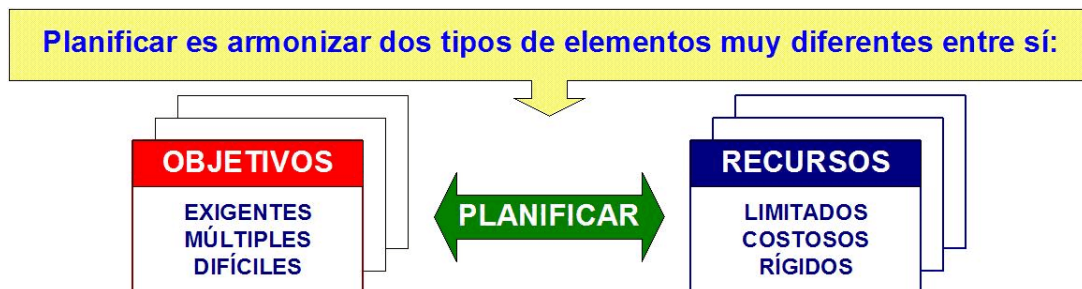
Para la Dirección de Proyectos no bastará con Planificar (establecer prioridades). También le será imprescindible (Asignar Recursos o Gestionar) para su realización,....."Programar". Ya que el rendimiento de la nueva inversión que todo proyecto representa, está íntimamente ligado a su período de ejecución.

- La **Dirección de Proyectos** para conseguir los objetivos del mismo, debe entre otras cosas:
  - **Planificar** ..... (establecer prioridades).
  - **Programar** ..... (asignación de recursos).
  - **Controlar los Resultados** ..... (logro de los objetivos).

Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto, definiendo "prioridades", la "duración" y el "orden de ejecución" de las mismas.

## 11. LA PROGRAMACIÓN Y EL CONTROL, HERRAMIENTAS DE GESTIÓN.

Hemos visto que **la Planificación**, se convierte en herramienta imprescindible para la Dirección de la empresa y en particular para el Director del Proyecto. Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto, definiendo “prioridades”, la “duración” y el “orden de ejecución” de las mismas.



### 11.1. LA PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

Para la Dirección de Proyectos no bastará con Planificar (establecer prioridades), también le será imprescindible Programar (Asignar Recursos o Gestionar) para su realización, ya que el rendimiento de la nueva inversión que todo proyecto representa, está íntimamente ligado a su período de ejecución.

**Las técnicas de Programación** tratan de ordenar las actividades de forma que se puedan identificar las relaciones temporales lógicas entre ellas, determinando el calendario o los instantes de tiempo en que debe realizarse cada una. La Programación fija plazos y fechas para la realización de las distintas actividades, y asigna recursos dentro de unas hipótesis, coherentes con los objetivos

La programación debe ser coherente con los objetivos perseguidos y respetar las restricciones existentes (recursos, costes, cargas de trabajo, etc...).

**La programación consiste** por lo tanto en fijar, de modo aproximado, los instantes de inicio y terminación de cada actividad. Algunas actividades pueden tener holgura y otras son las actividades críticas (fijas en el tiempo).

La programación consiste en “fijar”, de modo aproximado, los instantes de “*inicio y terminación*” de cada actividad.

Influencia de los “recursos asignados”

Es evidente, que una mayor utilización intensiva de los recursos disponibles, en cantidad o calidad, es decir, un mayor coste, permite plazos de ejecución más cortos; todo ello con un límite inferior, marcado por el punto en que por muchos más recursos que se asignen, existe la imposibilidad material de disminuir el plazo (costes directos). También existe un límite superior por encima del cual, por mucho que se alargue la duración, hay recursos mínimos de los que no podemos prescindir (costes directos).

Para comenzar la Programación, se ha de partir de los siguientes datos:



- Diagrama de Red del Proyecto (PERT, PDM, ADM, ...).
- Estimación de la "duración de actividades".
- Análisis de los "Recursos asignados" a las actividades.
- Calendarios de asignación de "recursos para actividades".
- Establecer las "Limitaciones", como fechas fijas para resultados o fases del proyecto.

### PASOS

- ▶ Construir un diagrama de tiempos (instantes de comienzo y holgura de las actividades).
- ▶ Establecer los tiempos de cada actividad.
- ▶ Analizar los costes del proyecto y ajustar las holguras (proyecto de coste mínimo).

### RESULTADOS:

- ▶ Disponer de un diagrama de tiempos.
- ▶ Conocer actividades críticas y determinar la necesidad de recursos.

Para **comenzar la programación**, se ha de partir de los siguientes datos:

- ▶ Diagrama de red del proyecto (PDM, ADM...);
- ▶ Estimación de duración de actividades;
- ▶ Recursos asignados a las actividades;
- ▶ Calendarios de recursos para actividades;
- ▶ Limitaciones, como fechas fijas para resultados o fases del proyecto.

## 11.2. EL CONTROL DEL PROYECTO

El Control implica el uso de la retroalimentación para darle seguimiento al proyecto. Comparar el plan del proyecto, con lo realizado al momento (*Análisis de las Desviaciones*). Además, deben tomarse las acciones para acelerar o reprogramar las actividades ( *Medidas Correctoras*).

- Respecto a su gestión, todos los proyectos constan de tres fases principales:
  - 1) **Crear el "plan de trabajo"**: Planificación y Programación
  - 2) **Gestionar y realizar un seguimiento del proyecto**
  - 3) **Cerrar el proyecto** (control final)

## 12. ANÁLISIS DE LAS DISTINTAS TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN.

La planificación de un proyecto debe afrontarse de manera adecuada para que al final del mismo se pueda hablar de éxito. a nuestra disposición contamos con un conjunto de técnicas que pasamos a estudiar.



**Nota.- Vital importancia del soporte informático:** potencian el desarrollo de algoritmos de planificación

Según los resultados que deseemos conocer, podemos hacer uso de unas determinadas herramientas o de otras.

En cuadro se muestran todas ellas, que pasamos a comentar a continuación:

		ESCALA TEMPORAL	
		NO	SI
REPRESENTACIONES DE DEPENDENCIAS	NO	Lista de Tareas Lista de Hitos	Gráfico de Barras (Gantt) Gráfico de Hitos
	SI	<b>Diagrama de Red:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PERT (Eventos-Nodo)</li> <li>• PDM (Actividad – Nodo)</li> <li>• ADM (Actividad – Flecha)</li> </ul>	Diagrama de tiempos con vínculos de interdependencia entre tareas

## 12.1. CLASIFICACIÓN DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS.

### 12.1.1. ESCALA TEMPORAL **SÍ**- DEPENDENCIAS **NO**

#### Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es un diagrama de barras desarrollado por Henry Gantt durante la I Guerra Mundial para la programación del arsenal Francfort. De la misma manera que F. W. Taylor, estableció en la primera década del siglo XX, los fundamentos de la Organización Científica del Trabajo.

Los Diagramas de Barras o Gráficos de Gantt, han constituido una de las principales herramientas en la Planificación de la Producción.

Gantt procuro resolver el problema de la programación de actividades, es decir, su distribución conforme a un calendario, de manera tal que se pudiese visualizar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de iniciación y terminación e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo, pero no aparecen dependencias e interrelaciones entre las actividades.

El instrumento que desarrolló permite también que se siga el curso de cada actividad, al proporcionar información del porcentaje ejecutado de cada una de ellas, así como el grado de adelanto o atraso con respecto al plazo previsto.

El diagrama de Gantt consiste en una representación gráfica sobre dos ejes;

- ▶ **En el eje vertical se disponen las tareas del proyecto.** A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración, en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra
- ▶ **En el eje horizontal se representa el tiempo.** Un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.



### Características del Diagrama de Gantt

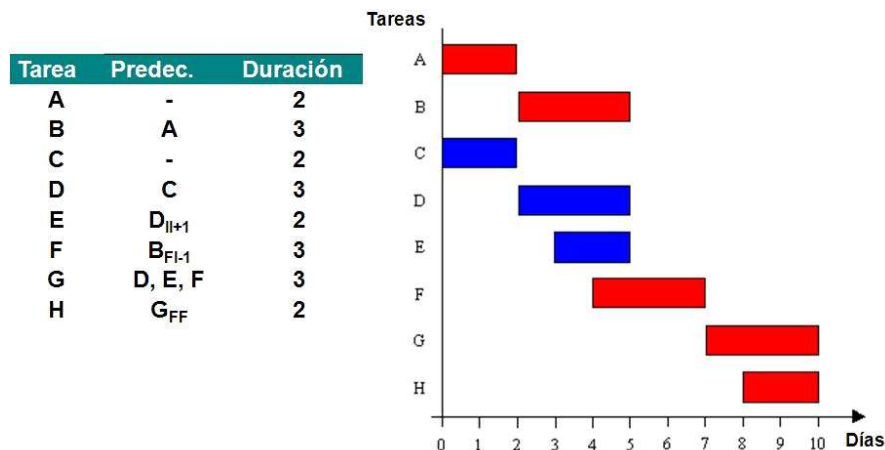
- ▶ Han constituido una de las principales herramientas en la Planificación de la Producción.
- ▶ Cada actividad se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración; la altura carece de significado.
- ▶ Actividades realizables por hombres y/o máquinas, en que se divide cualquier proceso industrial o Proyecto.
- ▶ La posición de cada bloque en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden.
- ▶ Los bloques correspondientes a tareas del camino crítico acostumbran a rellenarse en otro color. (pe.- rojo)
- ▶ No permite la existencia de conexiones cruzadas que muestren directamente como la duración de una actividad depende de otras
  - ▶ Por lo que las relaciones secuenciales no quedan definidas completamente.
- ▶ La ventaja de los diagramas de Gantt es su sencillez.
- ▶ Es fácil de usar y de interpretar por los usuarios.
- ▶ Otra ventaja es que las barras se dibujan a escala, por lo tanto es muy fácil ver la duración relativa de cada actividad.

En el Diagrama de Gantt, se muestran, las fechas de comienzo y finalización, de las actividades y las duraciones estimadas, pero **no aparecen "dependencias"**

### Método constructivo del Diagrama de Gantt

Para construir un diagrama de Gantt se han de seguir los **pasos**:

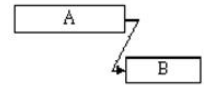
1. Dibujar los ejes horizontal y vertical.
2. Escribir los nombres de las tareas sobre el eje vertical.
3. En primer lugar se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que no tienen predecesoras.
4. Se sitúan de manera que el lado izquierdo de los bloques coincida con el instante cero del proyecto (su inicio).
5. A continuación, se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que sólo dependen de las tareas ya introducidas en el diagrama.
6. Se repite este punto hasta haber dibujado todas las tareas.



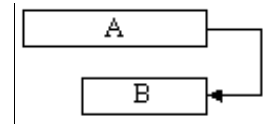


En este proceso se han de tener en cuenta las consideraciones siguientes:

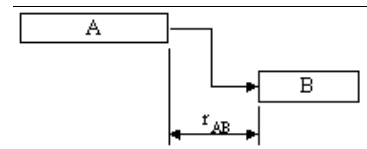
**Las dependencias fin-inicio** se representan alineando el final del bloque de la tarea predecesora con el inicio del bloque de la tarea dependiente.



**Las dependencias final-final** se representan alineando los finales de los bloques de las tareas predecesora y dependiente.



**Los retardos** se representan desplazando la tarea dependiente hacia la derecha en el caso de retardos positivos y hacia la izquierda en el caso de retardos negativos.



### Cálculos

El diagrama de Gantt es un diagrama representativo, que permite visualizar fácilmente la distribución temporal del proyecto, pero es poco adecuado para la realización de cálculos

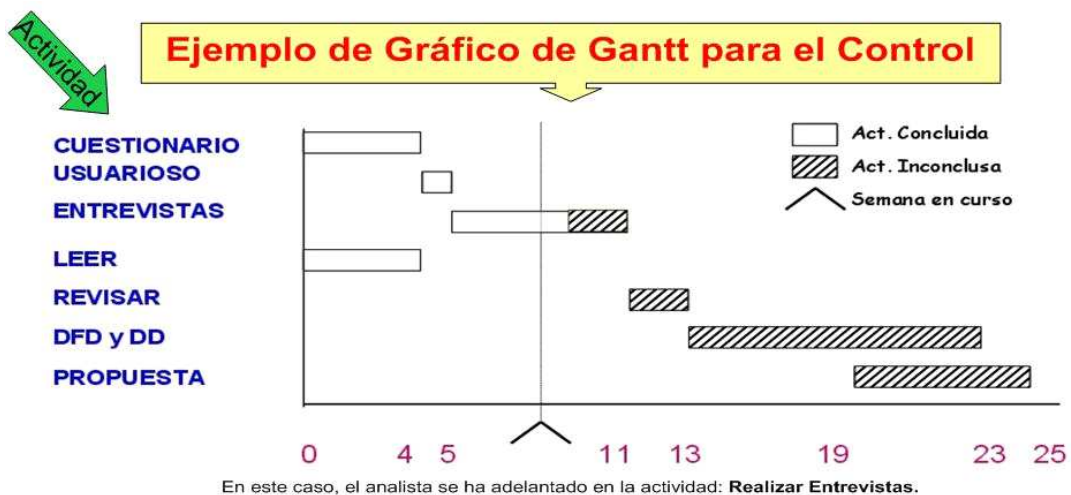
Por la forma en que se construye, muestra directamente los inicios y finales mínimos de cada tarea.

### Gráfico de Gantt para el control de la carga de trabajo.

Este gráfico es semejante al de la distribución de actividad que tiene por objeto proporcionar el administrador una posición de carga total de trabajo aplicada a cada recurso.

Indica el periodo durante el cual:

- ▶ El recurso estará disponible para el trabajo (representado por una línea fina) y
- ▶ La carga total de trabajo asignada a este recurso (representado por una línea gruesa).



## La Planificación-Programación del Proyecto con el Gráfico de Gantt.

La planificación-programación de los proyectos mediante esta técnica, se traduce o refleja en dos gráficos de Gantt: **Gantt de actividades** y **Gantt de recursos**.

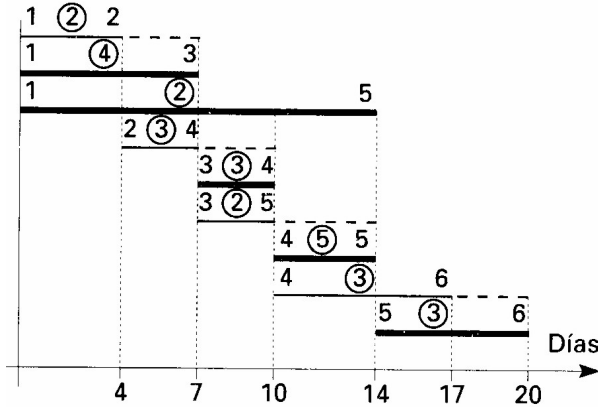


Diagrama de Gantt de Actividades

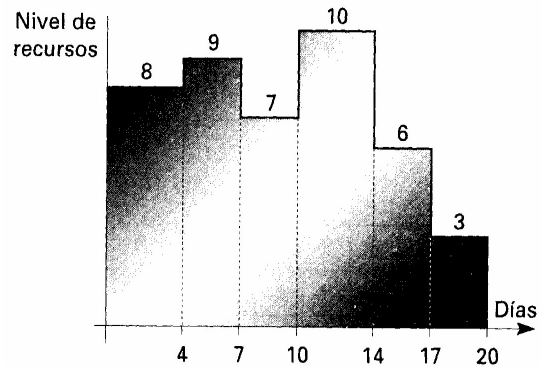


Diagrama de Gantt de Recursos

En el gráfico de GANTT se realiza la planificación y la programación al mismo tiempo, o sea que la longitud de la barra que representa cada tarea indica las unidades de tiempo.

La utilidad de un gráfico de este tipo es mayor cuando se añaden los recursos y su grado de disponibilidad en los momentos oportunos.

### Limitaciones del Diagrama de Gantt

- ▶ Su uso directo, no permite la existencia de conexiones cruzadas que muestren directamente como la duración de una actividad depende de otras: por lo que **las relaciones secuenciales no quedan definidas completamente**.
- ▶ Tampoco permite conocer claramente, la lógica utilizada en la Planificación: por lo que las decisiones a tomar en caso de dificultades, pueden ser erróneas.
- ▶ No permite conocer el efecto de las acciones correctoras, aplicadas sobre una determinada actividad, en el conjunto de la Planificación.

**A pesar de sus limitaciones, los gráficos de Gantt han sido y son, ampliamente utilizados, en proyectos sencillos.**

### Utilización del Diagrama de Gantt

La utilización de los gráficos de Gantt, exige conocer:

- ▶ Las Actividades Principales y sus Precedencias del proyecto.
- ▶ Estimación de los tiempos a emplear en el desarrollo de cada actividad: basándose en estadísticas y/o experiencias anteriores.

## Aplicaciones típicas del Diagrama de Gantt.

Son las siguientes:

- **Casos de aplicaciones típicas** con el Gráfico de Gantt, son las siguientes:
  - **Proyectos con pocas actividades a controlar.**
    - Normalmente por debajo de las 200.
  - **Procesos de fabricación de productos, con una secuencia y paralelismos fijos.**
  - **Proyectos cuyas actividades no tienen apenas relaciones de dependencia entre sí.**
    - Caso concreto de un Programa de Compras.
  - **Realización de planificaciones básicas,**
    - Para ser utilizadas posteriormente como punto de partida para la aplicación de sistemas de planificación más sofisticados.

Como **ventajas** tendríamos la facilidad de construcción y comprensión, y el mantenimiento de la información global del proyecto.

Y como **desventajas**, que no muestra relaciones entre tareas ni la dependencia que existe entre ellas, y que el concepto de % de realización es un concepto subjetivo.

### En resumen,

- Para la planificación de actividades relativamente simples, el gráfico de Gantt representa un instrumento de bajo costo y extrema simplicidad en su utilización.
- Para proyectos complejos, sus limitaciones son bastantes serias, y fueron éstas las que llevaron a ensayos que dieron como resultado el desarrollo del CPM, el PERT y otras técnicas conexas.
- Estas técnicas introdujeron nuevos conceptos que, asociados más tarde a los de los gráficos de Gantt, dieron origen a las denominadas “**redes-cronogramas**”.

#### • CONCLUSION

- El gráfico de Gantt se presta para la programación de actividades de la más variada especie, desde “la decoración de una casa” hasta “la construcción de una nave”.
  - Desde su creación ha sido un **instrumento sumamente adaptable** y de **uso universal**, dada su fácil construcción.
  - En el desarrollo de un proyecto es común que se disponga de recursos limitados para la ejecución de actividades.
- El gráfico de Gantt permite identificar la actividad en que se estará utilizando cada uno de los recursos y la duración de esa utilización, de tal modo que **“puedan evitarse periodos ociosos innecesarios”** y se dé también al administrador **“una visión completa de la utilización de los recursos”** que se encuentran bajo su supervisión.

### Gráfica de Hitos

Un hito es un evento claramente verificable por otra persona y que requiere verificación antes de poder proseguir con la ejecución del proyecto. Por ejemplo, la obtención y formalización de los requisitos de usuario constituye un hito en la realización de un proyecto de ingeniería software.

La utilidad de los hitos se basa en la buena selección de los mismos. Pero al igual que los diagramas de GANTT, la programación con hitos no aporta o refleja información acerca de la interdependencia entre tareas o actividades.

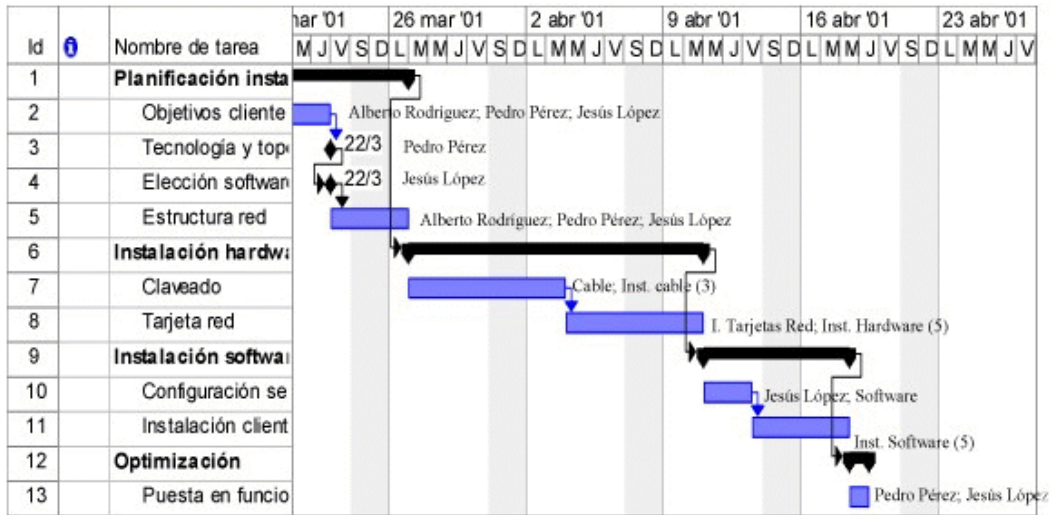


DIAGRAMA DE TIEMPOS CON INTERDEPENDENCIAS

RELACIONES DE PRECEDENCIA			
Relación entre Tareas	Significa	Aparece en el Diagrama de Gantt como:	Ejemplo
FINAL-COMIENZO (FC)	La fecha de fin de la tarea predecesora determina la fecha de comienzo de la tarea sucesora.		Una escena debe ser filmada antes de ser editada.
COMIENZO-COMIENZO (CC)	La fecha de comienzo de la tarea predecesora determina la fecha de comienzo de la tarea sucesora		La revisión del guión y el reparto del guión y planificación del calendario están estrechamente relacionadas, y deberían ocurrir de manera simultánea.
FINAL-FINAL (FF)	La fecha de fin de la tarea predecesora determina la fecha de fin de la tarea sucesora		Las tareas que requieren un determinado equipamiento deben finalizar cuando finalice el alquiler del equipamiento.
COMIENZO-FINAL (CF)	La fecha de comienzo de la tarea predecesora determina la fecha de fin de la tarea sucesora		Este tipo de relación se utiliza en raras ocasiones. Por ej., cuando se realiza el seguimiento de las tareas de contabilidad.

# PARTE II. LA TÉCNICA DE GRAFOS APLICADA A PROYECTOS: ASPECTOS GENERALES DE LA TÉCNICA DE GRAFOS

## 1. LA TÉCNICA DE GRAFOS APLICADA A LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS.

La necesidad de Planificar y Programar considerando las limitaciones del diagrama de Gantt, propició el desarrollo de nuevas técnicas como son las basadas en La Teoría de Grafos o Redes.

La aplicación de las técnicas de planificación y programación basadas en el uso de grafos, exigen “un detallado estudio del proyecto” y de las actividades que el mismo incluye.

Este estudio de las actividades que componen el proyecto, es anterior a la aplicación de cualquiera de los posibles técnicas utilizables, y es una de las grandes ventajas de los mismos, ya que obliga al conocimiento detallado de todos los aspectos del proyecto.

		ESCALA TEMPORAL	
		NO	SI
REPRESENTACIONES DE DEPENDENCIAS	NO	Lista de Tareas Lista de Hitos	Gráfico de Barras (Gantt) Gráfico de Hitos
	SI	Diagrama de Red: <ul style="list-style-type: none"> <li>• PERT (Eventos-Nodo)</li> <li>• PDM (Actividad – Nodo)</li> <li>• ADM (Actividad – Flecha)</li> </ul>	Diagrama de tiempos con vínculos de interdependencia entre tareas

### Diagrama de Red.

Un **diagrama de red** es cualquiera de las representaciones que vinculan las *actividades* y los *eventos* de un proyecto entre sí para reflejar las *interdependencias* entre las mismas. Una actividad o evento puede presentar interdependencias con actividades o eventos sucesores, predecesores, o en paralelo.

Los más importantes son:

**PERT (Program Evaluation and Review Technique)**

**PDM (Precedence Diagramming Method)**

**ADM (Arrow Diagramming Method)**

## VENTAJAS DE ESTAS TÉCNICAS

Las principales ventajas de estas técnicas son el poder proporcionar a la dirección las siguientes informaciones:

- ¿Qué trabajos serán necesarios de realizar primero, y cuándo se deben realizar los acopios de materiales y qué problemas de financiación hemos de resolver?
- ¿Qué trabajos hay y cuántos serán requeridos en cada momento?
- ¿Cuál es la situación del proyecto que está en marcha en relación con la fecha programada para su terminación?
- ¿Cuáles son las actividades críticas que al retrasarse cualquiera de ellas, retrasan la duración del proyecto?
- ¿Cuáles son las actividades no críticas y cuánto tiempo de holgura se les permite si se demoran?
- Si el proyecto está atrasado, ¿dónde se puede reforzar la marcha para contrarrestar la demora y qué coste produce?
- ¿Cuál es la planificación y programación de un proyecto con coste total mínimo y duración óptima?

## EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS TÉCNICAS DE GRAFOS APLICADA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS.

La utilidad manifiesta de la Planificación para la Dirección de Proyectos Industriales y, en general, para todos aquellos **procesos productivos no repetitivos**, se plasma en la amplia utilización de los métodos de Planificación Lineal, representados muy en especial por las aportaciones de Henry L. Gantt que comenzó a ser motivo de especial atención al final de la Segunda Guerra Mundial.

En un estudio sobre la producción encontramos que ésta se puede clasificar en dos tipos; producción continua o en serie, y la producción por unidades, que ha de ser compleja para poder utilizar estas técnicas, por ejemplo, toda clase de construcción, como: alternadores, locomotoras, barcos, edificios, carreteras, puentes, instalaciones de plantas, etc. Las técnicas que vamos a presentar y en particular, el PERT y CPM son técnicas del progreso científico para controlar esta clase de producción por unidades identificado con un proyecto.

Hasta finales de los cincuenta el gráfico de Gantt fue la única herramienta de planificación que se tenía; en esta época, la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina de los Estados Unidos de América, en colaboración con la Lockheed (fabricantes de proyectiles balísticos) y la Booz, Allen & Hamilton (ingenieros consultores), se plantean un nuevo método para solucionar el problema de planificación, programación y control del proyecto de construcción de submarinos atómicos armados con proyectiles "Polaris", donde tendrían que coordinar y controlar, durante un plazo de cinco años a 250 empresas, 9.000 subcontratistas y numerosas agencias gubernamentales.

En julio de 1958 se publica el primer informe del programa, al que denominan *Programme Evaluation and Review Technique* (**PERT**, Evaluación de Programas y Revisión Técnica), decidiendo su aplicación en octubre del mismo año y consiguiendo un adelanto de dos años sobre los cinco previstos.

También en 1958, el equipo de investigación de la compañía *Du Pont*, de Nemours, dirigido por J. E. Kelley y M. R. Walker, crea una técnica, similar al PERT, a la que denominan *Critical Path Method* (**CPM**, *Método del Camino Crítico*), con la que consiguen espectaculares resultados en la empresa.

Este método es muy parecido al PERT su diferencia fundamental es la nomenclatura (lógico si se tiene en cuenta que son resultados de investigaciones independientes) y que, posteriormente, J. E. Kelley introdujo una relación entre el coste y la duración de las actividades, cosa que el PERT no tenía en cuenta, al estimar la duración de las actividades para un nivel de coste dado.

La aplicación de PERT se concentra en aquellas tareas en que hay incertidumbre en cuanto a los tiempos de terminación. Sin embargo, con CPM se supone que las experiencias pasadas nos libran de esta incertidumbre de tiempos, pero sí existe la de costes, ya que lo importante es el coste total mínimo y sobre éste se fijan los tiempos de los trabajos.

Así pues, mientras que **CPM** trabaja con duraciones deterministas para las tareas el **PERT**, más centrado en los aspectos temporales, utiliza estimaciones probabilísticas para aquéllas.

El caso PERT, por ejemplo, es más indicado para los proyectos de investigación, en los cuales existe el problema de la estimación de los tiempos de trabajo y, por otro lado, tampoco hay antecedente para calcular los costes por unidad de tiempo. En cambio el CPM es aplicable a las construcciones en general en las cuales sea fácil estimar los tiempos y costes, y lo que interesa es saber cuál es la combinación de coste-duración de cada tarea para que se pueda lograr el coste total mínimo del proyecto.

PERT y CPM son dos métodos usados por la dirección para, con los medios disponibles, planificar el proyecto al fin de lograr su objetivo con éxito. Estos métodos no pretenden sustituir las funciones de la dirección, sino ayudarla. PERT y CPM no resuelven los problemas por sí solos, sino que relacionan todos los factores del problema de manera que presentan una perspectiva más clara para su ejecución. Muchas veces las decisiones no son fácilmente tomadas por la dirección debido a su incertidumbre, pero PERT y CPM ofrecen un medio eficaz de reducir ésta, y que las decisiones tomadas y acciones emprendidas sean las adecuadas al problema, con gran probabilidad de éxito.

El método de PERT o CPM separa el *proceso de planificación* del *proceso de programación*. Este es el punto de diferencia con el método de GANTT

Para los sistemas de PERT y CPM, la *planificación* consiste en un análisis de las actividades que deben intervenir en el proyecto y el orden en que han de tener lugar.

La *programación* en el PERT es estimar las duraciones de las tareas tanto en el sentido determinístico como en el probabilístico.

En el CPM, la *programación* consiste en estimar las *duraciones* de las tareas *con el mínimo de recursos*, es decir, que el tiempo y el coste están relacionados directamente en un proyecto.

Expuestas las diferencias básicas, y dado que ambos métodos son muy similares a efectos docentes, no haremos distinción entre los mismos a lo largo del presente tema y utilizaremos, en general, la denominación de **PERT**.

Paralelamente a las investigaciones mencionadas, B. Roy desarrolló en Europa el **Método de los Potenciales** (conocido como **grafo ROY**), en el que, al igual que en las técnicas anteriores, la idea básica es la interdependencia entre las distintas actividades que componen el proyecto, así como la determinación del **camino crítico**. Frente al PERT y al CPM, este método tiene como ventaja la mayor flexibilidad para simular la interrelación existente entre las actividades. Durante los años siguientes se desarrollaron nuevas técnicas de programación que, en la mayor parte de los casos, sólo perfeccionan las anteriormente expuestas.

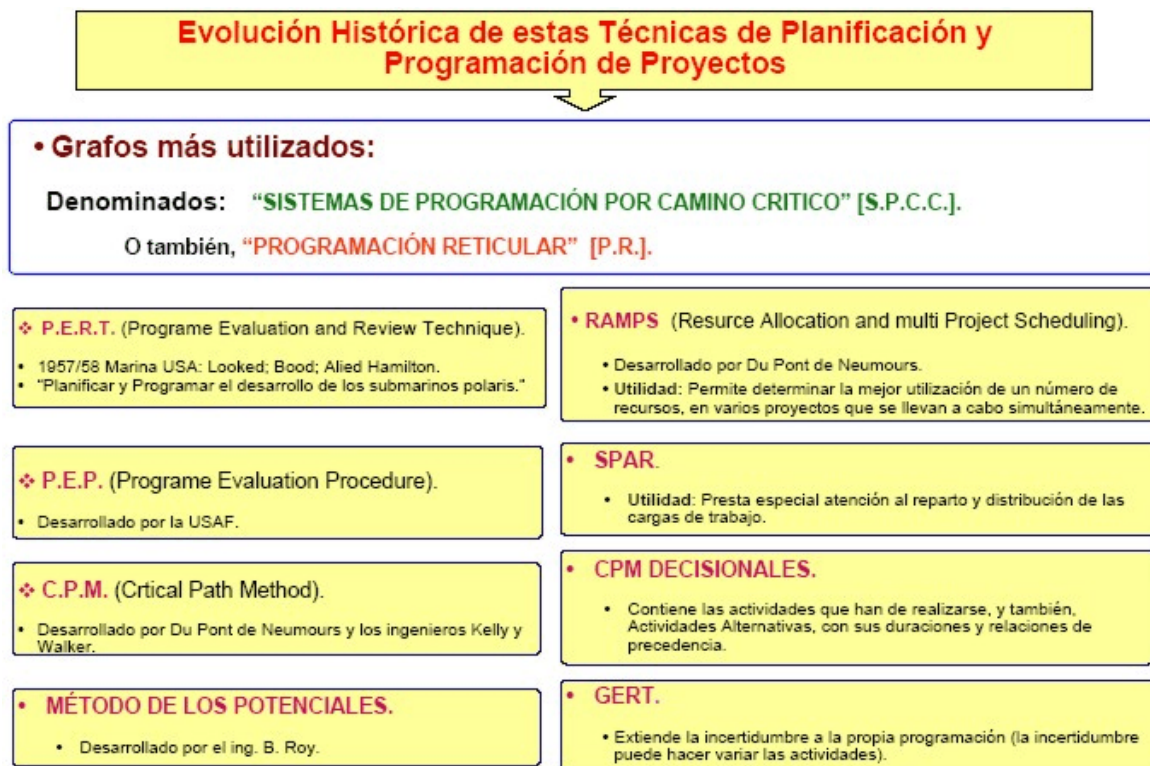
Durante los años que siguieron al nacimiento del PERT - CPM - ROY, en 1957 -1958, se han ido desarrollando "nuevas técnicas de programación reticular", que en la mayor parte de los casos constituyen meros perfeccionamientos y extensiones de los métodos originales. Así, tenemos el **RAMPS** ("Resource Allocation and Multi Project Scheduling"), que permite determinar la mejor utilización de un número limitado de recursos en varios proyectos que se llevan a cabo simultáneamente, y fue también desarrollado por Du Pont de Nemours junto con la consultora americana CEIR. Inc..

Otro método el **SPAR** ("Scheduling Program for Allocation Resources"), ideado por J.D. Wiest, que presta especial atención a las cargas de trabajo.

El **RPSM**, ("Resource Plannig and Scheduling Methodod"), etc. hasta un número que pasa de la veintena. Todos estos métodos se suelen englobar bajo la denominación genérica de Sistemas de Programación por Camino Crítico (**SPCC**).

El éxito de estos sistemas, propició su perfeccionamiento y la búsqueda de soluciones más completas a determinados aspectos del problema. Así, se intentó resolver matemáticamente el cómo acotar la duración de un proyecto, en caso de no poder cumplirse el plazo previsto, de tal manera que el coste directo adicional, fuera mínimo. La solución de este problema, llevó a la de buscar la duración óptima del proyecto, es decir, aquella para la que el Coste Total sea mínimo. Las técnicas encaminadas a resolver este problema, son las que se conocen como PERT-COSTE.

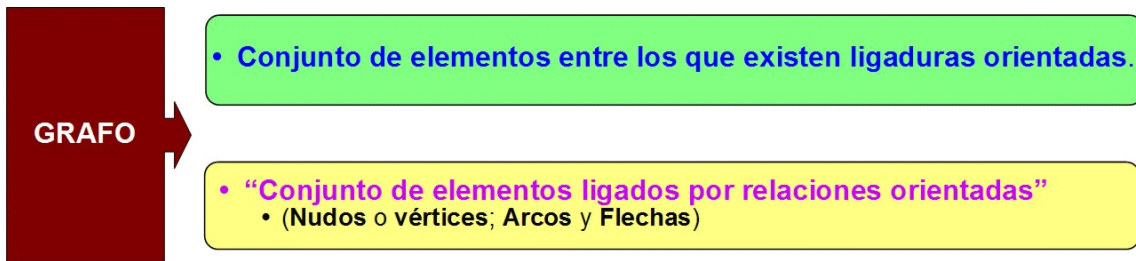
Posteriormente y al aplicar estos métodos a proyectos en los que se establecían limitaciones en los recursos necesarios para llevarlos a cabo, situación usual en la empresa industrial, se planteó el PERT-RECURSOS, para el que todavía no se ha encontrado una solución matemática satisfactoria.





## 2. INTRODUCCIÓN A LA TÉCNICA DE LOS GRAFOS.

El concepto de Grafo, corresponde a la consideración de un conjunto de elementos entre los que existen ligaduras orientadas, o también: "Conjunto de elementos que se aplican biunivocamente dos a dos"; "Aplicación de un conjunto de elementos sobre si mismo".



El desarrollo de la Teoría de Grafos, apoyada y sustentada en la Teoría de Conjuntos, no corresponde desarrollarla dentro de este programa, no obstante veremos algún aspecto básico de los mismos. Desde el punto de vista matemático:

$$G \equiv T [ x ]$$

$$X \equiv [X_1; X_2; X_3; \dots; X_N]$$

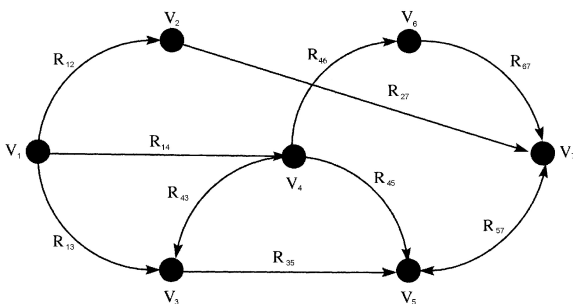
Un grafo podría ser:

$$G \equiv [ (X_1 , X_2) ; (X_1, X_3) ; (X_3 , X_3) ; \dots ]$$

Nota.- en principio  $(X_2 , X_1) \neq (X_1 , X_2)$

Un grafo se puede definir utilizando dos conjuntos (ver Figura). El primero, que denominaremos **V**, representan puntos del plano, llamados **vértices o nudos**; el segundo, **R**, representa las **relaciones** que existen entre los elementos de **V**, siendo su símbolo un arco que une los dos vértices relacionados.

El arco  $R_{ij}$ , que une los vértices  $V_i$  y  $V_j$ , irá desde el primero al segundo, indicando, pues, la relación y sentido de la misma.



Sin embargo, convendrá detenernos, aunque sea sucintamente, en fijar algunos otros conceptos elementales que los vamos a tener que utilizar, como son los de Camino, Circuito y Bucle.

- ▶ **Camino**, en un grafo, es una sucesión de arcos adyacentes que permite pasar de un vértice a otro.
- ▶ **Circuito**, es un camino cuyo vértice final coincide con el inicial.
- ▶ **Bucle**, un arco cuyo origen y extremo se confunden es un Bucle.

El tamaño del grafo depende del número de elementos que lo componen. Su representación, en el caso de muchos elementos, constituye una autentica malla o red. De ahí, la denominación frecuente de los sistemas de Planificación y Programación basados en la utilización de Grafos, como Redes, o "programación reticular".

## 2.1. FORMAS DE REPRESENTACIÓN DE UN GRAFO

### MÉTODO SAGITAL.

- Sagital simple.
- Sagital doble

### MÉTODO MATRICIAL

- Matricial numérico
- Números reales.
- Números binarios.
- Matricial gráfico

## 2.2. ELEMENTOS DE UN GRAFO

### CAMINO

Una sucesión de arcos orientados en el mismo sentido.

### LONGITUD DE UN CAMINO.

Numero de arcos que lo forman.

### VALOR DE UN CAMINO.

Suma de los valores (tiempo o coste) de los arcos que lo integran.

### CIRCUITO.

Un camino que se cierra sobre si mismo.

### ARISTA.

Un arco en que la orientación no cuenta.

### CADENA.

Una sucesión de aristas.

### CICLO.

Una cadena que se cierra sobre si misma.

### GRAFO CONEXO.

Cuando entre todo par de vértices existe al menos una cadena.

### GRAFO – P

Un grafo en el que entre un par de vértices, al menos existen p-arcos.

En EE.UU de América, es donde con mayor intensidad y amplitud se han estudiado estos métodos, la denominación de Red ha sido frecuentemente impugnada por los ingenieros eléctricos, que reservan este concepto a las mallas o redes eléctricas. Sin embargo, es frecuente utilizar el término red, con preferencia al de grafo, al hacer referencia a esta teoría.

# METODOLOGÍA DEL CAMINO CRÍTICO (CPM-PERT)

## Camino crítico

El camino crítico en un proyecto es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulativo. Determina el tiempo más corto que podemos tardar en hacer el proyecto si se dispone de todos los recursos necesarios. Es necesario conocer la duración de las actividades.

Este concepto es utilizado por dos métodos:

### 1) Método del tiempo estimado (CPM)

### 2) Método del tiempo esperado (PERT)

---

## 1) Método del tiempo estimado (CPM - Critical Path Method)

La duración de una actividad es la más probable de duración. Tiempo que se emplearía en condiciones normales (**T<sub>m</sub>**). Situación determinista. Esta técnica también se denomina “actividad sobre nodo”.

## 2) Método del tiempo esperado (PERT - Program Evaluation and Review Technique)

Un programa (o proyecto) se representa por medio de una red de nodos y flechas.

Es muy útil cuando pueden realizarse varias actividades paralelamente.

Las actividades se representan mediante flechas, cuya longitud no tiene relación con la duración de las actividades. Los nodos circulares se denominan eventos y pueden contener números, letras o cualquier designación arbitraria.

Los nodos sirven para reconocer que una actividad terminó, y representar qué actividades necesitan concluirse antes de iniciarse otra (precedencia).

Determinación probabilística de los tiempos esperados (**T<sub>e</sub>**), en función de los siguientes tiempos:

- ▶ Duración más corta (a)
- ▶ Duración más larga (b)
- ▶ Duración más probable (**m**) (el mismo que en **CPM**)

- ▶ Duración esperada: 
$$T_e = \frac{a + 4 \cdot m + b}{6}$$

## DIFERENCIAS ENTRE LOS MÉTODOS PERT Y CPM

La principal diferencia entre los métodos es la manera en que se realizan los estimativos de tiempo.

### PERT

- ▶ **Probabilístico.** Considera que la variable de tiempo es una variable desconocida de la cual solo se tienen datos estimativos.
- ▶ El tiempo esperado de finalización de un proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica.
- ▶ Suponiendo que las distribuciones de los tiempos de las actividades son independientes, (una suposición fuertemente cuestionable), la varianza del proyecto es la suma de las varianzas de las actividades en la ruta crítica.
- ▶ Considera tres estimativos de tiempos: el más probable, tiempo optimista, tiempo pesimista.

### CPM

- ▶ **Determinístico.** Ya que considera que los tiempos de las actividades se conocen y se pueden variar cambiando el nivel de recursos utilizados.
- ▶ A medida que el proyecto avanza, estos estimados se utilizan para controlar y monitorear el progreso. Si ocurre algún retardo en el proyecto,
- ▶ se hacen esfuerzos por lograr que el proyecto quede de nuevo en programa cambiando la asignación de recursos.
- ▶ Considera que las actividades son continuas e interdependientes, siguen un orden cronológico y ofrece parámetros del momento oportuno del inicio de la actividad.
- ▶ Considera tiempos normales y acelerados de una determinada actividad, según la cantidad de recursos aplicados en la misma.

Entre las **ventajas**, encontramos que el método **PDM** tiene más flexibilidad que el método PERT para la modelización de grandes proyectos, la representación gráfica es más sencilla y no hay “actividades virtuales” o “ficticias”.

### CÁLCULO DEL CAMINO CRÍTICO

#### 1. Calcular $T_e$ ó $m$ según el método empleado para cada actividad.

- Se coloca en el grafo encima o debajo de cada flecha.

#### 2. Calcular los Early y Last de todos los sucesos del proyecto.

- Calcular las fechas “early” -fecha más temprana de comienzo de la actividad
- Calcular las fechas “last” -fecha más tardía de comenzar la actividad siguiente, sin experimentar retrasos.

#### 3. Cálculo de las holguras.

#### 4. Identificación del camino crítico.

## Actividades críticas

Una actividad es crítica cuando no se puede cambiar sus instantes de comienzo y finalización, sin modificar la duración total del proyecto.

La concatenación de actividades críticas, es el “camino crítico”.

En una “actividad crítica”:

- ▶ La fecha “early”, coincide con la más tardía de comienzo, y
- ▶ La fecha más temprana de finalización, coincide con la fecha “last” de la actividad.
- ▶ La holgura total de la “actividad crítica”, es 0.

## Grafo PERT (Program Evaluation and Review Technique)

Desarrollado por la Special Projects Office de la Armada de EE.UU. a finales de los 50 para el programa de I+D que condujo a la construcción de los misiles balísticos Polaris. Está orientada a los sucesos o eventos, y se ha utilizado típicamente en proyectos de I+D en los que el tiempo de duración de las actividades es una incertidumbre.

Dado que las estimaciones de duración comportan incertidumbre se estudian las distribuciones de probabilidad de las duraciones.

Con un diagrama PERT se obtiene un conocimiento preciso de la secuencia necesaria, o planificada para la ejecución de cada actividad y utilización de diagramas de red.

Generalmente se denominan **técnicas PERT** al conjunto de modelos abstractos para la programación y análisis de proyectos de ingeniería. Estas técnicas nos ayudan a programar un proyecto con el coste mínimo y la duración más adecuada. Están especialmente difundidas el PERT y el CPM.

Se trata de un método muy **orientado al plazo de ejecución**, con poca consideración hacia al coste.

Se suponen tres duraciones para cada suceso, la optimista **a**, la pesimista **b** y la mas probable **m**. suponiendo una distribución beta, la duración más probable:

$$t = \frac{(a + 4m + b)}{6}$$

## APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS PERT:

- ▶ Determinar las actividades necesarias y cuando lo son.
- ▶ Buscar el plazo mínimo de ejecución del proyecto.
- ▶ Buscar las ligaduras temporales entre actividades del proyecto.
- ▶ Identificar las actividades críticas, es decir, aquellas cuyo retraso en la ejecución supone un retraso del proyecto completo.
- ▶ Identificar el camino crítico, que es aquel formado por la secuencia de actividades críticas del proyecto.
- ▶ Detectar y cuantificar las holguras de las actividades no críticas, es decir, el tiempo que pueden retrasarse (en su comienzo o finalización) sin que el proyecto se vea retrasado por ello.
- ▶ Si se está fuera de tiempo durante la ejecución del proyecto, señala las actividades que hay que forzar.
- ▶ Nos da un proyecto de coste mínimo.

**El PERT no es una metodología pasajera y su difusión ha sido enorme en todo el mundo**

**En Estados Unidos, la Administración Pública sólo considera ofertas de empresas privadas que se presenten diseñadas siguiendo esta técnica.**

### 3. CONCEPTOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GRAFO PERT.

#### Objetivo.

Pretende optimizar desde el punto de vista económico, la ejecución del Proyecto.

#### Idea central del PERT.

La interrelación temporal existente entre las distintas tareas, actividades o fases que se dan en un Proyecto complejo.

Explora estas interrelaciones o dependencias temporales: al objeto de administrar óptimamente el tiempo previsto para la realización del proyecto en su conjunto.

#### Out del PERT.

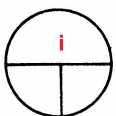
Revela la existencia de un Camino Crítico.

La duración del Camino Critico, condiciona la ejecución del proyecto.

Con este método se comienza descomponiendo el proyecto en una serie de actividades, entendiéndose por **actividad** la *ejecución de una tarea que necesita para su realización la utilización de uno o varios recursos* (mano de obra, maquinaria, materiales, etc.), *considerando como característica fundamental su duración*. Así, por ejemplo, la cimentación, la instalación eléctrica, el montaje de puertas, etc, son actividades de un proyecto de construcción de un edificio.

#### 3.1. Elementos del Grafo P.E.R.T

##### Suceso



Un concepto fundamental es el de **suceso** (también conocido como etapa, nudo o acontecimiento), que representa un punto en el tiempo; no consume recursos y sólo indica el principio o fin de una actividad (o de un conjunto de actividades). Se suele representar mediante un círculo.

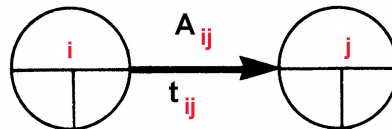
Se entenderá por suceso inicial del proyecto aquel que represente el comienzo de una o más actividades, pero no la terminación de ninguna; igualmente, el **suceso final** del proyecto será el que, representando la finalización de una o más actividades, no sea comienzo de ninguna otra.

Todos los sucesos del grafo, exceptuando el suceso inicial y el final, tendrán un doble significado; serán el suceso final de todas las actividades que lleguen a él y, además, serán el inicio de todas las que salen del mismo. De esta forma, para que comience cualquier **actividad** del grafo, tendrán que haber finalizado todas las que llegan al suceso que marca su inicio.

**Actividad o Tarea.**

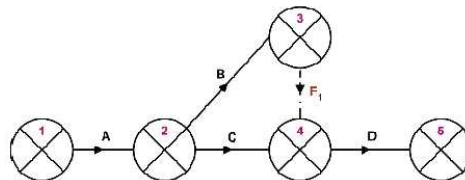
Cualquier esfuerzo físico o mental, necesario para pasar de un suceso a otro. Normalmente consume una cierta cantidad de tiempo  $t_{ij}$ .

La representación gráfica de las **actividades o tareas** se realizará mediante **arcos**. Dado que los sucesos se identifican por números, la actividad que une dos sucesos, “*i*” y “*j*”, se representa por una letra y como subíndices dichos números (en este caso, actividad “ $A_{ij}$ ”).



**Tipos de actividad.**

- ▶ **Actividad real:** Son actividades que consumen recursos (un cierto tiempo en su realización):
- ▶ **Actividad ficticia:** Son actividades que no consumen recurso alguno en el proyecto; se suelen utilizar para dibujar el grafo cumpliendo normas.



- ▶ **Actividades de entrega:** tal es el caso planteado por un suceso que esta condicionado a cierta fecha, en la que ciertos fondos estarán autorizados; o que se habrán recibido ciertos materiales; o que se esperan ciertos cambios en las condiciones atmosféricas, etc

**3.2. Características Específicas del Grafo PERT**

El Grafo PERT:

**ES UN GRAFO FINITO**

Porque finito también es el Proyecto.

**ES UN GRAFO CONEXO O CONECTADO**

Si estuviera partido, implicaría varios grafos ..... Varios Proyectos.

**ES UN GRAFO – 1**

No debe haber nunca, dos o más actividades, que corresponda a un mismo par de sucesos.

**ES UN GRAFO SIN CIRCUITOS**

Porque en los procesos productivos habituales, suele regir el principio de “Causación” y no de “Circularidad”.

## 4. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL PERT: PROCESO.

La aplicación de las técnicas de planificación y programación basadas en el uso de grafos, exigen un detallado estudio del proyecto y de las actividades que el mismo incluye.

Este estudio de las actividades que componen el proyecto, es anterior a la aplicación de cualquiera de los posibles sistemas utilizables

Y es una de las grandes ventajas de los mismos, ya que obliga al conocimiento detallado de todos los aspectos del proyecto.

### PROCESO: FASES:

1. ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES GLOBALES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO. DESAGREGAR EN EL GRADO QUE INTERESE, ENUMERAR LAS ACTIVIDADES. (**DESCOMPOSICIÓN**).
2. ESTABLECER LAS DEPENDENCIAS SECUENCIALES ENTRE LAS DISTINTAS ACTIVIDADES. (**LAS PRELACIONES O INTERDEPENDENCIAS**).
3. DIBUJAR O CONSTRUIR EL GRAFO.
4. ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS.
5. VALORAR TEMPORALMENTE LAS ACTIVIDADES. (**PARA UN NIVEL DE COSTE DADO**)
  - 5.1. CARÁCTER DETERMINISTA.
  - 5.2. CARÁCTER ALEATORIO.
6. APLICAR EL ALGORITMO DEL PERT, PARA ENCONTRAR LA RUTA/S O CAMINO/S CRÍTICOS
  - 6.1. CALCULO DE LOS EARLY TIMES
  - 6.2. CALCULO DE LOS LAST TIME
  - 6.3. CALCULO DE LAS OSCILACIONES DE LOS SUCESOS.
  - 6.4. CALCULO DE LAS HOLGURAS DE ACTIVIDAD.
    - A) HOLGURA TOTAL.
    - B) HOLGURA LIBRE
    - C) HOLGURA INDEPENDIENTE
7. IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA/S O CAMINO/S CRITICO.

## 5. EXPLICACIÓN DEL DESARROLLO DEL PROCESO DEL PERT

La aplicación de las técnicas de planificación y programación basadas en el uso de grafos, exigen un detallado estudio del proyecto y de las actividades que el mismo incluye. Este estudio de las actividades que componen el proyecto, es anterior a la aplicación de cualquiera de los posibles sistemas utilizables y es una de las grandes ventajas de los mismos, ya que obliga al conocimiento detallado de todos los aspectos del proyecto.

Las conclusiones de este estudio, deben proporcionar todos los datos necesarios para la aplicación inmediata del sistema de planificación y programación elegido.



## FASE 1. ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES GLOBALES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO.

### EL DESARROLLO DE LAS PARTES DE UN PROYECTO

Una de las primeras y más importantes misiones del director de proyecto es la identificación y descripción de las actividades que son necesarias acometer y desarrollar para llegar al resultado deseado. Se trata de hacer una relación de las diversas actividades y tareas a ejecutar, intentando no olvidar ninguna que pueda ser importante y asegurándose de su utilidad para el proyecto global. La realización de todas las actividades y tareas identificadas es, a la vez, requisito necesario y suficiente para lograr el resultado final que el proyecto persigue.

Nos encontramos ante un trabajo de naturaleza técnica que sólo podrá ser realizado en las debidas condiciones por un profesional en la materia, que reúna la formación técnica necesaria y una suficiente dosis de experiencia. El director de proyecto podrá ser en este punto asesorado y aconsejado por otros expertos, ya sean de la propia empresa o contratados en el exterior, si la dificultad del proyecto lo requiere.

En los proyectos de mayor envergadura podrá ser necesario establecer un segundo escalón de jefatura dentro del proyecto, nombrando responsables de subproyectos o paquetes de actividades, siguiendo la idea ya expuesta de subdividir el proyecto en partes con entidad propia, pero más dominables que el proyecto global.

En este supuesto, será ahora el momento de hacer esa descomposición del proyecto y de efectuar los diferentes nombramientos de responsables de segundo o tercer nivel.

La enumeración de las actividades no es suficiente, sino que ha de ir acompañada de una descripción concreta que permita comprender su razón de ser, su contenido, el resultado esperable y las condiciones de ejecución.

A los efectos de su Gestión, **un proyecto se descompone en las siguientes partes** o bloques de elaboración:

#### Tareas.

Actividades que componen el proyecto: Su secuencia viene definida por la naturaleza del proyecto.

#### Hitos.

Representa un evento o condición que marca la finalización de un grupo de tareas, o la finalización de una parte del proyecto.

Ayudan a **organizar** las tareas en grupos lógicos. O secuenciales.

Ayudan a **seguir el progreso** del proyecto.

Cuando se hayan **logrado todos los hitos** del proyecto: .... **fin del proyecto**.

#### Recursos.

Necesarios para la realización de una tarea. En un proyecto se necesitan recursos:

Personas (**humanos**).

Equipos (**materiales**).

#### Restricciones.

Se necesitará considerar la disponibilidad de recursos (vacaciones, horario, accesos, etc.)

## FASE 2. ESTABLECER LAS DEPENDENCIAS SECUENCIALES ENTRE LAS DISTINTAS ACTIVIDADES. (LAS PRELACIONES O INTERDEPENDENCIAS).

### LAS PRELACIONES O INTERDEPENDENCIAS.

Las diversas actividades del proyecto no se realizarán normalmente ni de forma sucesiva ni de forma simultánea. Hacer todas las tareas sucesivamente será en general ilógico, porque llevaría a alargar los plazos enormemente. Tratar de simultanear todas las tareas es también absurdo porque algunas de ellas sólo pueden realizarse cuando otras anteriores ya han sido finalizadas. Un paso más en el proceso de planificación del proyecto consiste en establecer el encadenamiento más lógico y conveniente entre las diversas actividades a realizar.

La relación de actividades que antes habíamos confeccionado ha de tomar ahora forma, situando cada una de ellas en relación con las anteriores y con las siguientes, enlazándolas en el orden más conveniente para resolver de manera adecuada los imperativos técnicos del proyecto y para lograr la combinación óptima de costes y plazos.

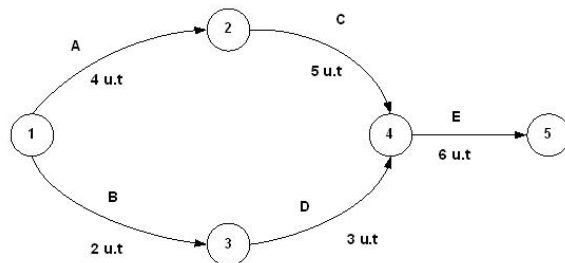
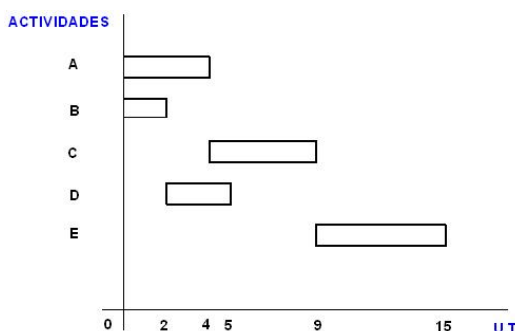
Así pues, las prelacones o dependencias se producen cuando una actividad o un suceso requieren para su iniciación la cumplimentación de otra actividad o suceso. El estudio y definición de dependencias o prelacones, requiere un conocimiento detallado de la totalidad del proyecto.

La mayoría de las dependencias son de orden intrínseco al proyecto, aunque a veces se pueden producir por limitaciones en los recursos disponibles o por otras razones extrínsecas. Se trata, de una labor complicada que requiere un conocimiento profundo de la materia y, generalmente, estudiar diversas alternativas hasta poder optar por la que mejor respuesta da al conjunto de objetivos.

En esta labor suele contarse con el apoyo de técnicas de planificación específicas (PERT, CPM, etc.), que serán analizadas más adelante.

#### Las precedencias pueden ser de tres tipos:

- **Técnicas** (p.ej. los cimientos antes que la estructura).
- **Procedimentales**: determinadas por la política y procedimientos de la organización (p.ej. el plan de calidad antes que el diseño detallado)
- **Impuestas**:
  - por los recursos (p.ej. vacaciones del personal)
  - por la administración (p.ej el estudio de impacto ambiental antes que la ejecución de la obra)
  - por el contexto (climatología, otros proyectos...).



**En este gráfico, la actividad C no puede realizarse hasta que concluya la A.**

En un Gantt, la precedencia no es explícita, por lo tanto no puede saberse si la actividad C fue programada para el día 5 por algún motivo o fue coincidencia.

**Todo proyecto tiene un principio, una parte media y un final.**

El principio sería el evento 1, y el final el nodo 5.

### FASE 3. DIBUJAR O CONSTRUCCIÓN DEL GRAFO PERT.

Para comenzar a construir el grafo se parte del conocimiento de todas las actividades que componen el proyecto, así como de sus relaciones de prelación o precedencia. Es muy conveniente recoger esta información de una forma sistematizada, ya que ello ayudará en gran medida a construir el grafo. Existen, básicamente, dos formatos para esto, la **matriz de encadenamientos** y la **tabla de precedencias** (nosotros vamos a utilizar un procedimiento más intuitivo, ya que nuestros proyectos con un fin didáctico, así lo permite).

La tabla de precedencias, es una tabla de tres filas, apareciendo en la central todas las actividades que intervienen en el proyecto. Para cada una de éstas, la primera y tercera indican aquellas que se realizan inmediatamente antes y después.

En el caso del grafo PERT, los vértices serán los sucesos y los arcos las actividades, debiendo cumplirse una serie de condiciones:

- 1 El grafo sólo tendrá un suceso inicial y otro final.
- 2 Toda actividad, a excepción de la que salga del suceso inicial o llegue al suceso final, tendrá, al menos, una actividad precedente y otra siguiente.
- 3 Toda actividad  $A_{ij}$  llegará a un suceso de orden superior al del que sale ( $i < j$ ).
- 4 No podrán existir dos actividades que, teniendo el mismo suceso inicial, tengan el mismo suceso final, o viceversa.

La primera condición obliga a que, tanto el comienzo del proyecto como el final del mismo, sean únicos; así, por ejemplo, si un proyecto puede comenzar con la realización de varias actividades simultáneamente, todas ellas saldrán del suceso inicial. La dirección de las flechas no tiene sentido vectorial, es simplemente una progresión en el tiempo y como el tiempo no retrocede, la orientación de la flecha siempre es de izquierda a derecha.

La segunda, una vez cumplida la primera, implica que cualquier actividad representada en el grafo formará parte de un **camino** que comenzará en el suceso inicial y terminará en el final. En estos caminos no existirán retornos, ya que, implícitamente, esa es la condición impuesta en tercer lugar.

La cuarta impide que dos actividades distintas tengan la misma denominación.

#### TIPO DE ACTIVIDADES.

Las actividades pueden clasificarse como **actividades reales**, **actividades ficticias** y **actividades de entrega**, que definiremos así:

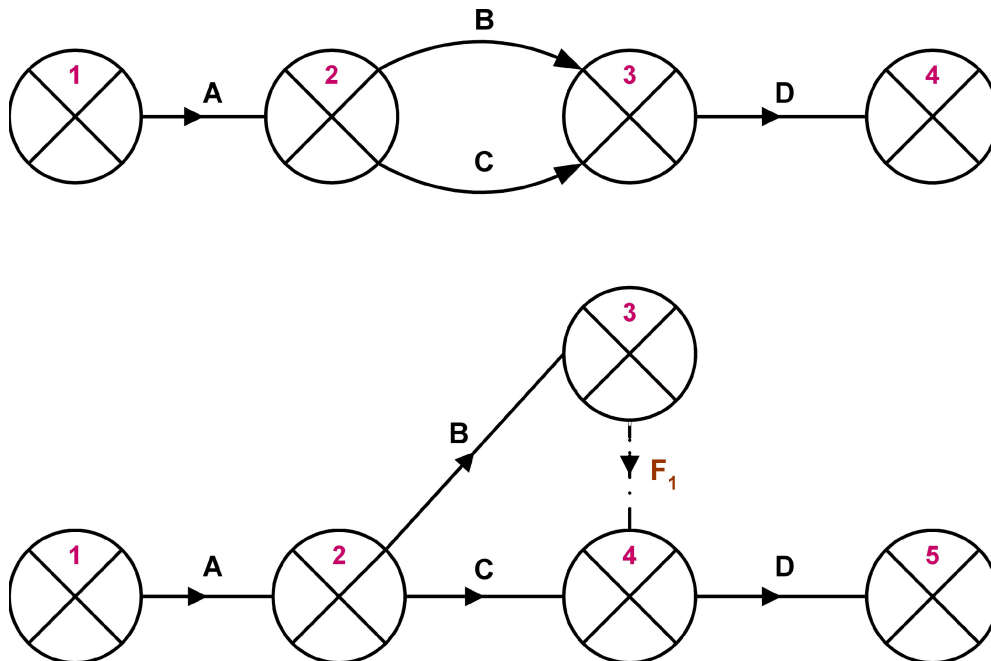
**ACTIVIDADES REALES:** son actividades que consumen un cierto tiempo en su realización.

**ACTIVIDADES FICTICIAS:** son actividades que no consumen recurso alguno en el proyecto. Es preciso introducir en los grafos estas actividades ficticias para conservar el orden lógico entre las actividades reales de un proyecto, para introducir condiciones técnicas, o simplemente para conseguir una representación clara de cada actividad en el grafo por mera enunciación del número de sucesos que une. También se suele considerar actividad ficticia, toda espera a que se produzca cierto acontecimiento, como "que fragüe el hormigón para encofrar", "que avance lo suficiente determinado tajo para iniciar otro que tiene que ir siguiéndole", "que la obra avance lo necesario para acometer ciertas actividades", (como urbanización, etc.). Estas actividades podrían emplear tiempo pero no consumen recursos.

**ACTIVIDADES DE ENTREGA O RESTRICTIVA:** Entre las actividades, además de las reales y las ficticias, encontramos algunas de naturaleza un poco peculiar. Tal es el caso planteado por un suceso que esta condicionado a cierta fecha, en la que ciertos fondos estarán autorizados, o que se habrán recibido ciertos materiales, o que se esperan ciertos cambios en las condiciones atmosféricas, etc. La introducción de esta condición da lugar a la creación de una nueva actividad, **la actividad de entrega** (o actividad exterior) que va del nudo origen, al suceso en cuestión y a la que se asigna un tiempo  $t$  sin ningún recurso.

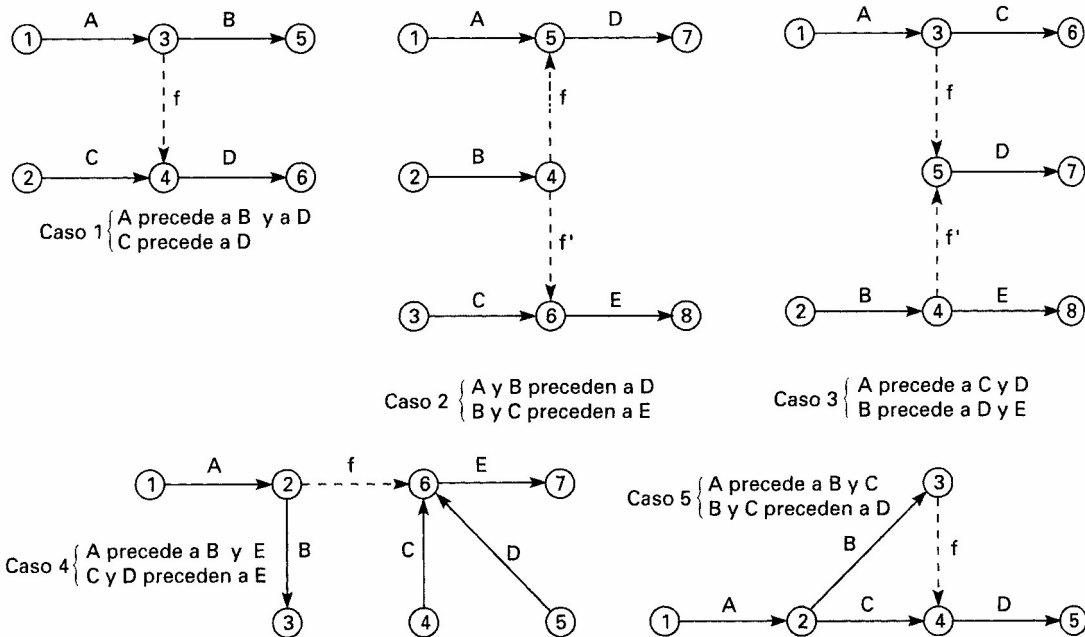
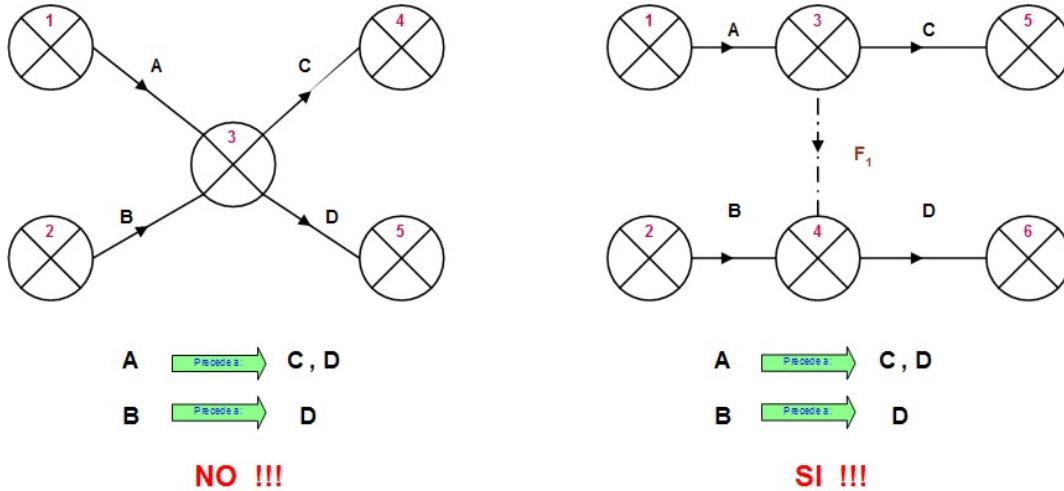
## CRITERIOS A RESPETAR EN LA CONSTRUCCIÓN DEL GRAFO PERT

- 1. Ninguna actividad puede comenzar hasta que se haya producido o dado, el suceso que la precede.**  
 Ningún suceso puede considerarse realizado hasta que todas las actividades que en él terminan, se hayan acabado de realizar.
- 2. Principio de la Designación Unívoca de Actividades.**  
 Cada **actividad real**, ha de tener un **suceso que la preceda** y otro en el que finalice.  
 Cada suceso tendrá, al menos, una actividad que le preceda y otra que le siga, a excepción de los sucesos inicial y final.  
 El uso de **actividades ficticias** (de duración nula), útiles en la práctica, se representarán por un arco de flecha a puntos.
- 3. Principio de las Secuencias Unívocas.**  
 Si existen actividades paralelas, con suceso inicial y final comunes, se sustituyen por una red parcial, con los mismos sucesos inicial y final, pero en la que **con la introducción de actividades ficticias y sucesos intermedios, se eliminan las actividades paralelas.**



Otro caso de aplicación del Principio de las Secuencias Unívocas.

Algunas veces, el cumplimiento de las reglas de representación del grafo puede impedir el plantear las relaciones de prelación de algunas actividades. Cuando ello sucede, se recurre al empleo de **actividades ficticias**; éstas no consumen tiempo ni ningún tipo de recurso, siendo su única finalidad resolver los problemas de dependencia mencionados. Su empleo queda ilustrado en los ejemplos de las Figuras siguientes.

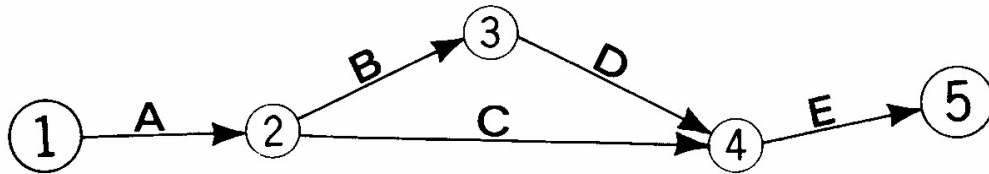


#### 4. Principio de enumeración de los sucesos

Construido el grafo a partir de alguno de los formatos mencionados, se pasa a numerar los sucesos, de tal forma que cumpla la tercera condición impuesta para el mismo. Ningún suceso puede ser a la vez suceso inicial y final, de un camino formado por actividades de la red. El grafo representativo de la red no puede tener circuitos ni bucles.

La enumeración de los sucesos es otro sistema para la identificación de la actividad. Hemos visto el diagrama de flechas y que en cada flecha se ponía la denominación de la actividad. Pero para facilitar el cálculo en el computador es conveniente asignar números naturales a los sucesos iniciales y finales. Normalmente y para facilitar el orden de realización, es preferible la numeración secuencial, aunque se efectúen los cálculos a mano.

Por ejemplo, el grafo de la figura, será numerado como sigue:

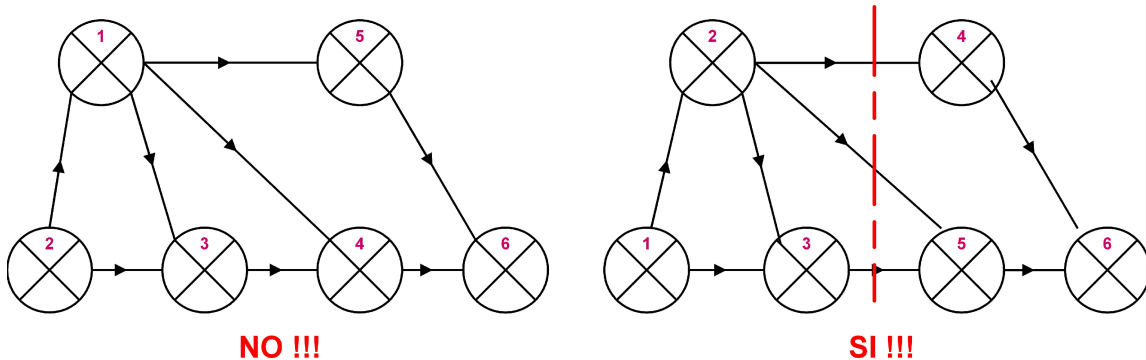


También se podría hacer una *ordenación del grafo el niveles*, utilizar el *método de los cortes*, o bien el de la *matriz asociada al grafo*, que e básicamente igual al anterior, pero más sistematizado.

**5. Principio de la Designación Sucesiva de los Sucesos.**

Para no incurrir en confusiones, se acepta el principio de designar los sucesos, con números crecientes en el desarrollo del grafo.

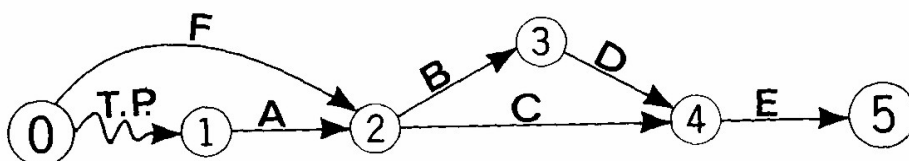
De tal modo, que trazando desde cualquier punto del grafo una perpendicular a la base del mismo, no existan a la parte del grafo situada a la derecha de la perpendicular sucesos con un número inferior a los que figuran en la parte de la izquierda.



**TIEMPO DE PREPARACIÓN Y RESTRICCIONES EXTERNAS DEL PROYECTO**

Generalmente en los modelos de *red* para proyectos hay un tiempo de preparación antes de ejecutarlos. En este tiempo, se realiza una serie de actividades *restrictivas*, por ejemplo: petición de autorización, espera de la última decisión para el lanzamiento del proyecto, preparación de financiación, condiciones estacionales, etc.

El tiempo de preparación se representa con una línea sinuosa con **tiempo 0** de duración.

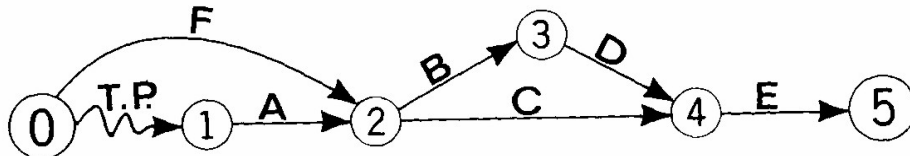


**EJEMPLO.-** Así en el proyecto de finido por las siguientes actividades y orden de precedencias:

- |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| <b>A</b>     | precede a    | <b>B y C</b> |
| <b>B</b>     | precede a    | <b>D</b>     |
| <b>C y D</b> | precede a la | <b>E</b>     |

Si añadimos una actividad restrictiva (la actividad **F**), que por ejemplo puede ser *autorización gubernamental*.

El grafo que representa a ese proyecto será el siguiente:



En este diagrama de flechas la actividad **F** no es una actividad interna de la ejecución del proyecto. Vemos que en el grafo la flecha de la actividad **F** apunta al suceso 2; esto quiere decir que para empezar la construcción de las actividades **B** y **C** es preciso tener la autorización en regla.

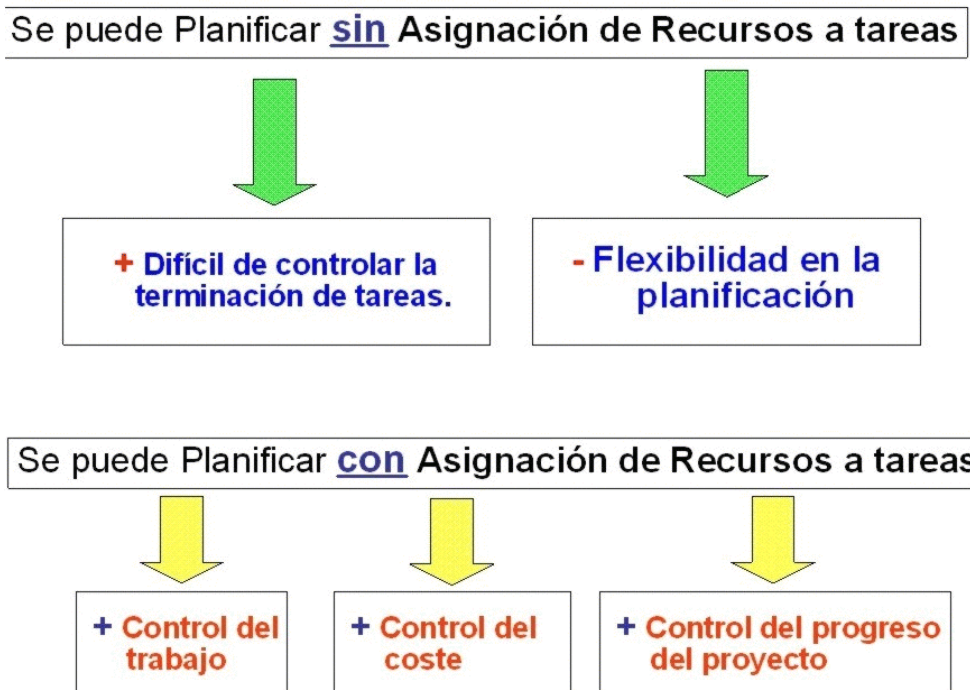
También podemos interpretar el suceso “cero” como el comienzo del proyecto, y el suceso “uno” como el comienzo de la ejecución del mismo.

### FASE 4. ASIGNACIÓN DE RECURSOS

La realización de las actividades que ya han sido identificadas ha de ir acompañada de la descripción de los recursos a emplear en cada una de las actividades.

Esta parte de la programación del proyecto supone, para cada una de las actividades identificadas en el apartado anterior, que se debe prever:

- ▶ Qué tipo de recursos se van a usar.
- ▶ En qué cantidad.
- ▶ Durante cuánto tiempo.



Éste es un punto especialmente delicado y conflictivo por diversas razones, entre las que se encuentran las siguientes:

- ▶ Los proyectos requieren frecuentemente el empleo de recursos muy diversos, máquinas, especialistas en diversas materias, subcontratistas, etc.
- ▶ Esos recursos no se precisan de una forma estable en el tiempo, sino que en cada actividad se necesitan recursos diferentes en naturaleza y cantidad.
- ▶ El tipo de recursos empleados y su cantidad determinan decisivamente los costes del proyecto.
- ▶ Los recursos disponibles, humanos, técnicos, financieros, son siempre limitados en cualquier empresa u organismo.

La decisión sobre qué recursos conviene utilizar en cada fase del proyecto es compleja y requiere un profundo conocimiento técnico de la materia, una gran dosis de experiencia y unas capacidades gerenciales destacadas.

Como toda previsión al ser realizada anticipadamente, la estimación de recursos y tiempo podrá estar afectada de errores y revelarse inadecuada al ejecutar la obra, pero en todo caso la previsión es imprescindible, porque va a servir de guía a todo el trabajo posterior. La calidad de las estimaciones dependerá directamente de la capacidad y experiencia del jefe de proyecto y de la mayor o menor familiaridad en realizar este tipo de proyectos.

Precisamente porque suele existir una gran diversidad de posibles combinaciones de recursos para realizar una misma actividad, esta labor de estudio previo del proyecto es sumamente importante y requiere comparar las diversas opciones para elegir la que en cada caso sea más conveniente, pues ello puede repercutir muy favorablemente, no sólo sobre los costes y los plazos del propio proyecto, sino de otros proyectos que deba acometer la empresa, ya que el conjunto de recursos disponibles deberá repartirse entre los diferentes proyectos existentes.

La duración temporal de cada actividad, es decir, el plazo de tiempo necesario para ejecutar el trabajo que esta actividad implica, depende de los recursos que apliquemos a su consecución. La fijación de estos recursos y la estimación de los tiempos correspondientes, es uno de los aspectos más importantes para el buen éxito de la planificación y programación.

El tiempo de ejecución se traduce en un plazo que debe situarse en unas fechas de calendario, para lo que hay que tener en cuenta:

- **Fechas de comienzo y terminación asignadas al bloque de trabajo.**
- **Recursos disponibles (humanos y materiales) y tiempos correspondientes.**
- **Relaciones de dependencia entre diferentes actividades.**



## FASE 5. VALORACIÓN TEMPORAL DE LAS ACTIVIDADES.

Una vez elaborado el grafo queda clara la secuencia de actividades y se puede pasar a la programación de las mismas. Para ello, es necesario conocer las duraciones de las distintas actividades. Generalmente, éstas no se pueden fijar con exactitud, ya que son muchos los factores de carácter aleatorio que están relacionados con ellas.

Sirva de ejemplo la actividad “escribir un informe”: ¿nos podría decir qué tiempo tardaría usted? Suponemos que la respuesta sería algo parecido a “*depende*”.

### Tiempo asociado a una Actividad o Tarea.

Podemos emplear dos metodologías, asociando a este tiempo uno de estos dos enfoques:

- ▶ **Comportamiento determinista**
- ▶ **Comportamiento de Variable aleatoria**

### Estimación de la Duración de las Actividades.

Se trata de evaluar el número de periodos de trabajo estimados necesarios para completar dicha actividad.

#### Datos para la estimación de duraciones.

- ▶ Los recursos asignados a la actividad
- ▶ La capacidad (productividad) de dichos recursos
- ▶ Información histórica:
  - ▶ Proyectos similares
  - ▶ Bases de datos comerciales
  - ▶ Conocimientos y experiencia del equipo de proyecto

#### Técnicas para la estimación de duración de actividades

- ▶ Asesoría especializada, basada en experiencia en la gestión de proyectos en el sector
- ▶ Estimación por analogía, basada en información histórica de duraciones reales de actividades anteriores similares
- ▶ Simulación:
  - ▶ Cálculo de múltiples duraciones basadas en distintas hipótesis
  - ▶ **Monte Carlo**: definida una distribución de probabilidad, para cada actividad, se calcula la distribución de probabilidad para el proyecto completo.

El **PERT** aborda la duración de cada actividad asociándolo a un comportamiento aleatorio, para lo cual procede evaluando su duración a partir de tres estimaciones:

**Duración optimista ( $t_o$ )**, que representa el tiempo mínimo en que podría ejecutarse la actividad si todo marchara excepcionalmente bien, no produciéndose ningún contratiempo durante la fase de ejecución. Se considera que la probabilidad de poder finalizar la actividad en esta duración no es superior al 1 por 100.

**Duración más probable ( $t_m$ ), o estimación modal**, que es el tiempo que, normalmente, se empleará en ejecutar la actividad; en el caso de que dicha tarea se hubiera realizado varias veces, sería la duración con mayor frecuencia de aparición.

**Duración pesimista ( $t_p$ )**, que representa el tiempo máximo en que se podría ejecutar la actividad si todas las circunstancias que influyen en su duración fueran totalmente desfavorables su probabilidad se considera, como máximo, del 1 por 100.

Una vez establecidas las tres estimaciones, se calcula la **duración de la actividad,  $T_e$** , mediante la expresión:

$$T_e = \frac{(t_o + 4 \times t_m + t_p)}{6}$$

Esta formulación se corresponde con la de la media de una distribución  $\beta$ , la cual se utiliza más que la normal por considerarla más flexible, permitiendo la consideración de que, a veces,

$$t_o = t_m \quad \text{o} \quad t_p = t_m.$$

Aunque ha habido autores que han puesto en duda la representatividad de la distribución  $\beta$  en este contexto, otros autores han defendido posteriormente el uso de la misma.

Es necesario advertir que la mayor parte de las veces los responsables de las estimaciones mencionadas no se sienten seguros con las de los valores extremos, lo cual es lógico si tenemos en cuenta que muchas actividades no se realizan con frecuencia y la experiencia en las mismas es limitada o, a veces, inexistente.

Afortunadamente, la precisión no es esencial, pues, a menos que la distribución sea muy simétrica, el valor medio no es muy sensible a los errores de las estimaciones realizadas alrededor de los límites del 5 ÷ 10 por 100, por lo cual no afectarán seriamente a los cálculos de la duración del proyecto.

Como ya sabemos, en el PERT toda actividad consume tiempo, y para cada una partiendo de los medios que les hemos asignado, hacemos tres estimaciones, optimista [ $t_o$ ], pesimista [ $t_p$ ] y más probable [ $t_m$ ], que ya definimos anteriormente.

En relación con estas estimaciones de tiempos, deberán **observarse las siguientes reglas**:

- a) Usar **compromisos de plazos solo cuando van a ser efectivos**, es decir, con una buena probabilidad de cumplirlos.
- b) **Un tiempo estimado no es un compromiso.**
- c) **No cambiar las estimaciones de tiempo si no hay cambio en la actividad**, es decir, en la cantidad o en los medios.
- d) **Reducir plazos solamente:**
  - Si se aumentan los recursos
  - Si se reduce la tarea.
  - Asumiendo mayor riesgo, aceptando una menor probabilidad.
  - Eliminando actividades no esenciales.
  - Colocando en paralelo actividades que estaban en serie.

## RAZONES PARA HACER TRES ESTIMACIONES DE TIEMPO.

### A) Razones de cálculo de probabilidad.

En primer lugar, el sistema PERT se mueve en un universo incierto y, por tanto, admite a priori, lo que encaja bastante bien con la realidad, que los rendimientos de un equipo dado en una actividad concreta, tiene su distribución de probabilidad. Además, fija a priori que esta curva es asimétrica, es decir, del tipo "beta", y tal que su media sea fácil de calcular.

Planteadas así las cosas, si tenemos, por ejemplo que excavar 100.000 m<sup>3</sup> de tierra con una excavadora de 1,5 m<sup>3</sup>, habrá una cierta función de distribución probabilística para el rendimiento. Parece completamente seguro que la excavadora hará 5.000 m<sup>3</sup>/mes, lo más probable es que haga 10.000 m<sup>3</sup>/mes y si todo va muy bien quizá haga 18.000 m<sup>3</sup>/mes.

Así tendremos tres tiempos de ejecución de la excavación:

**Pesimista:**  $t_p = 100.000 / 5.000 = 20$  meses  
**Más probable:**  $t_m = 100.000 / 10.000 = 10$  meses  
**Optimista:**  $t_o = 100.000 / 18.000 = 6$  meses

Aplicando la expresión que permite hallar el tiempo medio [ $T_e$ ] de la distribución beta simplificada, tendremos que el tiempo medio para esta actividad será:

$$T_e = \frac{t_o + 4 \cdot t_m + t_p}{6} = \frac{[6 + 40 + 20]}{6} = 11 \text{ meses}$$

Este valor del tiempo esperado, junto con el del **recorrido**: [ $t_p - t_o$ ] = [20 - 6] = **14 meses**, definen la curva de la función de distribución probabilística.

Necesitamos, por tanto, estimar estos tres tiempos para poder valorar la probabilidad que tenemos, de acabar el proyecto en el plazo fijado. Es fundamental darse cuenta de que en nuestro trabajo, no puede decirse nunca con propiedad que en hacer una actividad, por ejemplo, la excavación antes citada, se va a tardar un tiempo fijo y seguro, es decir, determinista.

Si decimos que vamos a tardar 20 meses, lo más probable es que tardemos mucho menos. Si admitimos 6 meses, lo más probable es que tardemos mucho más. Aún fijando el tiempo en 11 meses, que es el más probable, no es absolutamente seguro. Lo que a nosotros nos interesa, no es fijar un tiempo que sea el más probable de cumplir exactamente (ni un día más, ni un día menos), sino determinar un plazo antes del cual, la ejecución de una actividad, tenga al menos un 50 % de probabilidad de verificarse, y este plazo nos lo determina el tiempo esperado  $T_e$ , que hemos visto y que será el que indicaremos en el grafo o red.

### B) Razones Psicológicas.

En segundo lugar, conviene usar los tres tiempos por una cuestión psicológicas. Si fijamos un solo tiempo a una actividad, nos creemos más o menos comprometidos con esta cifra y, pensando que se puede juzgar por ella nuestra actuación, tenderemos posiblemente, a dar una cantidad en días o semanas, excesivamente conservadora. Otras veces, nuestra estimación puede resultar demasiado optimista.

Usando las tres estimaciones, tendremos ocasión de ser optimistas, pesimistas y discretos; no constituiremos así un compromiso, sino la expresión de nuestro mejor juicio sobre la situación, y así seremos más objetivos.

### C) Consideración de los imprevistos.

En tercer lugar, para hacer un programa eficiente hay que pensar en todas las posibles necesidades e imprevistos que pueden surgir en la ejecución de un proyecto.

Si para cada actividad, debemos hacer tres estimaciones de tiempo, haremos influir en el programa el valor de estos imprevistos, que no suelen tenerse en cuenta en programas ordinarios, con una sola estimación determinista del tiempo.

## INDICADORES DE RIESGO: RECORRIDO Y VARIANZA.

Es un indicador del riesgo asociado. Se refiere a la anchura de la banda o separación entre los puntos  $t_o$  y  $t_p$  de nuestra estimación. Naturalmente, el valor de la diferencia  $[t_p - t_o]$  o recorrido, es una medida de la incertidumbre de nuestras estimaciones.

Matemáticamente se expresa esta incertidumbre, por medio del estadístico o parámetro  $\{D_{(t)}^2\}$  o  $\{\sigma^2\}$ , **varianza** de la distribución de la probabilidad supuesta.

Este valor de la varianza, se obtiene de la conocida fórmula:

$$D_t^2 = \sigma_t^2 = \frac{(t_o - t_p)^2}{36}$$

y se utiliza para computar, aplicando el teorema central del límite, la probabilidad de los tiempos obtenidos para sucesos suficientemente alejados del origen y principalmente para los sucesos finales u objetivos.

## PLAZO CONTRATADO $[T_s]$

La fecha  $[T_s]$ , establecida independientemente del PERT (por condiciones de contratación) con relación al cual se mide el avance de los trabajos.

## FASE 6. APLICACIÓN DEL ALGORITMO DEL PERT.

### Cálculo de los Early time de cada suceso.

A partir de la duración media estimada (o del valor determinístico supuesto en CPM) se puede comenzar a determinar en qué fecha ocurrirá cada uno de los sucesos del grafo. Para ello se empezará por el suceso inicial, el cual será el instante cero ( $t_1 = 0$ ); a continuación se calcularía el suceso 2, que sería la fecha del suceso 1 más la duración de la actividad 1-2 ( $t_2 = t_1 + t_{12}$ ); después el suceso 3, etc. Si suponemos que a este último llegan dos actividades, una del suceso 1 ( $A_{13}$ ) y otra del 2 ( $A_{23}$ ), la ocurrencia de este suceso significaría que han finalizado ambas, por lo que su fecha sería el máximo entre  $t_1 + t_{13}$  y  $t_2 + t_{23}$ .

Generalizando, se podrá decir que el **Early time** del suceso  $j$ ,  $E_j$ , será:

$$E_j = \text{MAX} \{E_i + t_{ij}\}$$

siendo “j” el suceso cuya fecha hay que calcular e “i” cada una de las etapas origen de actividades que llegan a él.

Estas **fechas** son las **más tempranas** en las que se puede dar<sup>1</sup> un suceso (también conocidas como **fechas earlys**); así pues, la **fecha más temprana del suceso final** nos indicará la **duración del proyecto,  $T_e$** , o tiempo mínimo en el que se puede acabar el proyecto (en condiciones normales y sin

<sup>1</sup> Un suceso se “da”, cuando terminan todas las actividades que en el confluyen

acelerar la ejecución de las distintas actividades).

Lógicamente, no todos los sucesos serán igualmente vitales, en relación al cumplimiento de fechas, para que el proyecto se finalice en el tiempo calculado anteriormente. Por ello, es muy interesante y útil calcular en qué momento se pueden producir, como muy tarde, cada uno de los sucesos para que el proyecto se pueda acabar en el plazo previsto o acordado.

### Cálculo del Last time de cada suceso.

Estas fechas se denominan **fechas más tardías**, **T<sub>i</sub>**, del suceso (también conocidas como **tiempos last**). Su proceso de cálculo es análogo al de las fechas más tempranas, pero empezando por el suceso final. Así pues, haremos coincidir **T<sub>n</sub>**, fecha más tardía del último **suceso n**, con la duración del proyecto, a continuación se calculará la del suceso inmediatamente anterior (**n - 1**), que será igual a:  $T_{n-1} = T_n - t_{ij}$

Seguidamente, **T<sub>(n-2)</sub>**; en el caso más general, del suceso (**n - 2**) pueden salir dos actividades, una hacia el (**n - 1**) y *otra* hacia el **n**, por lo que habrá que tener en cuenta ambas opciones.

Dado que lo que se está calculando es la fecha en la que pueden comenzar, como muy tarde, ambas actividades para que no retrasen el proyecto, habrá que elegir la más temprana de ambas, es decir, la mínima, por lo que la fórmula genérica de la obtención del tiempo *last* de un suceso se podrá expresar como:

$$L_j = \text{MIN} \{ L_j - t_{ij} \}$$

El proceso seguiría de forma similar hasta llegar a **T<sub>1</sub>**. Este método puede resultar engorroso cuando el grafo tiene un tamaño considerable, por lo que resulta conveniente hacerlo de una manera más sistemática, como por ejemplo, utilizando el método conocido como la **matriz de Zaderenko**, que se usará en el próximo ejemplo.

Las dos fechas calculadas, las Early y Last, así como el número de orden del suceso es una información que se suele anotar de la forma que indicamos al representar un suceso y una actividad.

### Oscilaciones de los Sucesos y Holguras de las Actividades

La holgura de una actividad es el margen suplementario de tiempo que tenemos para determinar esa actividad. Las actividades críticas no tiene holgura.

#### Oscilación del suceso "O<sub>j</sub>":

La oscilación del nudo o suceso [**j**], representa la holgura del suceso **j**. Su cálculo se obtiene por diferencia entre el Last time y el Early time de dicho suceso. Es decir,

$$O_j = L_j - E_j$$

Aquellos nudos o sucesos, cuyo Early time coincida con su Last time, **E<sub>j</sub> = L<sub>j</sub>**, reciben el nombre de "**nudos críticos**" o "**rígidos**", ya que, al no tener ningún margen de tiempo entre ambas, cualquier retraso en su ocurrencia provocaría el retraso del proyecto completo; serán éstos, por tanto, los que tengan que ser vigilados con más interés. Si el Early time del suceso, es distinto de su Last time, **E<sub>j</sub> ≠ L<sub>j</sub>**, ese suceso recibe el nombre de "**fluctuante**" u "**oscilante**".

La oscilación del suceso final de una actividad es, como luego veremos, la parte de la Holgura Total que se puede transferir hacia delante.

## Holgura total de una actividad “ $H_T$ ”:

Si  $L_j$  representa la fecha en que, como muy tarde, se puede acabar la actividad  $A_{ij}$  y  $E_i$  aquella en la que se puede comenzar como muy pronto,  $L_j - E_i$ , será el intervalo de tiempo disponible para realizar dicha actividad; éste tendrá que ser mayor o igual que la duración de la misma. Si son iguales, cualquier retraso que sufra la actividad se transmitiría al suceso fin de ésta y, por tanto, a todos los sucesos posteriores, ya que sus fechas se calcularon a partir de la misma. Ello repercutirá de igual forma en la duración del proyecto, atrasando su finalización en el mismo número de días. Esta es la causa de que se denominen **actividades críticas** a aquellas cuya *duración coincide con su intervalo de ejecución*.

En el caso de que el intervalo sea superior a la duración de la actividad, se dispondrá de más tiempo para su realización, a la diferencia entre ambos se la denomina **holgura total** de la actividad ( $H_T$ ),.

Así pues, es la holgura que se obtiene suponiendo que, al origen de la actividad  $A_{ij}$  se llega lo más pronto posible [ $E_i$ ], y al nudo de destino se llega lo más tarde posible [ $L_j$ ].

Su cálculo, por tanto, se realizará a través de la expresión:

$$H_{T_{ij}} = L_j - E_i - t_{ij}$$

Margen suplementario de tiempo de esa actividad sin que se altere el tiempo de ninguna actividad crítica.

## Holgura libre de una “ $H_L$ ”:

Es el margen sobrante, suponiendo que al de destino se llega lo más pronto posible [ $E_j$ ] y el nudo de origen se alcanza lo más pronto posible [ $E_i$ ]. Su cálculo, por tanto, será:

$$H_L = E_j - E_i - t_{ij}$$

Si a la expresión anterior, sumamos y restamos  $L_j$ , y agrupamos términos, nos quedaría:

$$H_L = E_j - E_i - t_{ij} + L_j - L_j = L_j - E_i - t_{ij} + E_j - L_j = H_T - O_j$$

Nota.- Una vez calculada la Holgura Total  $H_T$  de una actividad, y conocida la oscilación del nudo de destino, deducimos fácilmente la "Holgura Libre".

## Holgura independiente “ $H_I$ ”:

Es el margen sobrante, suponiendo que, al nudo de origen se llega lo más tarde posible [ $L_i$ ], y que al nudo de destino se llega lo más pronto posible [ $E_j$ ]. Su cálculo, por tanto, será:

$$H_I = E_j - L_i - t_{ij}$$

Si a la expresión anterior, sumamos y restamos  $E_i$ , y agrupamos términos, nos quedaría:

$$H_I = E_j - L_i - t_{ij} + E_i - E_i = E_j - E_i - t_{ij} + E_i - L_i = H_L - O_i$$

Nota.- Una vez calculada la Holgura libre,  $H_L$ , de una actividad, y conocida la oscilación del nudo inicial, deducimos fácilmente la "Holgura Independiente".

La Holgura Independiente, representa parte de la holgura que no puede transferirse ni hacia detrás ni hacia adelante. Si no se emplea en la propia actividad, se pierde.

Nota.- Siempre se verificará que,  $H_L < H_I < H_T$

## FASE 7. IDENTIFICACIÓN DEL CAMINO/S CRÍTICO/S.

### Actividades críticas

Una actividad es crítica cuando no se puede cambiar sus instantes de comienzo y finalización sin modificar la duración total del proyecto. La concatenación de actividades críticas es el camino crítico.

En una actividad crítica la fecha "early" coincide con la más tardía de comienzo, y la fecha más temprana de finalización coincide con la fecha "last" de la actividad. **La holgura total es "0"**.

### Camino Crítico.

Una de las secuencias que enlaza el suceso inicial con el final del grafo, es más larga que las restantes; este camino cuyo recorrido representa mayor cantidad de tiempo se denomina "ruta o camino crítico", porque es la que determina el tiempo total requerido para alcanzar el objetivo (como estimación probable).

**El Camino crítico, esta constituido por todas las actividades de holgura total nula y pasa por todos los Nudos Rígidos o críticos.** Su duración, es el tiempo necesario para la realización del proyecto, si estamos en ambiente de certidumbre. En ambiente de incertidumbre, ese tiempo tiene una probabilidad asociada de 0,5.

Todo Camino No Crítico, tiene con relación al crítico un tiempo sobrante, llamado Margen u Holgura. Si se desea adelantar la fecha de conclusión del proyecto, deberá rebajar la asignación de recursos (hombres y máquinas) en las actividades no críticas, ( $H_i > 0$ ) y aumentar esos recursos en las actividades críticas ( $H_i = 0$ ). Pero atención, el número de caminos críticos, se va haciendo mayor.

Así pues, **el Camino Crítico tiene tres características principales.**

1. **Determina el plazo final**, por lo que si el tiempo total debe de reducirse, es preciso acortar o eliminar una o varias de las actividades de esta ruta. Cualquier aumento de recursos para reducir el plazo, ha de aplicarse en primer lugar, a las actividades de esta ruta crítica.
2. **Si al darse la realización de un suceso situado en la ruta crítica, lo hemos logrado con cierto retraso** sobre la fecha establecida y no tomamos nuevas medidas, este mismo retraso se producirá en la fecha final del programa, aun cuando las actividades pendientes de realización se logren en los tiempos esperados.
3. **Pero si adelanta una actividad de la ruta crítica**, la correspondiente disminución del tiempo total puede ser igual o menor, ya que puede pasar a ser crítica la ruta más próxima y a partir de ese momento no afectarán al plazo total las reducciones de tiempo que podamos hacer en aquella actividad.

EJEMPLOS RESUELTOS

**EJEMPLO.** Para la realización de un determinado proyecto es necesaria la ejecución de 14 actividades (A, B, ..., M y N), que tienen las siguientes relaciones de prelación inmediata:

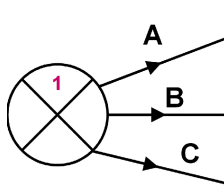
- Para que comience D tienen que estar finalizadas A y B.
- Sólo una vez finalizada B podrán comenzar C, E y F.
- C es inmediatamente anterior a G.
- Para comenzar las actividades H, I, J, K, L y M se tendrá que haber finalizado la D.
- Sólo cuando se terminen E, F y G se podrá dar comienzo a J y K.
- Para la realización de I es totalmente imprescindible la finalización de E.
- La ejecución de N no se podrá llevar a cabo mientras no se hayan terminado las actividades H, I, J, K y L.

**Sol.**

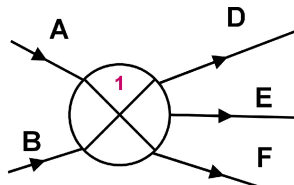
De acuerdo con lo anterior, se pasa a realizar la tabla de precedencias.

Tareas inmediatamente anteriores				A, B	B	B	C	D	D, E	D, E, F, G	D, E, F, G	D	D	H, I, J, K, L,
Tareas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	J	M	N
Tareas inmediatamente posteriores	D	D, E, F	G	H, I, J, K, L, M	I, J, K	J, K	J, K	N	N	N	N	N		

En ella, la fila central muestra las distintas actividades del proyecto. La casilla superior de cada tarea es el conjunto de actividades que llegan al suceso comienzo de la misma; de igual forma, las de la casilla inferior son las que saldrían del suceso final de dicha actividad.



a) Inicio grafo

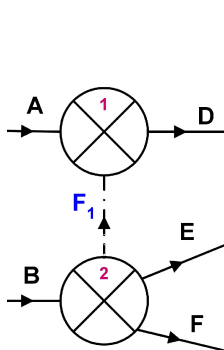


b) Incorrecto

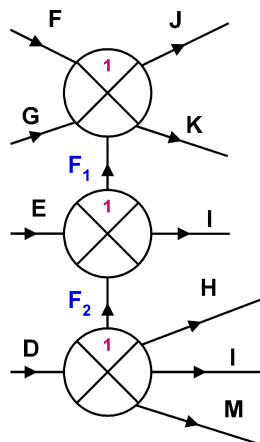
La Tabla anterior se utiliza para dibujar el grafo, comenzando por aquellas que no tienen precedentes (A, B, C) y que, por tanto, saldrán del nudo inicial.

A partir de ahí, se deben colocar los sucesos y actividades que siguen a los anteriores, definiéndose, si es preciso, actividades ficticias para facilitar la construcción del grafo. Así,

después de la tarea B, van la D, E y F, sin embargo, si se colocasen estas tres actividades después del suceso "fin de B", no se podría cumplir la condición indicada en la columna de A, la cual implica que, después de esta tarea, vaya tan sólo la D.



c) Correcto



d) Sucesos finales F, G, E y D

Si se hiciesen coincidir los sucesos fin de A y de B (Figura b) se estaría obligando a que las actividades E y F tuviesen que esperar a que finalice la A para poder comenzar, lo cual no es necesario, pues son independientes de ella (ver Tabla de precedencias).

Así pues, esta representación no sería válida; la solución correcta aparece en la Figura c.

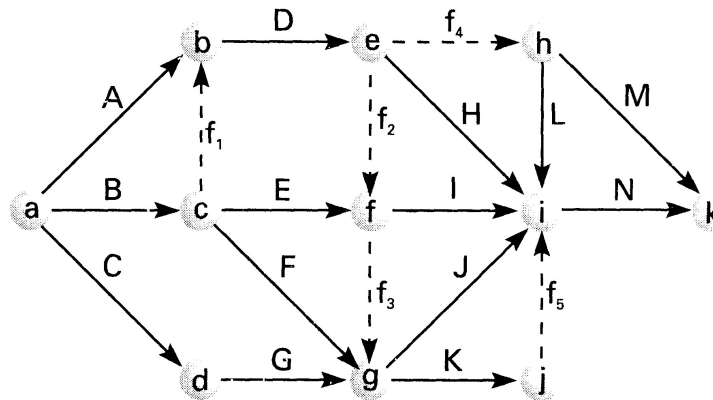
Un problema parecido es el que se plantea con las actividades siguientes a F, G, E y D, cuya solución aparece en la Figura d.



En el grafo aparecerán otras dos actividades ficticias, debido a que hay dos pares de tareas (H, L y J, K) que tienen los mismos sucesos iniciales y finales. Como esto no lo permite la cuarta condición de construcción del grafo, la solución sería del tipo representado en el caso 5 de las actividades ficticias.

Las actividades *M* y *N* no tienen siguientes, luego serán las que finalicen el proyecto en cuestión, llegando ambas al suceso final.

Procediendo de la forma indicada, el grafo quedaría como aparece en la Figura siguiente, en la que se ha representado a cada suceso con una letra con objeto de aplicarle a continuación el método de la matriz asociada al grafo para numerar los nudos.



La **matriz asociada al grafo** tendrá una fila y una columna por cada suceso que haya en el grafo.

		DESTINO													
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k			
ORIGEN	a	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	b	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	c	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	d	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	e	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	f	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	k	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

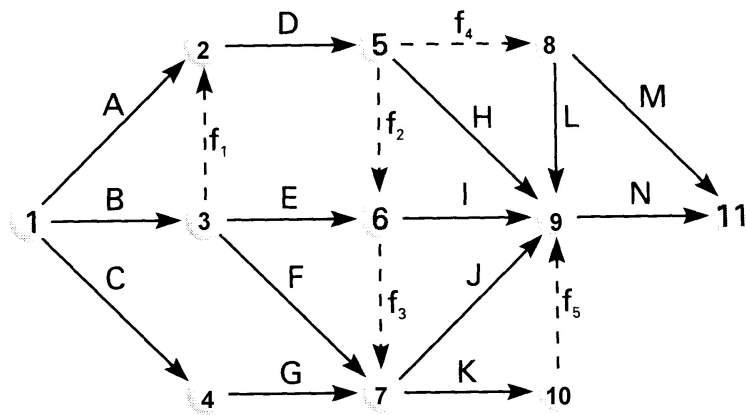
		DESTINO													
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k			
ORIGEN	a	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	b	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	c	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	d	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	e	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	f	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	k	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1
4
2
3
5
6
8
7
10
9
11

Si de un suceso *i* sale una actividad hacia el suceso *j*, el elemento  $a_{ij}$  será 1, siendo cero en caso contrario; aplicando esto a nuestro ejemplo se llega a la “Tabla operada”.

En ella se puede observar que la columna a no tiene ningún 1, pues ese suceso no es fin de ninguna actividad, éste será, pues, el suceso inicial y se le asignará el número 1. A continuación se eliminará la columna y la fila correspondiente al suceso marcado, quedando, en nuestro caso, una matriz de 10 x 10 a la que se le aplicará el mismo criterio. Ahora son las columnas c y d las que no contienen ningún 1, luego, indistintamente, se le podrán asignar los números 2 y 3.

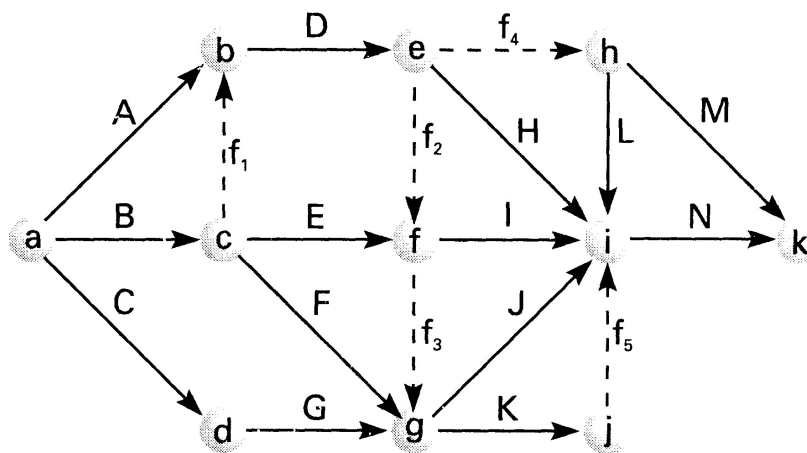
Se sigue el proceso eliminando las columnas y filas correspondientes a e y d, quedando una matriz de 8 x 8 a la que se le volvería a aplicar el mismo criterio, y así, sucesivamente, hasta que se hayan numerado todos los sucesos; el resultado se puede apreciar en la “Tabla operada” y en la Figura del grafo numerado.



**EJEMPLO. PROGRAMACIÓN DE UN PROYECTO EN UN GRAFO PERT**

A partir del grafo representado en la Figura, y con la duración para cada una de las actividades que se indica en la tabla siguiente:

Actividad	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Tiempo [u.t]	9	9	8	8	5	10	9	14	10	12	7	3	10	10



**CALCULO DE LOS EARLY TIME Y DE LOS LAST TIME**

Si el suceso inicial lo situamos en el instante cero, y el suceso final lo situamos en el instante 41 u.t., las fechas más tempranas de los distintos sucesos y las fechas más tarde de los distintos sucesos serían:

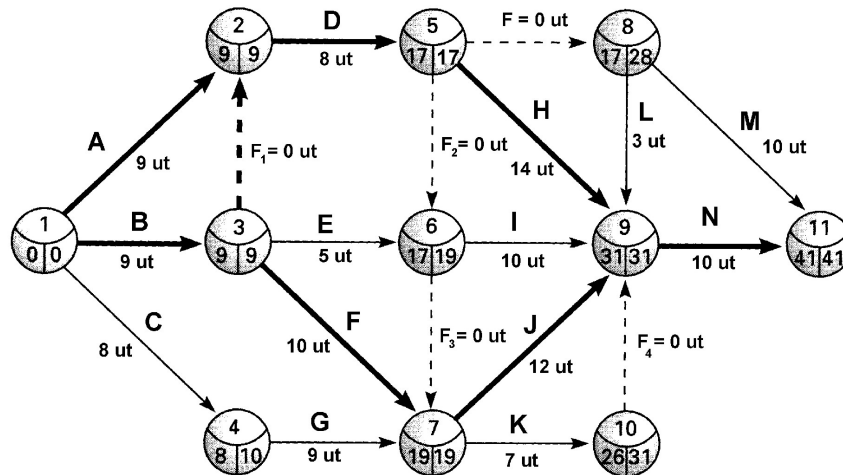
$$E_j = t_i = \text{MAX} \{ t_i + t_{ij} \}$$

$$L_i = T_i = \text{MIN} \{ T_j - t_{ij} \}$$

- $E_1 = 0ut$
- $E_2 = 0 + 9 = 9ut$
- $E_3 = 0 + 9 = 9ut$
- $E_4 = 0 + 8 = 8ut$
- $E_5 = 9 + 8 = 17ut$
- $E_6 = \text{Max}\{9 + 5; 17 + 0\} = 17ut$
- $E_7 = \text{Max}\{17 + 0; 9 + 10; 8 + 9\} = 19ut$
- $E_8 = 17 + 0 = 17ut$
- $E_9 = \text{Max}\{17 + 3; 17 + 14; 17 + 10; 19 + 12; 26 + 0\} = 31ut$
- $E_{10} = 19 + 7 = 26ut$
- $E_{11} = \text{Max}\{17 + 10; 31 + 10\} = 41ut$

- $L_{11} = 41ut$
- $L_9 = 41 - 10 = 31ut$
- $L_{10} = 31 - 0 = 31ut$
- $L_8 = \text{Min}\{31 - 3; 41 - 10\} = 28ut$
- $L_7 = \text{Min}\{31 - 12; 31 - 7\} = 19ut$
- $L_6 = \text{Min}\{19 - 0; 31 - 10\} = 19ut$
- $L_5 = \text{Min}\{28 - 0; 31 - 14; 19 - 0\} = 17ut$
- $L_4 = 19 - 9 = 10ut$
- $L_3 = \text{Min}\{19 - 10; 19 - 5\} = 9ut$
- $L_2 = 17 - 8 = 9ut$
- $L_1 = \text{Min}\{9 - 9; 9 - 9; 10 - 8\} = 0ut$

Hemos calculamos las fechas más tempranas y tardías, de acuerdo con lo expuesto anteriormente, dando lugar al resultado que aparece en esta figura:



Una vez calculada **Te** (tiempo esperado de terminación del proyecto), se procede al cálculo de las fechas más tardías en las que pueden ocurrir cada uno de los sucesos sin que el proyecto se retrase. Para ello, se hace coincidir la fecha más temprana de finalización del último nudo con la más tardía, por lo que, en nuestro caso,  $T_{11} = 41 ut$ . A continuación, se calculará la fecha más tardía en que puede darse el suceso 10 y, con ello, comenzar la actividad N; dado que ésta debe finalizar, como muy tarde, el día 41, y que su duración es de 10 días, tendrá que comenzar, a lo sumo, el día 31. Del mismo modo hemos procedido con los restantes sucesos.

Una vez conocidas las fechas Early y Last de los sucesos, se está en disposición de calcular las holguras de las actividades, para así poder determinar el(los) camino(s) crítico(s).

**CÁLCULO DE LAS HOLGURAS TOTALES DE LAS ACTIVIDADES.**

Utilizaremos la ya conocida expresión:

$$H_{t_{ij}} = L_j - E_i - t_{ij}$$

$$H_A = 9 - 9 - 0 = 0ut$$

$$H_B = 9 - 9 - 0 = 0ut$$

$$H_C = 10 - 8 - 0 = 2ut$$

$$H_D = 17 - 9 - 8 = 0ut$$

$$H_E = 19 - 9 - 5 = 5ut$$

$$H_F = 19 - 9 - 10 = 0ut$$

$$H_G = 19 - 8 - 9 = 2ut$$

$$H_H = 31 - 17 - 14 = 0ut$$

$$H_I = 31 - 17 - 10 = 4ut$$

$$H_J = 31 - 19 - 12 = 0ut$$

$$H_K = 31 - 19 - 7 = 5ut$$

$$H_L = 31 - 17 - 3 = 11ut$$

$$H_M = 41 - 17 - 10 = 14ut$$

$$H_N = 41 - 31 - 10 = 0ut$$

Las actividades críticas, que son las que presentan una holgura total nula, son las que están remarcadas en el grafo, con un trazo más grueso. **En él se observa que hay tres caminos críticos: el {A, D, H, N}, el {B, D, H, N} y el {B, F, J, N}.**

Como se ha podido ver en el ejemplo anterior el(los) camino(s) crítico(s) son los que van a marcar la duración del proyecto, por lo que habrá que prestarle(s) una especial atención para lograr que la ejecución se realice en el plazo previsto.

Ello no tiene por qué implicar un trabajo exhaustivo, pues, en los proyectos reales, las actividades críticas no suelen sobrepasar el 10 por 100 del total, aunque en los ejemplos de este capítulo, con objeto de simplificar, dicho porcentaje sea superior.

Ello no significa que se descuiden las actividades no críticas, ya que si alguna de estas se retrasa en un período de tiempo igual a su holgura, se convertirá en crítica, consumiendo la holgura del camino correspondiente, que se transformará a su vez en crítico. Por ello, es aconsejable la realización de controles periódicos, que permitan ver el grado de realización de las tareas en curso.

## 6. LA INFLUENCIA DE FACTORES ALEATORIOS EN LA DURACIÓN DEL PROYECTO.

Del carácter aleatorio de las duraciones de las tareas se deriva que las fechas obtenidas para los diferentes sucesos y, en particular para la finalización del proyecto, encierran un cierto riesgo que es conveniente medir. Para ello es necesario conocer la varianza de la distribución aleatoria a la que responde la duración del proyecto, la cual se obtiene a partir de las actividades que componen el(los) camino(s) crítico(s); por ello, sí asumimos de las hipótesis de independencia estadística en las duraciones de las tareas y de que el número de actividades que componen el camino crítico es lo suficientemente elevado (más de 10), se puede aplicar el “teorema central del límite”.

De acuerdo con ello, la duración del proyecto se distribuirá según una normal (de dos parámetros, la media y la desviación típica), cuya media será la suma de las medias de las diferentes actividades que componen el camino crítico y su varianza la suma de las varianzas de las mismas.

Por lo tanto, la probabilidad del suceso final tiene como media, la suma de los tiempos asignados a las actividades que componen la ruta crítica:

$$T_{A_{ij}} = \sum T_{e(\text{críticos})}$$

Este tiempo  $T_n$  fija el plazo esperable, con una probabilidad del 0,5.

Y como varianza, la suma de todas las varianzas de los tiempos asignados a las actividades que componen la ruta crítica:

$$\sigma_{t_n} = \sqrt{\sum \sigma_{(\text{críticos})}^2}$$

En el caso de que existieran varios caminos críticos, el valor de la media obtenida será el mismo, pero no así el de las varianzas de cada uno de ellos, por lo que se suele optar por utilizar la que tenga un mayor valor, ya que sería la que encerrase un mayor riesgo. Así pues, una vez conocidas las medias y las varianzas de las actividades que componen el proyecto, se podrá conocer la probabilidad de realizar el mismo en una fecha o plazo determinado o bien la duración que implica una cierta probabilidad de cumplimiento.

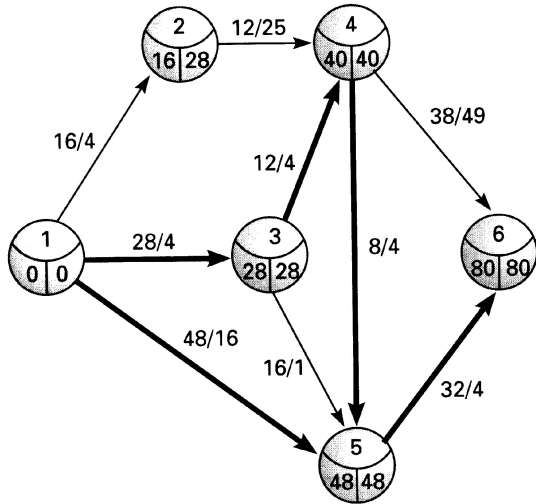
La variable aleatoria, duración del proyecto, se distribuirá según una Normal<sup>2</sup> de parámetros:

$$T_n \rightarrow N\{E[t] ; \sigma_{(t)}\}$$

<sup>2</sup> El estudio de la distribución Normal es objeto de la Estadística, y el alumno suponemos la conoce.

**EJEMPLO. Efecto del riesgo en la planificación.**

En el grafo de la Figura, aparecen las duraciones de las actividades que componen el proyecto representado, así como la varianza de dicha duración, separadas por una barra ( $\bar{t}_{ij} / \sigma_{ij}^2$ ).



Una vez realizado el cálculo de las fechas más tempranas y tardías de los sucesos, así como las holguras totales de cada actividad, se puede apreciar la existencia de dos caminos críticos, el 1-3-4-5-6 y el 1-5-6, ambos con una duración media de 80 días.

Sin embargo, las varianzas de los mismos son diferentes, 16 u.t., en el primer caso:

$$\sigma_{13}^2 + \sigma_{34}^2 + \sigma_{45}^2 + \sigma_{56}^2 = 4 + 4 + 4 + 4 = 16u.t$$

Y en el segundo caso, **20 u.t.:**

$$\sigma_{15}^2 + \sigma_{56}^2 = 16 + 4 = 20 u.t$$

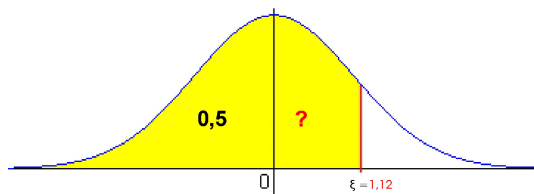
Como se indicaba anteriormente, se tomará como varianza de la duración del proyecto la mayor, ya que es aquella cuya consideración cubriría más riesgo [20 u.t.]. Así, estaremos en disposición de responder a una serie de cuestiones acerca de la finalización del proyecto en una determinada fecha, por ejemplo:

**¿Qué probabilidad existe de acabar el proyecto el día 85 o antes?**

Aquí lo que se está planteando es calcular la probabilidad de que la duración del proyecto,  $T_e$ , sea menor o igual que 85, es decir,

$$P [ T_e \leq 85 ] = P \left[ \xi \leq \frac{85 - \bar{T}_e}{\sigma} \right] = P \left[ \xi \leq \frac{85 - 80}{\sqrt{20}} \right] = P [ \xi \leq 1,12 ] = 86,86 \%$$

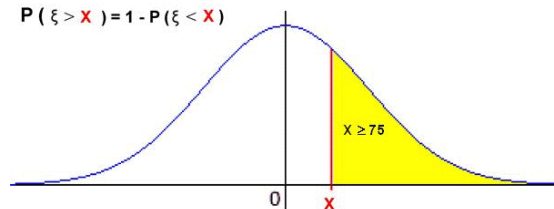
$P ( \xi < 1,12 ) \rightarrow$  Tablas



Ello da en la tabla de la normal tipificada una probabilidad del **86,86 por 100**.

**¿Qué probabilidad existe de acabar el proyecto después del día 75?**

$$P ( \xi > x ) = 1 - P ( \xi < x )$$



En este caso, la probabilidad buscada es :

$$P [ T_e > 75 ] = 1 - P [ T_e \leq 75 ] = 1 - P \left[ \xi \leq \frac{75 - \bar{T}_e}{\sigma} \right] = 1 - P \left[ \xi \leq \frac{75 - 80}{\sqrt{20}} \right] =$$

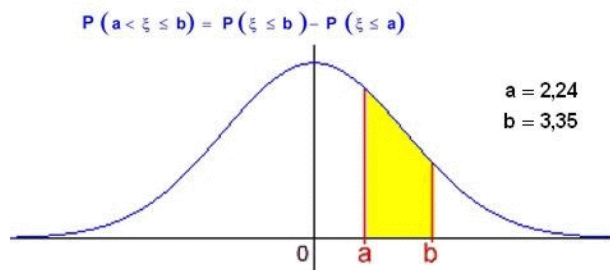
$$= 1 - P [ \xi \leq -1,12 ] = 1 - 0,1314 = 0,8686 \Rightarrow 86,86 \%$$

**¿Qué probabilidad existe de acabar el proyecto después del día 90, pero como máximo el 95?**

La probabilidad solicitada se puede expresar como

$$P [ 90 < T_e \leq 95 ] = P [ (T_e \leq 95) - (T_e \leq 90) ] = P \left[ \xi \leq \frac{95 - 80}{\sqrt{20}} \right] - P \left[ \xi \leq \frac{90 - 80}{\sqrt{20}} \right] =$$

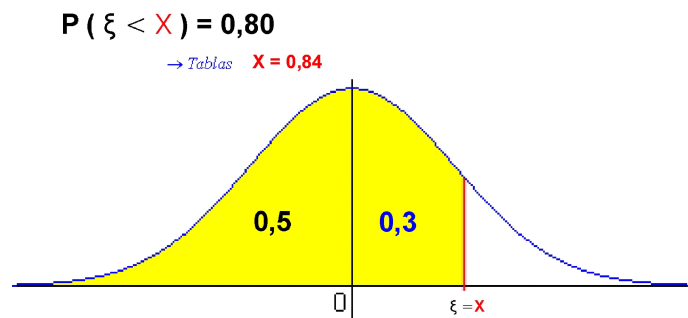
$$= P \left[ \xi \leq \frac{15}{\sqrt{20}} \right] - P \left[ \xi \leq \frac{10}{\sqrt{20}} \right] = P [ \xi \leq 3,35 ] - P [ \xi \leq 2,24 ] = 0,9996 - 0,9875 = 0,0121 \Rightarrow 1,21 \%$$



**¿Cuál es la duración del proyecto que tiene una probabilidad del 80 por 100 de no ser sobrepasada?**

En este caso, el proceso a seguir es inverso al realizado en los apartados anteriores, es decir, la probabilidad nos dará el valor de  $\xi$  y éste, a través de la expresión que lo liga con  $T_e$ , nos proporcionará el valor de esta última que cumple el objetivo deseado. Así, buscando en la tabla de la normal tipificada el valor de  $\xi$  correspondiente a la probabilidad de 0,8, obtenemos  $\xi \approx 0,84$ , desarrollando

$$\xi = 0,84 = \frac{T_e - \bar{T}_e}{\sigma} = \frac{T_e - 80}{\sqrt{20}} \quad \text{de donde} \quad T_e = 0,84 \times \sqrt{20} + 80 \approx 84 \text{ dias}$$



De todas formas, tenemos que ser conscientes de todas las simplificaciones que hemos realizado a la hora de desarrollar este apartado, ya que se ha obviado una serie de características estadísticas bastante importante. Sirva de muestra que en el Ejemplo hemos estado trabajando con una variable aleatoria  $T_e$  de media 80 y una varianza de 20, pero existe una actividad, la  $A_{46}$ , que, teniendo una holgura de un día y una varianza de 49, se puede volver crítica en cualquier momento, cosa que no se ha tenido en cuenta.

Es decir, puede ocurrir que un camino no crítico tenga una varianza superior a la del camino crítico, lo cual implica un mayor riesgo en el cumplimiento de su duración. Si ésta tiene un valor cercano al crítico, sería conveniente dedicarle especial atención, pues es una posible fuente de incumplimiento de fechas.

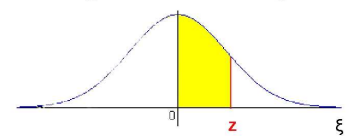
En resumen, queremos hacer notar que a la hora de resolver un problema real de este tipo resulta insuficiente la resolución expuesta; tan sólo hemos intentado indicar el camino a seguir, pero los pasos estadísticos necesarios nos llevarían excesivas páginas, por lo que aconsejamos al estudiante un estudio a fondo del teorema central del límite, así como de sus aplicaciones.

Otro factor a considerar es que, a pesar de que el uso de la duración media del proyecto y de la hipótesis de distribución normal hace que ello implique una probabilidad de 0,5 en su cumplimiento, esto puede no resultar cierto.

En el caso de que existiesen varios caminos que pudieran considerarse independientes, la probabilidad de que todos ellos se terminen a tiempo sería el producto de sus probabilidades respectivas, lo cual arrojaría siempre un valor inferior al mencionado 0,5.

Todos estos factores de riesgo hacen aconsejable que el director del proyecto considere la utilización de una cierta holgura para la realización del mismo, la cual será función de cada caso concreto. Ello es especialmente importante si tenemos en cuenta que, además, dada la complejidad y la larga duración de los proyectos, no es extraño que puedan surgir cambios en el mismo no contemplados en un principio y que, frecuentemente, ello no implique una aceptación por parte del cliente de un alargamiento del tiempo de realización.

**Áreas bajo la curva de la Normal Tipificada de 0 a z**

$$P [ 0 \leq \xi \leq z ]$$


**Ejemplos:**

$P [ 0 \leq \xi \leq 1,23 ] = 0,3907$

$P [ \xi \geq 1,23 ] = 0,5 - 0,3907$

$P [ -1,23 \leq \xi \leq 1,23 ] = 2 \times 0,3907$

<b>Z</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0754
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2258	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2518	0,2549
0,7	0,2580	0,2612	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2996	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000



## 7. ANÁLISIS DEL TIEMPO ESPERADO PARA EL SUCESO FINAL.

El tiempo de duración del proyecto, vendrá dado por el tiempo del suceso final  $T_n$  que previamente habremos calculado en la determinación del camino o caminos críticos.

A dicho tiempo, se le denomina tiempo medio, y le corresponde una probabilidad de 0,5 de que el proyecto se ejecute en dicho tiempo.

Si  $T_n > T_s$  donde  $T_s$  es el plazo de ejecución del proyecto, lo más probable es que la obra no este acabada en la fecha  $T_s$

Si  $T_n = T_s$  es igual de probable que este acabada o no, en la fecha  $T_s$ .

Si  $T_n < T_s$  lo más probable es que la ejecución del proyecto este acabado no más tarde de  $T_s$

El valor de la probabilidad de que la obra esté acabada no más tarde de  $T_s$ , se obtiene mediante una tabla de distribución normal, ya que  $T_n$  se comporta como una Normal de parámetros, previamente calculados.

La forma de determinar este valor, lo veremos a través de algún ejemplo, más adelante, en las explicaciones de clase.

Es decir, si  $T_n = 40$  días, la probabilidad de que el programa se acabe no más tarde del día 40, es del 50 %.

Evidentemente, este margen es insuficiente para embarcarse en un compromiso de plazo, por lo que debemos actuar adecuadamente en los siguientes casos:

**Que nosotros ofertemos un plazo:** tendremos que tomarnos un cierto margen en nuestro plazo a ofertar, para que la probabilidad de alcanzarlo sea relativamente grande, por ejemplo, superior al 90 %. Este margen se tantea como se indica en el apartado dedicado al cálculo de la probabilidad.

**QUE LA ADMINISTRACIÓN O CLIENTE, HAYA FIJADO UN PLAZO:** puede ocurrir para el objetivo final que:

$T_n$  puede ser mayor, igual o menor que  $T_s$  (plazo fijado por el cliente)

Ahora bien:

Si,  $T_n > T_s$ , lo más probable es que no se acabe la obra en plazo.

Hay que **modificar los medios asignados y el orden de los sucesos** para mejorar la situación **reduciendo  $T_n$**  y si no se puede, **procurar negociar un aumento sustancial de  $T_s$** .

Si,  $T_n = T_s$  nos **estamos jugando el plazo a cara o cruz**, lo que parece peligroso. Hay que proceder como en el caso anterior.

Si,  $T_n < T_s$  **lo más probable es que se cumpla el plazo**, pero la probabilidad dependerá de la diferencia  $T_s - T_n$  y de la varianza a lo largo de la ruta crítica.

## 8. PROGRAMACIÓN CON RECURSOS LIMITADOS Y PROGRAMACIÓN CON COSTE MÍNIMO

### Programación con recursos limitados

Hasta ahora sólo se ha tenido en cuenta el análisis de relaciones temporales entre las actividades del proyecto. Pero además, hay que tener en cuenta los **recursos**, su consumo y sus limitaciones.

El proceso, por lo tanto, ante la programación sería el siguiente:

- ▶ Programación de duración mínima sin tener en cuenta los recursos.
- ▶ Se estudia si moviendo las actividades no críticas dentro del margen que representan sus holguras, se puede conseguir el objetivo perseguido en relación con los recursos.
- ▶ Si no es posible, aplicar alguna de las técnicas para programar bajo limitación de recursos.

### Minimización de costes

Se trata de ajustar las holguras de las actividades, con la premisa de que la duración total esté prefijada por las actividades críticas. Hay costes que disminuyen con el tiempo (costes directos) y costes que aumentan con el tiempo (costes indirectos).

Existen dos métodos:

- ▶ **Hacer variaciones en el grafo:** hacer actividades en paralelo, con lo que se reducen los costes.
- ▶ **Variar los recursos asignados:** los costes que representan las actividades son costes directos; si se consigue alargarlas, se reducen sus costes.

PROCESO DE MINIMIZACIÓN DE COSTES	
<b>Fase 1:</b>	Estimación de los límites de duración y coste de cada actividad
<b>Fase 2:</b>	Determinación de la pendiente de coste para cada actividad
<b>Fase 3:</b>	Alargamiento de todas las tareas no críticas que tengan pendiente de coste negativa
<b>Fase 4:</b>	Determinación del intercambio de tiempo-coste más favorable de las posibles en el camino crítico
<b>Fase 5:</b>	Tantear, alargando y acortando actividades críticas hasta que las pendientes positivas y negativas resultantes sean iguales

## 9. CONTROL DE LOS PLAZOS.

La raíz del control es la existencia de una buena planificación previa en que se hayan identificado:

- ▶ Las actividades a realizar,
- ▶ Los recursos que deben emplearse,
- ▶ Los plazos de cada actividad y
- ▶ La situación en el tiempo de dichas actividades.

Lo importante es saber qué desviaciones se están produciendo para poder actuar en consecuencia o, en casos especiales, tomar decisiones sobre la modificación de los límites del proyecto.

La planificación queda anticuada casi en el mismo momento de su aprobación y es conveniente ajustarla o ponerla al día a la vista de los distintos acontecimientos que van produciéndose. La planificación nunca está acabada, sino que está constantemente realizándose y actualizándose. En ello consiste la gestión del proyecto en cuanto al seguimiento y control de los plazos.

Hay que destacar otra recomendación de enorme importancia para mejorar la calidad de la planificación y permitir un eficaz control posterior: se trata de la identificación de hitos o puntos de control. Si se trata de tareas de corta duración y contenido material fácilmente observable, esto no suele ser necesario. Pero cuando hay que controlar actividades de larga duración o naturaleza inmaterial, la única solución es el establecimiento de puntos de control suficientemente cercanos en el tiempo para garantizar que en todo momento sepamos donde estamos.

La identificación de los hitos de control puede efectuarse fragmentando una actividad de larga duración en varias tareas más cortas o bien creando actividades específicas de control, frecuentemente llamadas actividades ficticias.

Como norma general puede decirse que serán peligrosas las actividades en las que no podamos efectuar un control eficaz de su avance con una periodicidad mensual o, todo lo más, bimestral.

El mantenimiento de un nivel de información suficiente sobre los plazos del proyecto requiere normalmente que el sistema suministre para cada actividad diversas fechas que pueden ser coincidentes o no:

1. Fecha *Early*: lo más pronto que la actividad puede ser realizada.
2. Fecha *Last*: lo más tarde que la actividad puede ser realizada sin alterar el camino crítico.
3. Fecha inicialmente prevista para la realización de la tarea.
4. Fecha que actualmente está prevista para la realización de la tarea, una vez conocidas ya las fechas reales de las actividades realizadas.
5. Fechas en que realmente se ha ejecutado una actividad.

De esta forma, podemos saber, al mismo tiempo, lo que inicialmente habíamos previsto, las holguras de que disponemos, lo que realmente ha ocurrido en las partes ya ejecutadas y lo que previsiblemente va a ocurrir en las actividades pendientes.

## CONTROL TEMPORAL DEL PROYECTO CON EL GRAFO PERT.

Una vez conocido el plazo de ejecución del proyecto, así como las fechas de cada una de las actividades que lo componen, habrá que realizar un seguimiento del mismo. Para ello, la información obtenida en los controles periódicos debe trasladarse al grafo. Partiendo de un grafo sin fechas, los pasos a seguir para ver la marcha prevista después del momento de control son los siguientes:

1. Se pone como fecha inicial del proyecto la fecha del control.
2. Las actividades que hayan finalizado se considerarán con duración nula.
3. Las actividades en curso se programarán con una duración igual al tiempo estimado para su terminación.
4. Las actividades que no hayan comenzado seguirán con la duración inicial.

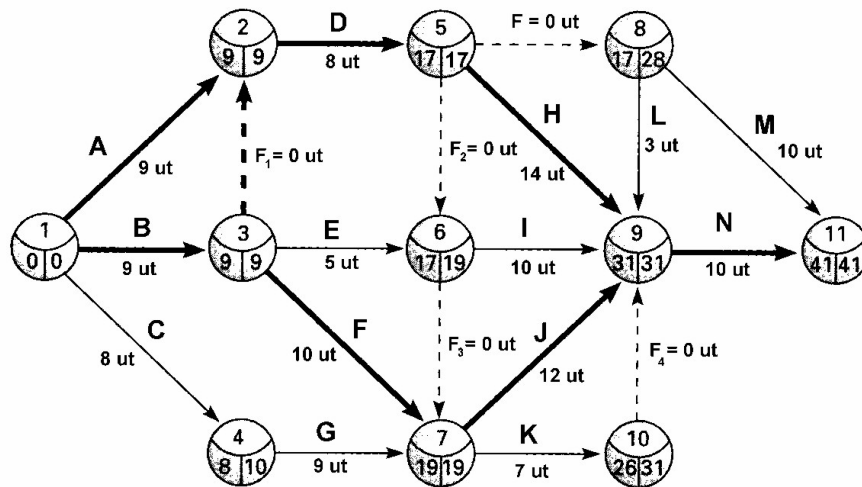
Si el control se realiza manualmente, es más cómodo anular las actividades que ya han finalizado, haciendo salir del suceso inicial todas las actividades en curso (con duración igual al tiempo que les queda para finalizar) y aquellas otras que puedan comenzar en el instante del control, respetando el resto del grafo. A partir de dicho grafo, se reprograma de acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, observándose si la duración del proyecto ha sufrido o no modificación. En el primer caso, se intentaría tomar las medidas oportunas para hacer que finalice en la fecha deseada. Así, si el proyecto se ha retrasado, habrá que acortar las actividades que pertenezcan al camino crítico, con objeto de conseguir un adelantamiento en la fecha de finalización. Al hacerlo habrá que tener en cuenta que no aparezcan nuevos caminos críticos o, en caso de que así sea, acortarlos a todos conjuntamente, de forma que el proyecto pueda finalizarse en la fecha deseada.

Todo lo expuesto anteriormente se ilustra en el siguiente Ejemplo.

---

**EJEMPLO. Control de un proyecto mediante un grafo PERT.**

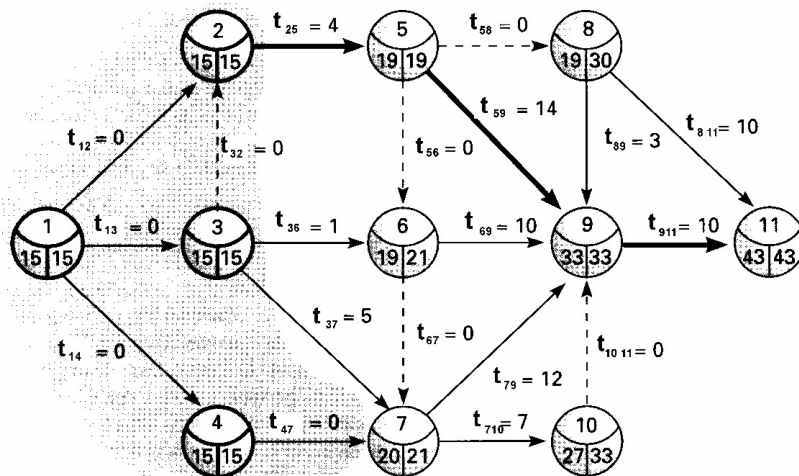
En el proyecto representado en la Figura, se realiza un control el período 15, observándose que:



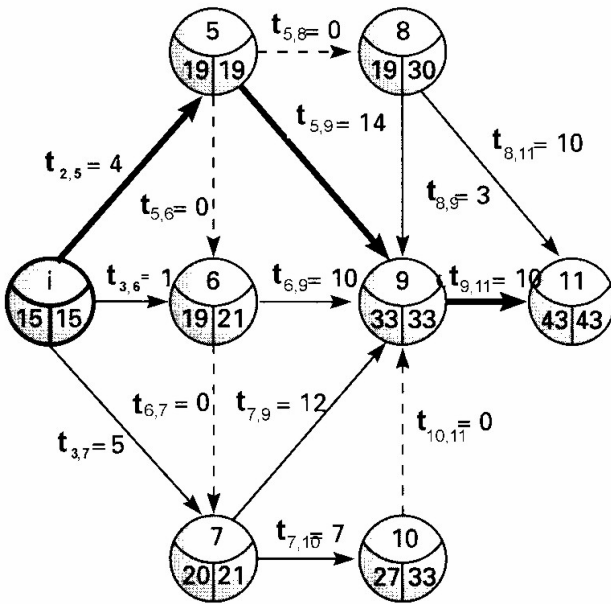
- A la actividad 3-6 le queda un día para su finalización.
- La tarea 3-7 lleva cinco períodos de ejecución al ritmo previsto.
- La actividad 4-7 ha finalizado.
- De la actividad 2-5 se lleva realizado el 50 por 100 de la misma.

Al estar realizándose, o haberse finalizado, actividades que salen de los nudos 2, 3 y 4, implica que todas las tareas que llegan a esos nudos han tenido que acabar, luego la duración de las mismas será cero.

De acuerdo con la información obtenida, las nuevas duraciones para las  $A_{3-6}$ ,  $A_{3-7}$ ,  $A_{4-7}$  y  $A_{2-5}$  serán, respectivamente,  $A_{3-6} = 1$ ;  $A_{3-7} = 4$  ( $10 - 6 = 4$ );  $A_{4-7} = 0$  y  $A_{2-5} = 4$  ( $8/2 = 4$ ); el resto de las actividades permanecerá con las duraciones estipuladas. Esto nos lleva a transformar el grafo de la Figura anterior, colocando como fecha inicio la del control (15) y obteniendo el que aparece en la Figura siguiente.



La zona que aparece sombreada representa todo lo que está hecho y es la que, para simplificar el grafo, se puede sustituir por un nuevo nudo, al que se le denominará "i" para respetar la numeración del resto de los sucesos. Se obtiene así la Figura siguiente.



Se puede apreciar cómo el proyecto ha sufrido un retraso de dos periodos, ya que la nueva fecha de finalización prevista es el 43 en vez del 41 como estaba programado inicialmente; de hecho, los caminos críticos han variado, habiendo desaparecido algunos de los antiguos y quedando actualmente el **i-5-9-11**, que será el que se tendrá que acortar si se desea finalizar en la fecha prevista.

Para ello bastará, en este caso, acortar alguna o algunas de las actividades que componen dicho camino crítico (invitamos al lector a que realice dicho acortamiento).

En el caso de que se decida acortar la **9-11** en esos dos periodos de diferencia, el proyecto se finalizará el día 41.

Si, por el contrario, se decide acortar en dos periodos la **i-5** o la **5-9**, se observará que el proyecto tan sólo lo hace en un día; esto es debido a que la el camino **i-7-9** tiene tan sólo un periodo de holgura, por lo que disminuir en dicha cantidad la fecha del suceso 9, el 8 se convierte en rígido y con él el camino **i-7-9**, que también habría que acortar.

La solución podría ser, en este último caso, acortar en dos días las ramas **i-5-9** y en uno la **i-7-9**, con lo que se conseguirá el efecto buscado de finalizar el proyecto el día 41.

El ejemplo anterior muestra que existen distintas posibilidades a la hora de decidir que actividad (o actividades) habría que acortar para obtener la duración deseada de un proyecto.

Es evidente que, generalmente, deben emplearse criterios concretos para tomar tal decisión; una vía lógica desde el punto de vista económico es elegir aquella alternativa que resulte menos costosa.

Antes de seguir avanzando en esta línea vamos a pasar a comentar la relación existente entre la duración de una actividad y los costes que genera, así como el coste total del proyecto.

## 10. EL USO DE LA INFORMÁTICA EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS.

El apoyo informático es imprescindible si es necesario gestionar un proyecto de una cierta dimensión, para poder hacer con facilidad el tratamiento de una red PERT, el cálculo y control de costes, la estimación de la carga de trabajo de los diferentes recursos, simulaciones con diversas hipótesis de coste o plazo, etc. Teóricamente todo ello se puede realizar en forma manual, aunque sea a un coste más elevado, pero en la práctica resulta tan laborioso y engorroso que se suele terminar por abandonar la metodología y trabajar con criterios más empíricos e intuitivos, deteriorando la calidad de la planificación y reduciendo el nivel de información y control.

Así, el uso de la informática será o no necesario en función del tamaño y complejidad del proyecto, del tipo de análisis requerido (por ejemplo: consideración o no de costes y recursos) y de la frecuencia necesaria en la actualización del mismo.

Las ventajas derivadas del empleo de medios informáticos son claras y, entre ellas, pueden citarse:

- El equipo del proyecto dispone de más tiempo para dedicarse a problemas fundamentales.
- Una clara mejora en la programación y el control.
- La actualización del proyecto requiere menos tiempo y personal.
- Los errores derivados del trabajo normal son prácticamente eliminados.
- Se disminuye el riesgo asociado al retraso del proyecto, pues, al existir la capacidad de simulación de sus consecuencias, éstas pueden ser previstas y pueden tomarse las acciones pertinentes.
- Los equipos del proyecto disponen de un método claro para pensar y tomar decisiones sobre el proyecto.

El ordenador personal se ha revelado en este campo como una herramienta especialmente adecuada por diversas razones:

- ▶ La oferta de software estándar es abundante y de calidad.
- ▶ Los precios de los productos son sumamente asequibles, siguiendo la tónica de la mayor parte de la informática personal.
- ▶ Los gestores de proyectos pueden aprovechar las grandes posibilidades gráficas de los ordenadores personales, así como el manejo del color.
- ▶ La gestión de un proyecto suele estar bastante localizada en grupos reducidos, sin que sea demasiado necesario que el resto de la empresa pueda tener acceso a los datos de un proyecto, lo que, de necesitarse, aconsejaría la utilización de un ordenador central.
- ▶ Es frecuente que el proyecto requiera capacidad de tratamiento en sitios alejados de la sede central y cambiantes, como es el caso de las obras, siendo especialmente adecuado a este fin el uso de ordenadores portátiles y en algunos casos la comunicación vía red.
- ▶ La gestión del proyecto pasa en muchas etapas por la necesidad de hacer simulaciones sobre un sistema interactivo de gran flexibilidad y respuesta inmediata, lo que no siempre se consigue con la misma facilidad en un ordenador central que en uno de tipo personal.

En 1992 existían alrededor de 250 programas de ordenador para gestión de proyectos en entorno PC elaborados por compañías de software, además de los diseñados por las empresas de hardware para trabajar con los propios equipos.

Aunque la mayoría de los programas son de uso “amigable”, en general es conveniente participar en algunas sesiones de adiestramiento que faciliten su empleo por parte del usuario.

## APLICACIONES GENÉRICA Y ESPECIFICAS

Interesa hacer una distinción entre el uso del ordenador para tareas que son genéricas o similares a las que pueden efectuarse en otras áreas de la empresa y su empleo para fines específicos de la gestión de proyectos.

Entre las aplicaciones genéricas cabe citar la mayor parte de las actividades de gestión más habituales:

- Tratamiento de textos.
- Gráficos.
- Cálculos.
- Previsión y control.

Existen otras aplicaciones más específicas cuya utilización está más limitada al ámbito de los proyectos, pudiendo agruparse en tres apartados principales:

- ▶ Aplicaciones de tipo vertical concebidas para resolver problemas específicos de los proyectos existentes en ciertas empresas.

Por ejemplo, en la construcción existen aplicaciones para la realización de mediciones; en informática se pueden usar productos para facilitar el diseño de aplicaciones, etc. Cada vez es más frecuente que existan soluciones muy especializadas para los tratamientos que cada profesión demanda, lo que en cada caso deberá ser conocido para poder aprovechar las ventajas que ofrecen dichas soluciones.

- ▶ Los paquetes de diseño asistido por ordenador (CAD: *ComputerAided Design*) combinan la potencia de cálculo del ordenador con las capacidades gráficas.
- ▶ Aplicaciones creadas específicamente para facilitar las tareas de gestión de los proyectos, especialmente en los aspectos de planificación y control, conocidas generalmente como gestores de proyectos.

## LAS APLICACIONES DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Los gestores de proyectos son aplicaciones informáticas especialmente concebidas para automatizar la planificación, seguimiento y control de los proyectos, aplicando la metodología de *project management* tal y como ha sido expuesta.

El uso de este tipo de productos no sólo representa la ventaja obvia de simplificar los tratamientos de los datos y facilitar las labores del jefe de proyecto y de su equipo, sino que tiene otras ventajas adicionales que son muy importantes:

- Aporta al proyecto el rigor que siempre es inherente a la informática al obligar a introducir las informaciones precisas y garantizar la coherencia de los datos resultantes.
- La presentación de los documentos realizados por ordenador transmite una imagen de seriedad y calidad que es muy interesante a efectos comerciales y de la capacidad de negociación que el jefe de proyecto tiene con sus interlocutores.

Los paquetes de gestión de proyectos que existen en el mercado son muy numerosos. No procede realizar aquí un análisis comparativo de los diversos productos, algo que aparece de vez en cuando en las revistas especializadas, pero sí puede ser útil citar algunos de los productos más relevantes. Tal vez los más conocidos y divulgados son los siguientes:

- ▶ Superproject.
- ▶ Harvard Total Project Manager.
- ▶ Microsoft Project.

Los tres son productos muy contrastados y de alta calidad que reflejan con mucha fidelidad la metodología de gestión de proyectos e incluyen las informaciones básicas sobre plazos y costes, PERT, Gantt, capacidades gráficas, impresión de informes, calendarios, etc.

Existen muchos otros productos, algunos de los cuales, pese a tener una expansión menor, incorporan funciones avanzadas y pueden ser incluso más adecuados para la gestión de grandes proyectos por permitir el manejo simultáneo de proyectos diversos. Podemos citar a título de ejemplo "el Primavera".

Si el producto informático es de los que pueden ser considerados como de elevada calidad, incorporará los controles y ayudas adecuados para facilitar la tarea de los usuarios y para minimizar el riesgo de errores.



Por ejemplo:

- Comprobación de la coherencia lógica de los datos introducidos, principalmente en lo que se refiere a fechas.
- Funciones de selección para permitir limitar la información que en cada momento se quiere obtener, por fechas, etapas, naturaleza de las actividades, tipos de recursos, etc.
- Posibilidad de fusionar en uno solo dos o más proyectos.
- Posibilidad de definir macroinstrucciones.
- Funcionamiento en red de área local.
- Posibilidad de proteger la confidencialidad de los proyectos incluyendo claves de acceso, etc.

Sin embargo, a nuestros efectos, tienen mucho más interés ciertas funciones y posibilidades que poseen algunos paquetes informáticos y que son relevantes desde el punto de vista de gestión de proyectos:

- ▶ Tratamiento del proyecto en forma piramidal pudiendo agrupar las actividades en diferentes niveles (*WBS: Work Breakdown Structure*).
- ▶ Posibilidad de atribuir a cada actividad tres duraciones diferentes (optimista, pesimista y más probable) de forma que el ordenador calcule automáticamente la duración esperada, la desviación típica y la probabilidad de que una actividad o el proyecto estén terminados en una fecha.
- ▶ Posibilidad de seleccionar qué informaciones pueden aparecer en las pantallas y ocultar otras de naturaleza confidencial, por ejemplo, los datos de coste.

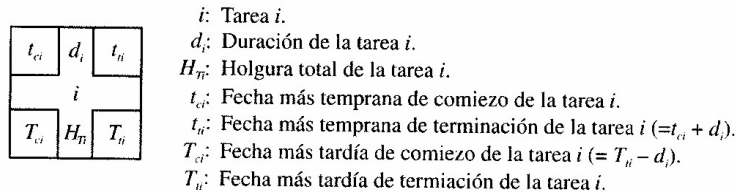
Lo anteriormente dicho permite apreciar el alto nivel de calidad y prestaciones que han alcanzado los paquetes informáticos de gestión de proyectos. Si a eso añadimos el precio muy bajo que tienen la mayor parte de los productos destinados a funcionar sobre ordenadores personales, es fácil concluir que se trata hoy de una ayuda casi imprescindible e insustituible para toda empresa o persona que trabaje en este campo.

# PARTE III. OTROS GRAFOS UTILIZADOS EN LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS

## 1. EL MÉTODO ROY.

Todo lo expuesto hasta ahora ha sido basado en los grafos de tipo PERT/CPM, pero, como se comentó en la introducción de este tema, existen otros. De entre ellos cabe destacar el **método ROY**, que difiere bastante de los grafos estudiados, pues en esta técnica los nudos representan las actividades, y los arcos que los unen tienen un significado exclusivamente de prelación.

El nudo más utilizado es el que aparece en la figura, donde se recoge gran información de la tarea en cuestión.



Para construir el grafo se comienza por el **nudo inicio del proyecto**, de duración nula, al que seguirán todas aquellas tareas que no tengan ningún antecedente. A continuación se irán situando el resto de las actividades, haciéndose cumplir las relaciones de prelación establecidas y llegando al final a una serie de tareas que no tienen siguientes, de todas ellas tendrá que salir una flecha hacia un **suceso** ficticio que representará el final del citado **proyecto**, el cual no tendrá, como es lógico, duración alguna.

Una de las ventajas que este método presenta, frente al PERT, es permitir la utilización de **nuevos tipos de relaciones** que pueden resultar de gran utilidad. Citaremos las de **tipo no estricto** y las denominadas **negativas**, que se ilustrarán en el Ejemplo siguiente.

Otra ventaja adicional es que no utiliza actividades ficticias, facilitando la construcción e interpretación del grafo.

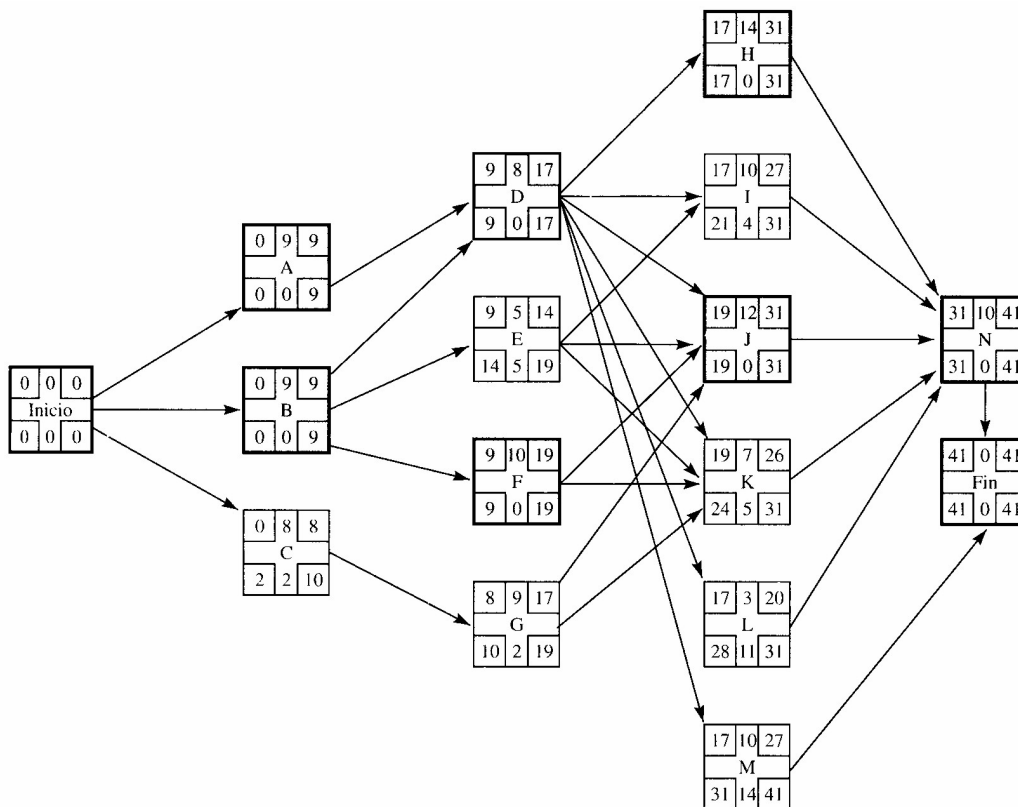
**EJEMPLO. Programación mediante el método Roy.**

Como caso ilustrativo vamos a realizar el grafo ROY correspondiente al siguiente proyecto:

Para la realización de un determinado proyecto es necesaria la ejecución de 14 actividades (A, B, ..., M y N), que tienen las siguientes relaciones de prelación inmediata:

- Para que comience D tienen que estar finalizadas A y B.
- Sólo una vez finalizada B podrán comenzar C, E y F.
- C es inmediatamente anterior a G.
- Para comenzar las actividades H, I, J, K, L y M se tendrá que haber finalizado la D.
- Sólo cuando se terminen E, F y G se podrá dar comienzo a J y K.
- Para la realización de I es totalmente imprescindible la finalización de E.
- La ejecución de N no se podrá llevar a cabo mientras no se hayan terminado las actividades H, I, J, K y L.

dando lugar al grafo de la figura siguiente,



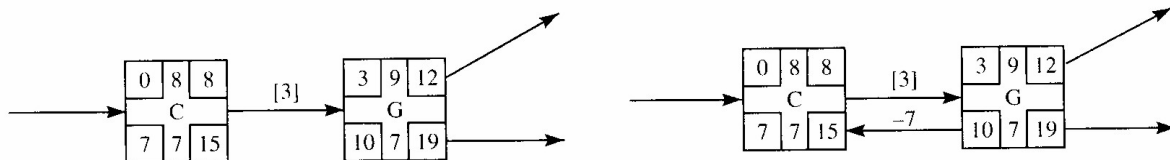
en el que el cálculo de las fechas se ha realizado comenzando por las más tempranas de comienzo y fin para cada una de las actividades.

Así, por ejemplo, A, B y C tienen como fecha de comienzo el instante cero; si a dicho momento le sumamos la duración de las mencionadas tareas, tendríamos, respectivamente, 9, 9 y 8 como fecha más temprana de terminación de las mismas. Para que comenzara la D, tienen que estar acabadas

A y B, luego su fecha más temprana de comienzo será el máximo de las fechas más tempranas de terminación de dichas actividades (en este caso 9); se seguiría así hasta llegar a la fecha más temprana de terminación del suceso final que, en este caso marcará la duración del proyecto.

Al igual que hacíamos en el grafo PERT, se hará coincidir la fecha más tardía de terminación del proyecto con la más temprana y se volverá hacia el nudo inicial calculando las fechas más tardías de comienzo y de terminación de cada una de las actividades. Deberá tenerse en cuenta que esta última, para una tarea concreta, será el mínimo de las fechas más tardías de comienzo de las actividades que le siguen, las cuales se calculan como la fecha más tardía de terminación de la actividad en cuestión menos su duración. Por ejemplo, en el caso de la tarea E, la fecha más tardía de terminación será el mínimo de 21, 19 y 24, fechas más tardías de comienzo de las actividades I, J y K, que son las siguientes a E; por tanto, ésta podrá comenzar, como muy tarde, el período 14, diferencia entre 19 (fecha más tardía de terminación) y 5 (duración de la actividad).

Una de las ventajas que decíamos presentaba este tipo de grafo es la posibilidad de poder representar *sucesiones de tipo no estrictas y restricciones negativas*. Como ejemplo de la primera de ellas, supondremos que G puede comenzar 3 días después de haber comenzado la C, por tanto la fecha de comienzo más temprana para la G no sería 8, sino 3, por lo que su finalización sería el período 12. La representación gráfica de este tipo de sucesiones aparecen en la figura.



**Figura 97** Representación de sucesión no estricta negativa

Representación de sucesión no estricta y restricción

Si, además, se le impone la condición de que no se puede iniciar más de siete períodos después de haber comenzado la C, estaremos en un caso de *sucesión no estricta y restricción negativa*, por lo que habría que modificar las fechas más tardías, ya que no cumplen esta última condición. Como G tiene que comenzar como muy tarde el día 10, la C tendría que hacerlo, para cumplir el plazo de los 7 días máximos de diferencia, el día 3; pero además sabemos que la diferencia entre las dos fechas de comienzo pueden ser como mínimo de 3 días, luego podría comenzar el  $10 - 3 = 7$ .

Entre estas dos fechas posibles, 3 y 7, tomaremos la mayor, ya que se está calculando la fecha más tardía de comienzo.

## 2. REDES DE ACTIVIDAD GENERALIZADA.

En las programaciones realizadas hasta el momento no se ha tenido en cuenta la posibilidad de tener que repetir una determinada actividad porque su realización no fuese satisfactoria, o bien la existencia de actividades que pueden no ser necesarias para la consecución del proyecto porque dependan del grado de conformidad que exista con la ejecución de alguna tarea anterior.

Estas circunstancias no pueden ser representadas en los grafos que hemos estudiado hasta aquí, siendo necesario recurrir a las **redes de actividad generalizadas**. La composición de estas redes es similar a la del PERT, con la misma interpretación de los nudos y de los arcos, es decir, sucesos y ejecución de tareas, respectivamente. Aquí los nudos tienen, igualmente, una doble función, la de emisor (de salida) y la de receptor (de entrada), pero pudiendo existir diferentes tipos, cada uno con una determinada simbología (ver Figura).

Entrada \ Salida	O-exclusive	O-inclusive	Y
Determinista			
Probabilística			

Respecto a la **función receptora** se distinguen:

- **Nudo «Y»**. El suceso que representa se verifica si, y sólo si, se ejecutan por completo todas las actividades que inciden en él
- **Nudo «O-exclusive»**. Este se realiza cuando se ejecuta una, y sólo una, de las tareas incidentes.
- **Nudo «O-inclusive»**. El suceso por él representado se dará cuando se realice al menos una de las tareas incidentes.

Considerando la **función emisora** nos encontramos con dos tipos de nudos:

1. **Nudo determinista**, caracterizado por la condición de que, si éste se realiza, se han de ejecutar todas las actividades que salen de él.
1. **Nudo probabilístico**, que implica la realización de sólo una de las tareas salientes; los arcos representativos de estas tareas tienen cada uno una determinada probabilidad de realización, cuya suma ha de ser la unidad.

Con respecto a los arcos, los de éstos están dotados de una serie de parámetros al igual que en el PERT (duración, costes, consumos de recursos, cte.), pero, además, tienen uno que es característico: su probabilidad de realización, P, y la distribución a la que responde. Esta tendrá, lógicamente, un valor comprendido entre 0 y 1; en el caso de que dicho valor fuese la unidad, el nudo sería, claro está, determinista.

Al igual que en los grafos PERT, un arco puede representar la agregación de un conjunto de actividades, en las redes GAN se utiliza la noción de arco **equivalente** de la subred, el cual tiene la misma probabilidad de realización y duración que la subred que sustituya, con lo que se simplifica en gran medida la aplicación de los diferentes algoritmos de resolución existentes.

Una aproximación a la resolución de una red GAN es la técnica GERT (*Graphical Evaluation and Review Technique*), cuya idea básica es que la probabilidad de alcanzar el nudo final de la red es una función multiplicativa de las probabilidades de realización de las tareas intermedias.

**Tabla. Comparación de algunas características de las redes PERT/CPM y GERT**

	Tipos de nudos	Distribución de las duraciones	Posibilidad de volver a sucesos anteriores	Control	Arcos
<b>PERT/CPM</b>	Determinístico	$\beta$	No existe	Fácil	Tiempo
<b>GERT</b>	Probabilísticos	Diversas	Existe	Difícil	Tiempo, coste, fiabilidad, etc

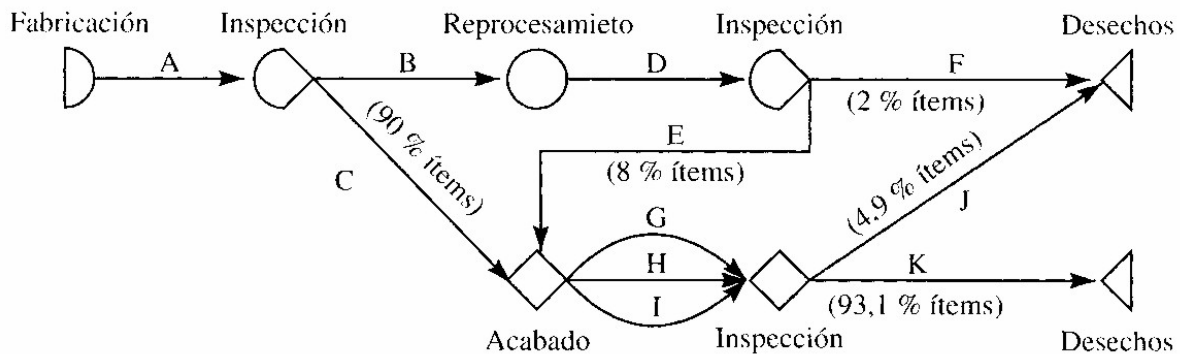
En el ejemplo siguiente se ilustra sobre este tipo de técnica. Aunque, como veremos, el análisis que permite es mucho más rico que el de las redes PERT, también es cierto que la información requerida, el esfuerzo computacional y la complejidad de uso es muy superior. La elección de una u otra técnica dependerá de las necesidades del proyecto.

**EJEMPLO. Redes GERT.**

La Figura muestra un ejemplo sencillo de red GERT.

En ella, la actividad **A** es la salida de un proceso de manufactura; ésta pasa a una primera inspección que revela un 10 por 100 de defectuosos ( ➡ actividad **B**) y un 90 por 100 de ítems satisfactorios ( ➡ actividad **C**). En el primer caso se pasaría a un reprocesamiento, al que seguiría (actividad **D**) una nueva inspección; si esta es superada (probabilidad 0,8) se procedería (actividad **E**) al acabado de los ítems aceptados (80 por 100 del 10 por 100 rechazado = 8 por 100). Los componentes rechazados (probabilidad 0,2) en la segunda inspección (20 por 100 del 10 por 100 = 2 por 100) pasan a desechos (actividad **F**).

En el segundo caso, los productos aceptados tras la primera inspección pasan al proceso de acabado (actividad **C**). Del conjunto de ítems en este último proceso, el 70 por 100 necesita 8 horas de trabajo; el 20 por 100 requiere 8,5 horas y el 10 por 100, 9 horas (actividades **G, H e I**). Todos ellos van a inspección final, la cual desecha el 5 por 100 del input (5 por 100 del 98 por 100 = 4,9 por 100), que va a desechos (actividad **J**), pasando el resto (95 por 100 del (90 por 100 + 8 por 100) = 93,12 por 100) a ítems terminados.



### 3. ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS.

Los diagramas PERT tienen indudablemente grandes ventajas, entre las cuales las más importantes son las siguientes:

- ❑ Permiten una visión muy clara del proceso, con preciosos detalles de las relaciones entre diversas actividades necesarias para alcanzar el objetivo del proyecto.
  - ❑ Al destacar las actividades esenciales, que son las que forman las rutas críticas, que vienen a ser los cuellos de botella del proyecto, se puede concentrar la atención y las acciones en esas actividades, logrando un rendimiento efectivo e inmediato, de las mejoras que se introduzcan en el proyecto.
  - ❑ El conocimiento de las holguras disponibles, permite una planificación más económica evitando un inútil y desordenado derroche de recursos, en mejorar actividades innecesariamente.
  - ❑ La sencilla actualización del diagrama, con los cambios de prioridades que se introduzcan, permite actuar inmediatamente para corregir las desviaciones perniciosas que se produzcan.
- ☞ Las técnicas PERT, tienen su más interesante y rentable aplicación en la fabricación y montaje de barcos, obra pública, grandes instalaciones, como refinerías, construcciones de grandes edificios, etc.

La implementación de un proyecto es algo más que señalar las actividades críticas y hacer un seguimiento del mismo, pues ésta implica:

- Gestión de los recursos humanos adscritos al proyecto.
- Gestión y control de los costes para alcanzar las metas establecidas (considerada por muchos la función más importante).
- Comprensión del alcance del proyecto en relación con los objetivos del contratante del mismo.
- Gestión de la comunicación entre los miembros del equipo del proyecto.
- Gestión de la calidad del proyecto con objeto de asegurar la del proyecto o servicio resultante.

Para comenzar el desarrollo de un proyecto, el producto o productos finales a obtener se subdivide en subconjuntos; éstos, a su vez, en partes más detalladas, y así sucesivamente, disminuyendo el grado de complejidad y el valor económico de los mismos, hasta llegar a un nivel manejable para la planificación y el control.

Por su parte, estas unidades de planificación y control se descomponen en “**paquetes de trabajo principales**” (PTP) (por ejemplo: ingeniería, control, etc.), cuya responsabilidad se asigna a las correspondientes unidades; éstas, a su vez, pueden subdividirse, si su complejidad lo aconseja, en paquetes más simples (PT) (por ejemplo: ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, etc.).

Estos últimos son las unidades básicas para la planificación de recursos y control del sistema PERT-Coste, pues mayor detalle encarecería innecesariamente el proceso. El número de subdivisiones va a depender del valor económico de los PTP y del detalle necesario para controlar el trabajo.

Por último, los paquetes de trabajo del nivel más bajo suelen fraccionarse en actividades concretas, que son las que aparecerán representadas en el grafo, aunque a veces un arco puede representar un PT, dándose, pues, diferentes grados de agregación de acuerdo con las necesidades del planificador en relación con la complejidad del proyecto.

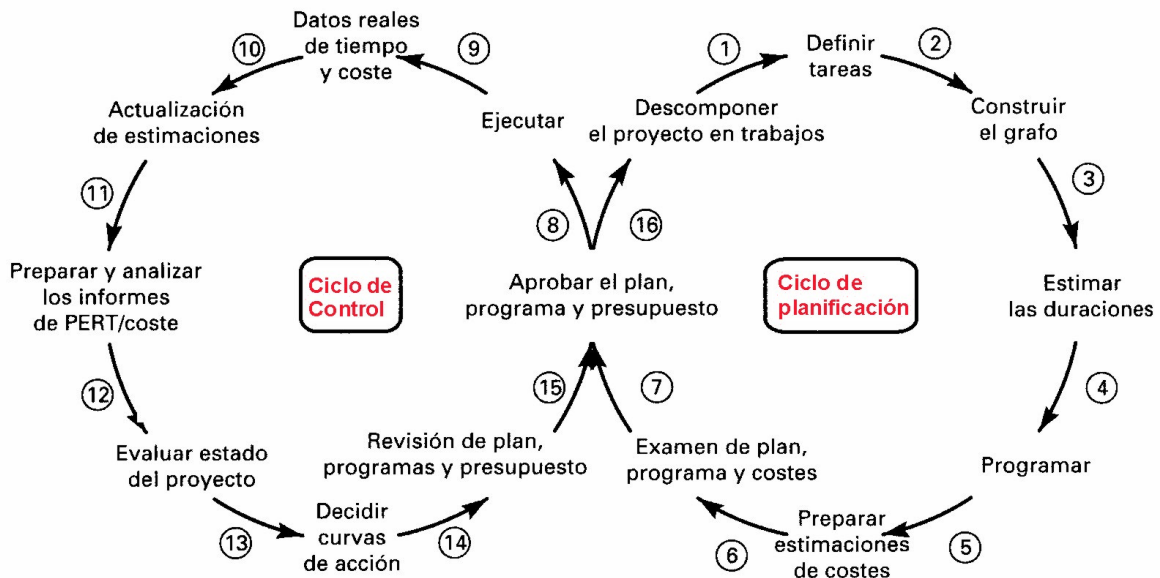
También es importante hacer notar que, cuando un determinado PT no esté dirigido concretamente a la consecución de una cierta etapa o suceso del proyecto, no será necesario representarlo en el grafo, pues ello le añadiría complejidad sin servir de ayuda en la programación.

A partir de lo anterior puede establecerse el grafo, la consiguiente programación, la estimación de costes y, en su caso, la aprobación de plan, programa y presupuesto, hecho esto se pasaría a la ejecución. A medida que ésta avanza nos encontramos con actividades terminadas, en curso (retrasadas o no), etc.; también pueden haberse añadido otras nuevas o eliminado algunas tareas. haber cambiado los costes o los recursos disponibles y necesarios, etc.

En suma, se hará necesario *un control y una actualización periódica* de forma que la planificación y programación reflejen las cambiantes circunstancias. A la vista del estado del proyecto y de su evaluación, el responsable del proyecto tomará las decisiones pertinentes, por ejemplo:

- Ajustar la programación en función de las holguras existentes, de forma que se minimicen las acciones de ajuste de capacidad (por ejemplo: horas extras y contratación, etc.).
- Reasignar fondos y recursos a áreas críticas desde zonas menos problemáticas.
- Incrementar o reducir los recursos planificados.
- Revisar la secuencia o/y contenido de las tareas (por ejemplo, modificando especificaciones o métodos).

Con todo ello se aprobaría el nuevo plan y se volvería a la etapa inicial. En conjunto, el sistema **PERT-Coste** puede representarse como un doble ciclo de planificación y control, que se resume en la figura siguiente:





## 4. REFLEXIÓN FINAL.

La planificación, programación y control de proyectos ha tenido y seguirá teniendo una importancia crítica, yendo en aumento el tamaño y la complejidad de los mismos y estando presentes en un amplio abanico de organizaciones. La dificultad de una correcta gestión es obvia, pues, si bien pueden existir posibles similitudes con algunos proyectos pasados que proporcionan un punto de partida, las diferencias siempre implicarán un alto riesgo en el mismo.

Aunque pueda haber una cierta tendencia a contemplar los proyectos con un único objetivo, las páginas anteriores revelan que las metas a considerar son múltiples (tiempo, costes, resultados, etc.), existiendo entre ellas una clara interacción que dificulta la gestión, pues habrá que buscar el adecuado equilibrio entre las mismas.

La gestión de proyectos tiene una dificultad añadida en tanto en cuanto está caracterizada por los conflictos, no sólo el derivado de los múltiples objetivos, sino los derivados de la competencia con otros proyectos para el uso de los recursos, de los cambios deseados por los clientes, de la interacción de diversas áreas empresariales, etc.

Como se indicó anteriormente, a lo largo de la vida de cualquier proyecto interactúan los distintos departamentos empresariales, sin que ninguno de ellos escape a la actividad que aquél implica. La intensidad de la participación de cada uno de ellos puede, sin embargo, variar a lo largo del mismo; así, **Marketing** estará especialmente involucrado al principio y al final, **Operaciones** tendrá un importante papel a todo lo largo del desarrollo, **Finanzas** se verá más concernida al principio, **Contabilidad** al final y durante los controles periódicos y **Personal** durante todo el proyecto.

Será una **misión fundamental del director del proyecto mantener la adecuada coordinación entre los distintos departamentos.**

## EJERCICIOS BÁSICOS SOBRE EL PERT

**EJERCICIO 1.** Para la elaboración de un cierto producto, la empresa ENSABLERSA ha de realizar las siguientes actividades:

- A Transportar al taller de fabricación, los materiales necesarios para elaborar los componentes X1 y X2
- B Transportar desde otro punto diferente, al taller de fabricación, para elaborar los componentes Y1 e Y2.
- C Transportar desde otro punto diferente, al taller de fabricación, los materiales para elaborar los componentes Z1.
- D Fabricar el componente Z1
- E Fabricar el componente X1
- F Fabricar el componente X2
- G Fabricar el componente Y1
- H Fabricar el componente Y2
- I Transportar el componente X1 al taller de ensamblaje
- J Transportar el componente X2 al taller de ensamblaje
- K Ensamblar el componente [X1-X2], resultante de montar X1 y X2
- L Transportar el componente Z1 al taller de ensamblaje
- M Transportar el componente Y1 al taller de ensamblaje
- N Transportar el componente Y2 al taller de ensamblaje
- O Fabricar el componente [Y1-Y2], resultante de montar Y1 e Y2
- P Fabricar el producto terminado final ensamblando [X1-X2] con Z1 y con [Y1-Y2]

Dado que no es posible realizar la actividad E, ni la F, si no se ha finalizado previamente la actividad A, ni puede fabricarse el componente Z1 (actividad D) si previamente no se han recibido los materiales necesarios en el taller (actividad C), ..... , existirá una serie de relaciones de prelación o dependencia entre las diversas actividades. **Se desea conocer la tabla de precedencias de este proyecto.**

**Sol.**

La tabla de precedencias es una relación de todas las actividades del proyecto en la que, junto a cada una, se refieren aquellas que le preceden de forma inmediata.

En el ejercicio, a las actividades A, B y C no les precede ninguna. A la actividad D (fabricar el componente Z1), le precede la actividad C (transportar, desde otro lugar, al taller de fabricación, los materiales para elaborar los componentes Z1).

Del mismo modo, a las actividades E y F les precede la actividad A.

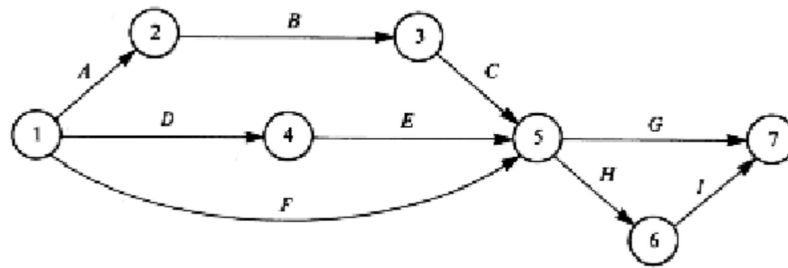
A las actividades G (Fabricar el componente Y1 ) y H (Fabricar el componente Y2 ) les precede la B (Transportar desde otro punto diferente, al taller de fabricación, para elaborar los componentes Y1 e Y2 ) . .....

De este modo se llega a la siguiente tabla:

Actividad	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Actividades precedentes	-	-	-	C	A	A	B	B	E	F	I, J	D	G	H	M, N	K, L, O

Nota. La tabla de precedencias contiene la información necesaria para elaborar el grafo PERT.

**EJERCICIO 2.** Se desea conocer la tabla de precedencias a partir del cual se ha elaborado el siguiente grafo PERT



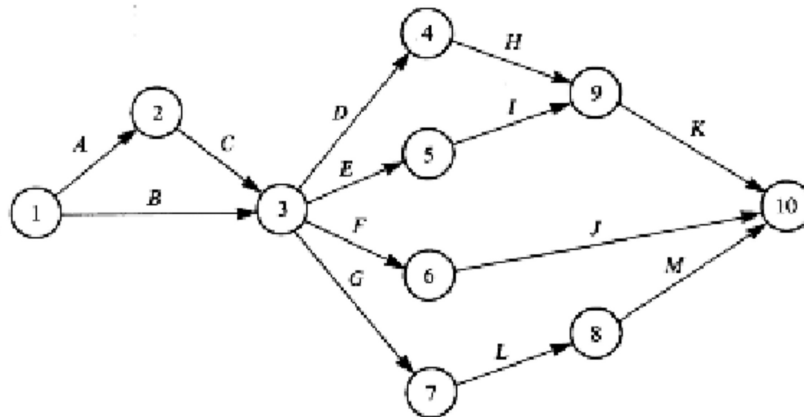
**Sol.**

Del grafo se infiere que las actividades A, D y F no les precede ninguna, que la actividad B sigue a la A, y la actividad C precede a la B. También que la actividad E es posterior a la D y que la C, la E y la F preceden a la G y a la H, y que esta última es anterior a la I.

Por consiguiente la tabla de precedencias es la siguiente:

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	-
B	A
C	B
D	-
E	D
F	-
G	C, E, F
H	C, E, F
I	H

**EJERCICIO 3.** Se desea conocer la tabla de precedencias a partir del cual se ha elaborado el siguiente grafo PERT



**Sol.**

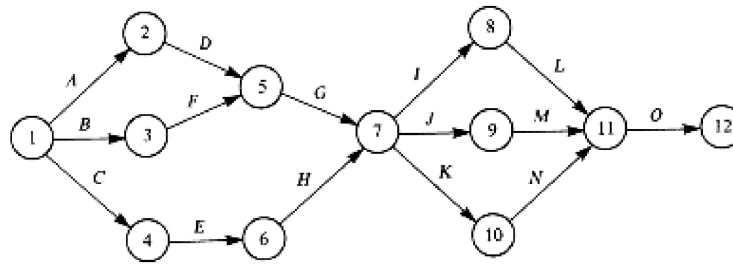
Del grafo se infiere que:

- A las actividades A y B no les precede ninguna.
- A la actividad C le sigue a la A
- Las actividades D, E, F y G son posteriores a la C y a la B.
- La H es posterior a la D
- La I es posterior a la E
- La J es posterior a la F.
- La L es posterior a la G.
- La M es posterior a la L.
- Las actividades K, J y M no preceden a ninguna.

Por consiguiente la tabla de precedencias es la siguiente:

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	-
B	-
C	A
D	C, B
E	C, B
F	C, B
G	C, B
H	D
I	E
J	F
K	H, I
L	G
M	L

**EJERCICIO 4.** Se desea conocer la tabla de precedencias a partir del cual se ha elaborado el siguiente grafo PERT



**Sol.**

Del grafo se infiere que:

- A las actividades A, B y C no les precede ninguna.
- La actividad D es posterior a la A
- La actividad F es posterior a la B.
- La actividad E es posterior a la C
- La actividad G es posterior a las actividades D y F
- La actividad H es posterior a la E.
- Las actividades I, J y K son posteriores a las actividades G y H.
- Las actividades I, J y k son previas a la L, a la M y a la N, respectivamente.
- La actividad O es posterior a las L, M, y N, y no precede a ninguna.

Por consiguiente la tabla de precedencias es la siguiente:

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	-
B	-
C	-
D	A
E	C
F	B
G	D, F
H	E
I	G, H
J	G, H
K	G, H
L	I
M	J
N	K
O	L, M, N

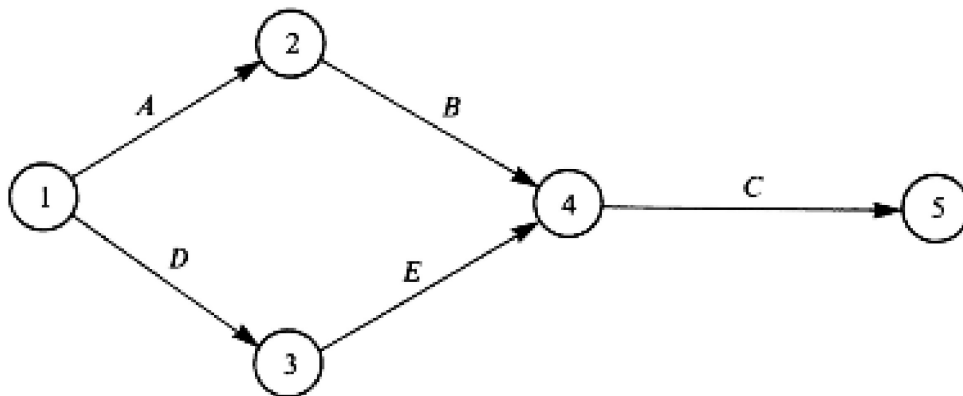
**EJERCICIO 5.** Elabore el grafo PERT, correspondiente a la tabla de precedencias:

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	-
B	A
C	B, E
D	-
E	D

**Sol.**

Como puede observarse en la tabla de precedencias, a las actividades A y D no les precede ninguna. Por consiguiente ambas parten del nudo o suceso primero (1). Por otra parte, la actividad C es la única que no precede a ninguna, por lo cual será la única cuya terminación se corresponda en el nodo o suceso final.

El grafo PERT será el siguiente:

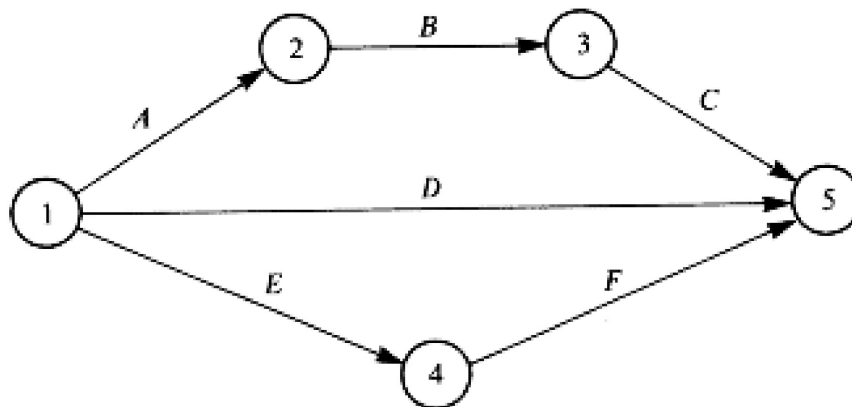


Nota. Observese que en un PERT pueden existir varias representaciones igualmente correctas del grafo.

**EJERCICIO 6.** Elabore el grafo PERT, correspondiente a la siguiente tabla de precedencias:

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	-
B	A
C	B
D	-
E	-
F	E

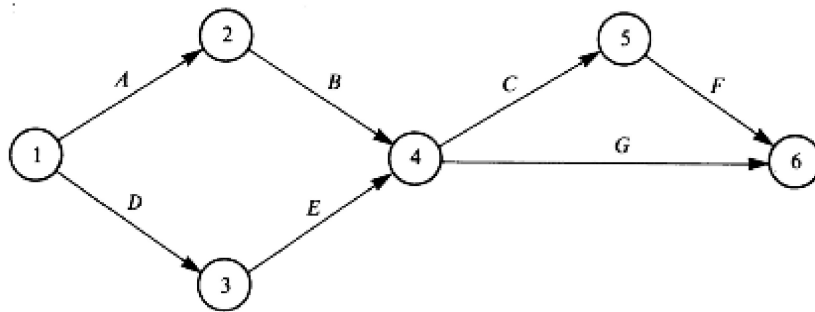
**Sol.**



**EJERCICIO 7.** Elabore el grafo PERT, correspondiente a la siguiente tabla de precedencias:

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	-
B	A
C	B, E
D	-
E	D
F	C
G	B,E

**Sol.**

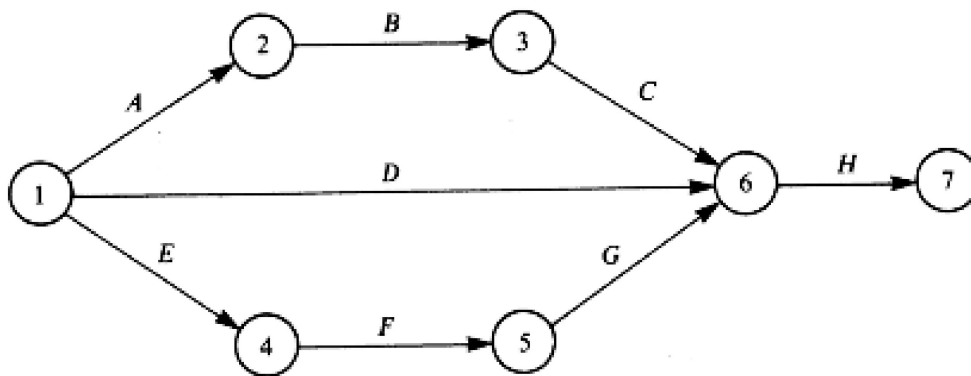




**EJERCICIO 8.** Elabore el grafo PERT, correspondiente a la siguiente tabla de precedencias:

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	-
B	A
C	B
D	-
E	-
F	E
G	F
H	C, D, G

**Sol.**

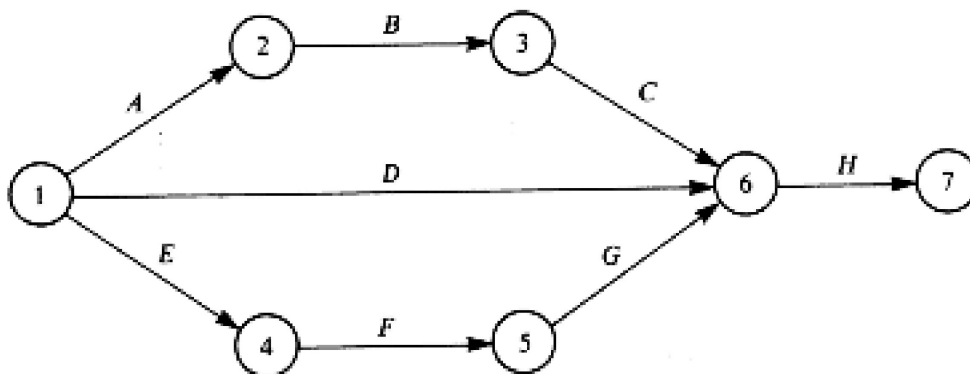


**EJERCICIO 9.** En la siguiente tabla se señala la duración en unidades de tiempo [u.t] de cada una de las actividades del proyecto anterior. **Se desea saber cual es el camino crítico y su duración.**

ACTIVIDADES	DURACIÓN [U.T]	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	1	-
B	2	A
C	3	B
D	5	-
E	2	-
F	1	E
G	1	F
H	4	C, D, G

**Sol.**

Se denomina camino crítico al camino más largo que comunica gráficamente el suceso inicial y el final.

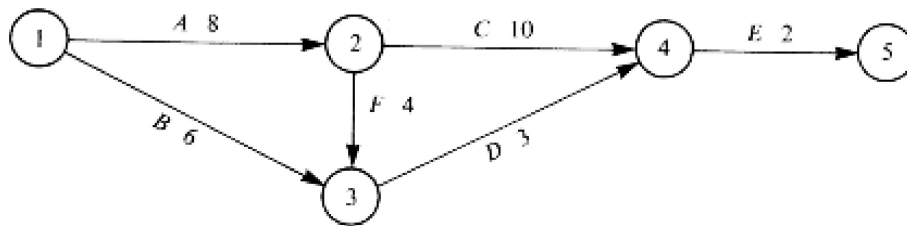


Al ser el grafo muy sencillo, podemos observar que en el enlace del suceso inicial y el final se puede presentar tres alternativas, que se corresponden con los tres caminos:

- El camino formado por las actividades A, B, C y H, cuya duración es de :  $1 + 2 + 3 + 4 = 10$  [u.t]
- El formado por las actividades A y H, cuya duración es de:  $5 + 4 = 9$  [u.t]
- El camino formado por las actividades E, F, G y H, cuya duración es:  $2 + 1 + 1 + 4 = 8$  [u.t]

Por consiguiente, el camino crítico estará formado por las actividades A, B, C y H. A las actividades que forman el camino crítico se las denomina actividades críticas. Obviamente, estas actividades han de ser las que reciban mayor atención en el proceso de control, pues en ellas no se pueden producir retrasos.

**EJERCICIO 10.** Las actividades necesarias para el desarrollo de cierto proceso productivo se ajustan al siguiente grafo PERT.



¿Que actividades integran el camino crítico?. ¿Cual es su duración? . ¿Qué utilidad tiene su determinación?. ¿Cuales son las actividades críticas?.

**Sol**

**Tras resolver encontramos:**

**Camino crítico:** camino de más larga duración.

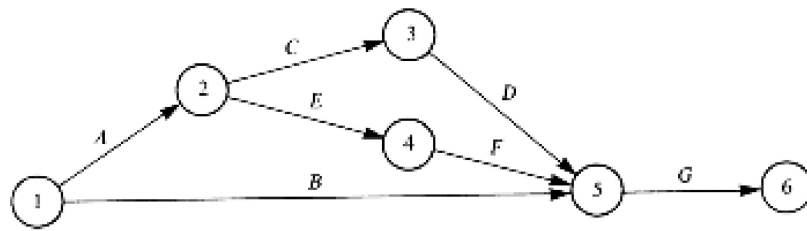
**Duración del camino crítico:** 20

**Sucesos críticos:** 1, 2, 4 y 5

**Actividades críticas:** A, C, E

**Utilidad:** Saber que actividades requieren mayor control para cumplir con el plazo de ejecución.

**EJERCICIO 11.** El grafo PERT correspondiente a cierto proceso de fabricación es el siguiente:

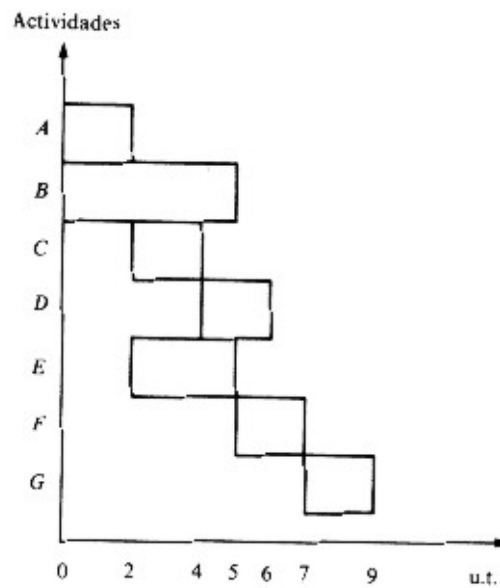


En la siguiente tabla se recogen, además, las duraciones de las distintas actividades que integran el proceso:

ACTIVIDADES	A	B	C	D	E	F	G
DURACIÓN	2	5	2	2	3	2	2

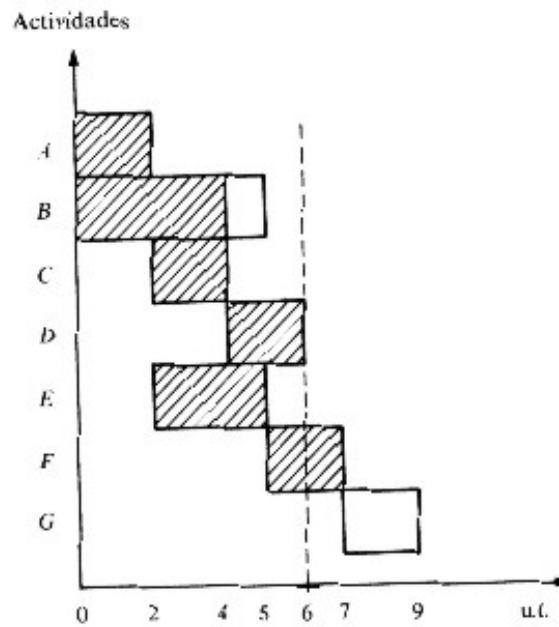
Se desea representar el gráfico de Gantt correspondiente a este proceso.

**Sol.**

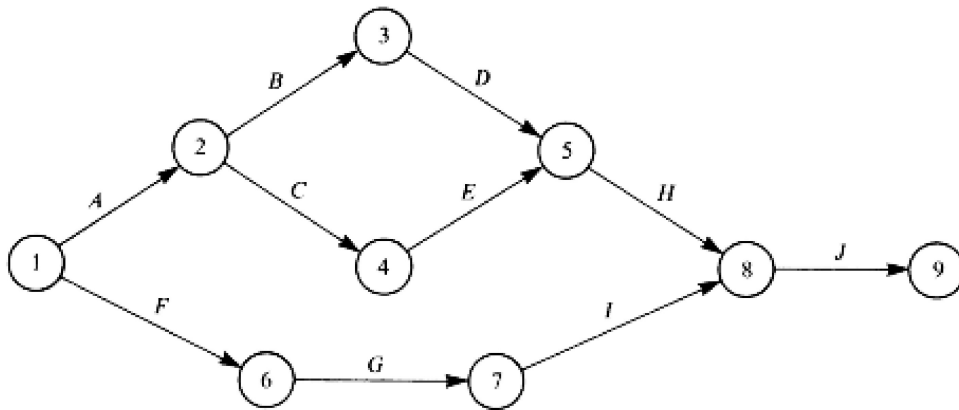


**EJERCICIO 12.** En el ejercicio anterior, han transcurrido 6 días desde el comienzo de las actividad y se han finalizado las actividades A, c, D, E y F. Además se han realizado las 4/5 partes de la actividad B.

Se desea representar el estado del proceso mediante el gráfico de Gantt.



**EJERCICIO 13.** El grafo PERT correspondiente a cierto proceso de fabricación es el siguiente:



En la siguiente tabla se recogen las duraciones de las distintas actividades que integran el proceso:

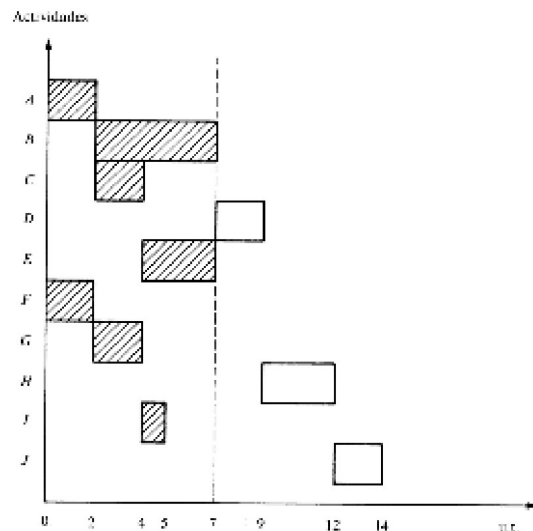
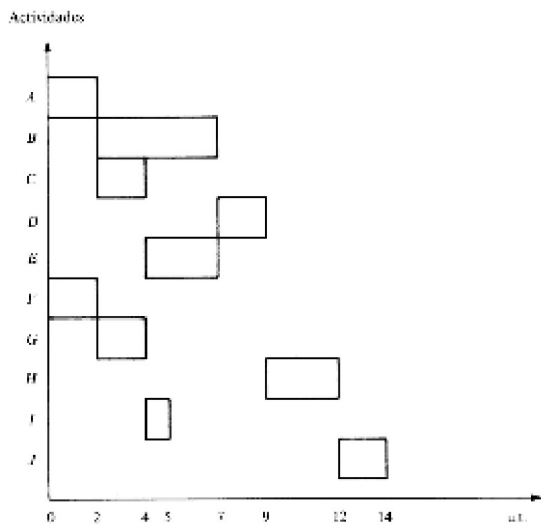
ACTIVIDADES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
DURACIÓN	2	5	2	2	3	2	2	3	1	2

Se desea representar el gráfico de Gantt correspondiente a este proceso.

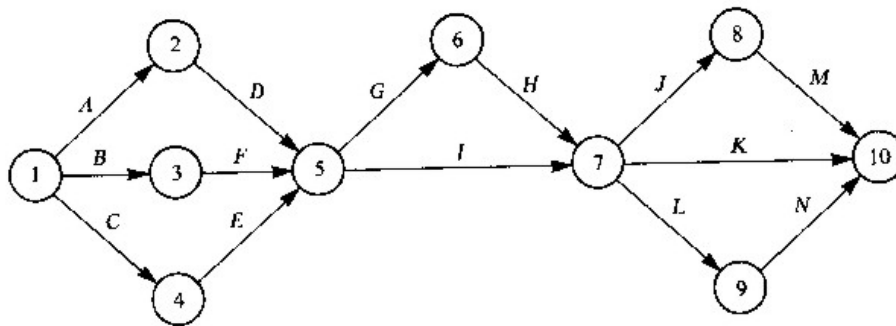
**Sol.**

**Nota.** Si han transcurrido 7 [u.t] desde el comienzo de las operaciones del proceso y se han finalizado las actividades A, B, C, E, F, G e I. **Se desea representar el estado del proceso mediante el diagrama de Gantt.**

Observar que las actividades se han realizado en las fechas previstas.



**EJERCICIO 14.** En la siguiente figura se representa el grafo PERT de un cierto proyecto de fabricación.



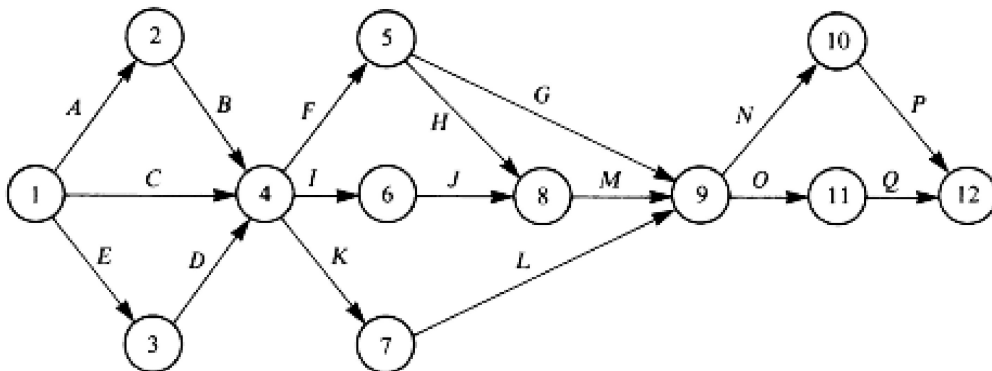
La duración de las actividades, en unidades de tiempo se recogen en la siguiente tabla:

ACTIVIDADES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
DURACIÓN	1	2	3	3	4	2	1	2	5	2	6	1	2	1

**Se desea conocer cual es el camino critico y su duración.**

Sol.

**EJERCICIO 15.** El PERT correspondiente a cierto proyecto de fabricación tiene el siguiente grafo:



La duración de las actividades, en unidades de tiempo [u.t], se recogen en la siguiente tabla:

ACTIVIDAD	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
DURACIÓN	2	4	3	6	5	1	2	2	3	4	7	5	1	4	2	3	2

**Se desea conocer cual es el camino critico y su duración.**

**Sol.**