



Sustento del uso justo  
de Materiales Protegidos  
derechos de autor para  
fines educativos



**UCI**

Universidad para la  
Cooperación Internacional

UCI  
Sustento del uso justo de materiales protegidos por  
derechos de autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estrictamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestión, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI – para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes pertenecientes a los programas académicos.

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor.

La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.

b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.

c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S, Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."

d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.

e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

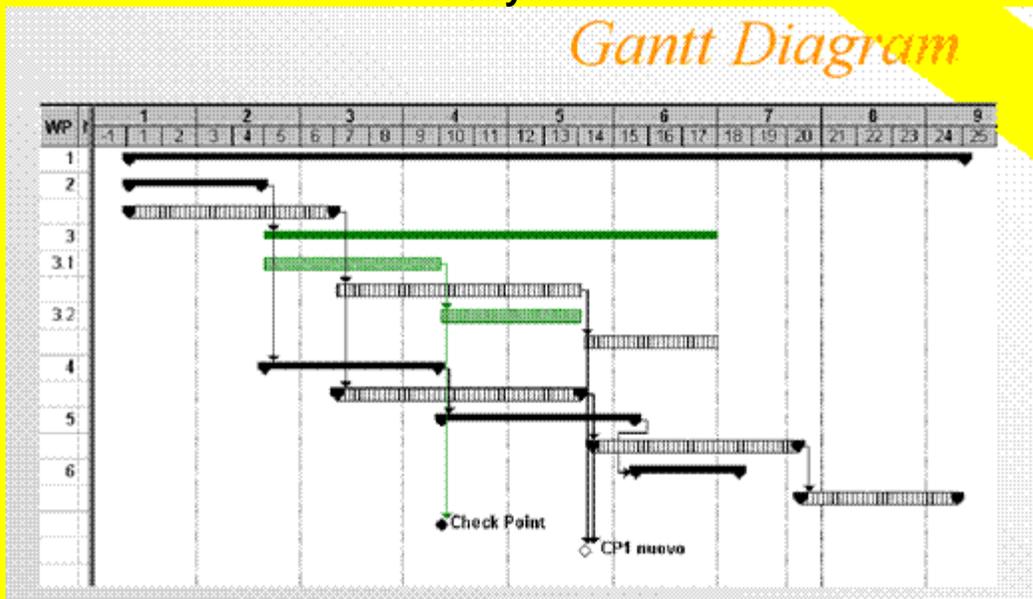
Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado editorial, sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.

## Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería

Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz

### Tema 5 Introducción a la Gestión del Tiempo del Proyecto

#### Gantt Diagram



Autor: K. Olalde; ©Depósito Legal Vi-568/06

Índice:

### Gestión del Tiempo del Proyecto

- 1.- ¿Qué es la Gestión del tiempo del proyecto?(PMBOK® cap. 6)
- 2.- ¿Por qué se realiza?
- 3.- ¿Cuales son sus objetivos?
- 4.- ¿Qué es y quién realiza la Dirección del proyecto?
- 5.- ¿El Director del proyecto?
- 6.- ¿Procesos de la Gestión del tiempo del proyecto?
- 7.- ¿Herramientas de gestión del tiempo del proyecto?

## 1.- ¿Qué es la Gestión del tiempo del proyecto?(PMBOK cap. 6)

La Gestión del Tiempo del Proyecto incluye los procesos necesarios para lograr la conclusión del proyecto a tiempo. La Figura 6-1 muestra una descripción general de los procesos de Gestión del Tiempo del Proyecto, y la Figura 6-2 muestra un diagrama de flujo de esos procesos y de sus entradas, salidas y procesos de otras Áreas de Conocimiento relacionadas.

Estos procesos interaccionan entre sí y también con los procesos de las demás Áreas de Conocimiento. Cada proceso puede implicar el esfuerzo de una o más personas o grupos de personas, dependiendo de las necesidades del proyecto. Cada proceso tiene lugar por lo menos una vez en cada proyecto y se produce en una o más fases del proyecto, si el proyecto se encuentra dividido en fases. A pesar de que los procesos aquí se presentan como componentes discretos con interfaces bien definidas, en la práctica pueden superponerse e interactuar en formas que no se detallan en esta guía. Las interacciones entre procesos se tratan en detalle en el Capítulo 3.

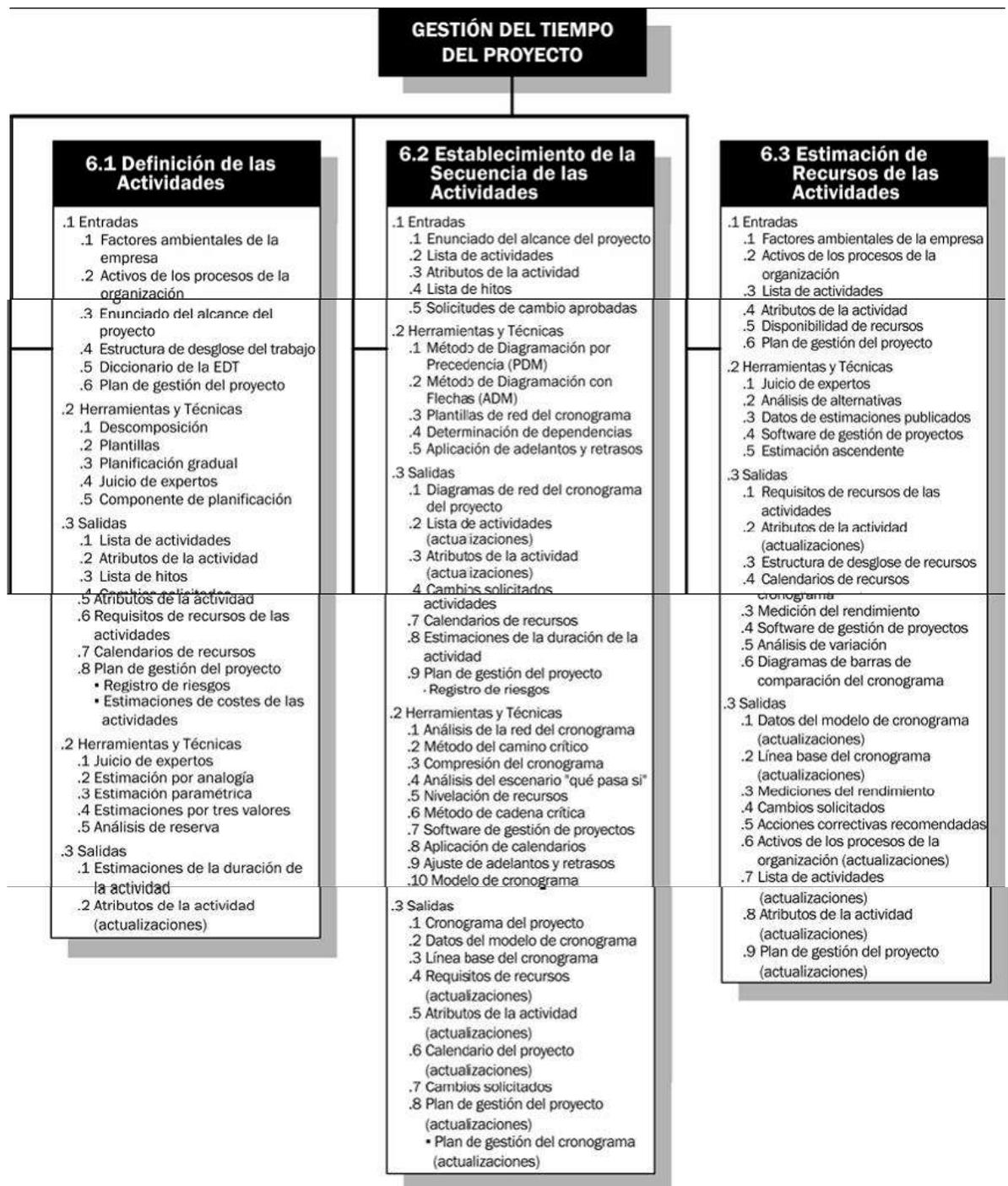


Fig. 1.1 Descripción general de la gestión del tiempo del Proyecto

## 2.- ¿Por qué se realiza?

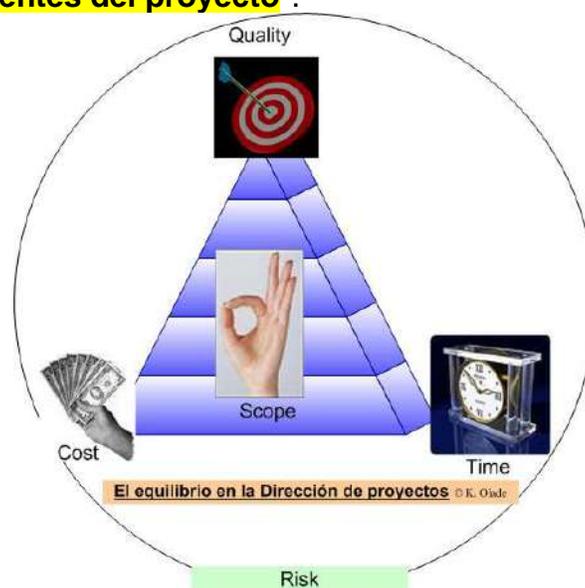
La naturaleza especial de los proyectos como **actividades complejas y discontinuas** lleva aparejada la necesidad de establecer sistemas especiales y adaptados para poderlos gestionar y dirigir adecuadamente.

No se trata de aplicar métodos totalmente diferentes o contrarios de los que se emplean en el resto de actividades de una empresa. Las funciones de dirección del proyecto son básicamente las mismas que competen a los directivos del resto de las actividades: planificación, organización, toma de decisiones, dirección del equipo humano, control de resultados.

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 Dirección de proyectos.

### 3.- ¿Cuales son sus objetivos?

El objetivo fundamental de la Gestión del tiempo del Proyecto "es concluir el proyecto a tiempo, logrando el alcance del proyecto, en tiempo, costes y calidad requerida por el cliente, sin rebasar los riesgos inherentes del proyecto".



Para poder llevar esto a cabo debemos realizar entre otras (ver Fig.1.1) las siguientes **acciones**:

- Definir claramente el objetivo del proyecto,
- Determinar que tareas se requieren para llevarlo a cabo
- Determinar el calendario de trabajo
- Fijar las duraciones de las distintas actividades, así como hitos importantes
- Planificar la realización de las tareas
- Asignar recursos a dichas tareas

- Estudiar las **relaciones** entre tareas y resolver conflictos entre recursos
- Establecer los **costes** de las tareas
- **Seguir** la obra en curso y compararla con el plan
- Seguir los costes y **compararlos** con el presupuesto
- Prever, analizar y llevar acabo las **acciones correctoras** debidas
- Dotarnos de la estructura adecuada al proyecto y al equipo (**WBS /EDT**)
- Hacer **participe al equipo** en la programación y en la resolución de los problemas
- **Buena calidad de los informes** sobre el estado y el avance del proyecto.

#### 4.- ¿Qué es y quién realiza la Dirección del proyecto?

La Dirección de Proyectos es el conjunto de técnicas, métodos y aptitudes que permiten la obtención de los objetivos del proyecto. Para conseguir los resultados propuestos, el "Director del proyecto" debe definir los objetivos, organizar los recursos, efectuar su planificación, establecer presupuestos y controlar resultados obtenidos respecto a los objetivos propuestos.

#### 5.- ¿El Director del proyecto?

El director de proyectos, es un gestor con plena responsabilidad sobre la planificación, dirección y control de los recursos de la organización aplicados al proyecto.

El director del proyecto, como responsable directo del mismo, tiene asignadas unas funciones y unas actividades que podrían resumirse en las siguientes:

- Dirección del proyecto.
- Planificación del proyecto.
- Relación con clientes y suministradores.
- Seguimiento y Control del proyecto.
- Información y decisión en materia de costes, plazos y técnicas que aseguren el cumplimiento de los objetivos del proyecto.(calidad)

En la práctica, el director del proyecto conseguirá cumplir sus funciones, más que apoyándose en la autoridad, haciendo uso de sus cualidades de liderazgo, prestigio profesional, poder de persuasión, negociación y capacidad de organización.

Un director de proyecto debe tener un buen dominio de los métodos de gestión, es decir, debe ser experto en las habilidades técnicas y metodologías tales como planificación, grafos PERT, previsiones, análisis y control de costes, negociación de contratos, etc.

El director de proyectos debe poseer, además de las mencionadas hasta el momento, otra serie de cualidades que se citan a continuación:

- Dominio de las tecnologías implicadas en el proyecto.

- **Orientación de la calidad** del proyecto hacia la satisfacción del cliente.
- **Capacidad de síntesis y análisis.** Debe tener habilidad para establecer planes, programas y prioridades, con una visión general bastante amplia.
- **Capacidad de toma de decisiones** en el control del proyecto.
- Habilidad en la **utilización eficaz de los recursos.**
- **Aptitud para crear un equipo de proyectos fuerte y unido:** seleccionar el personal idóneo, determinar las funciones adecuadas, darles recursos y motivarlos.
- **Capacidad en la comunicación:** el director del proyecto debe ser un buen negociador en el trato con el cliente, subcontratistas, suministradores, etc.
- **Delegar responsabilidad,** seleccionando los miembros del equipo más adecuados para darles autoridad y recursos.
- **Destreza para captar lo esencial del proyecto,** y aunque éste sea complejo, transformarlo en simple, para transmitirlo a su equipo con descripciones sencillas.
- **Estabilidad, flexibilidad y adaptabilidad.** Estabilidad para mantener la perspectiva y dirección durante un cambio rápido, flexibilidad para satisfacer demandas en conflicto y adaptabilidad a las nuevas tecnologías, entorno social, circunstancias económicas, etc...
- **Buena salud** para soportar la presión extrema y la carga de trabajo constante.

## 6.- ¿Procesos de la Gestión del tiempo del proyecto?

Los procesos de Gestión del Tiempo del Proyecto incluyen lo siguiente:

**6.1 Definición de las Actividades:** identifica las actividades específicas del cronograma que deben ser realizadas para producir los diferentes productos entregables del proyecto.

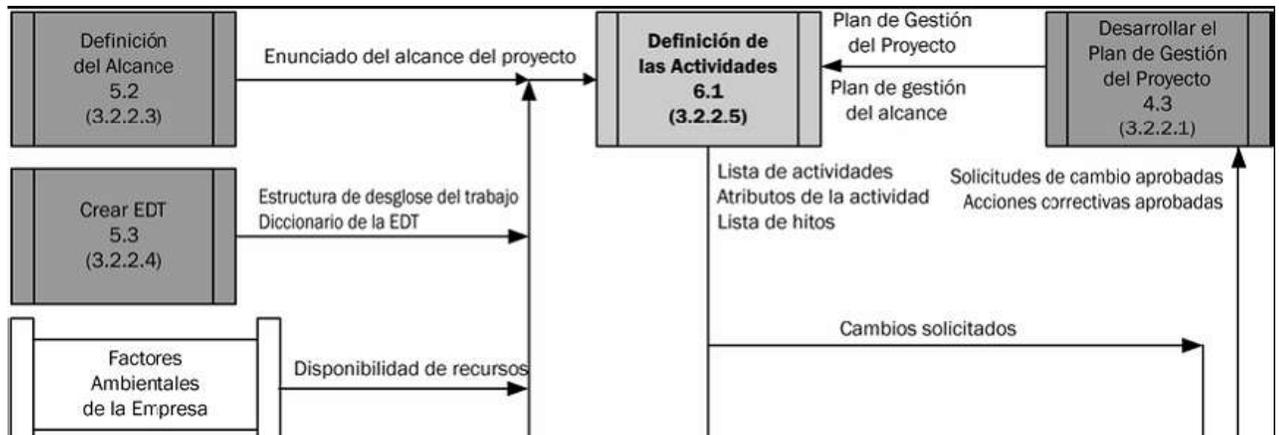
**6.2 Establecimiento de la Secuencia de las Actividades:** identifica y documenta las dependencias entre las actividades del cronograma.

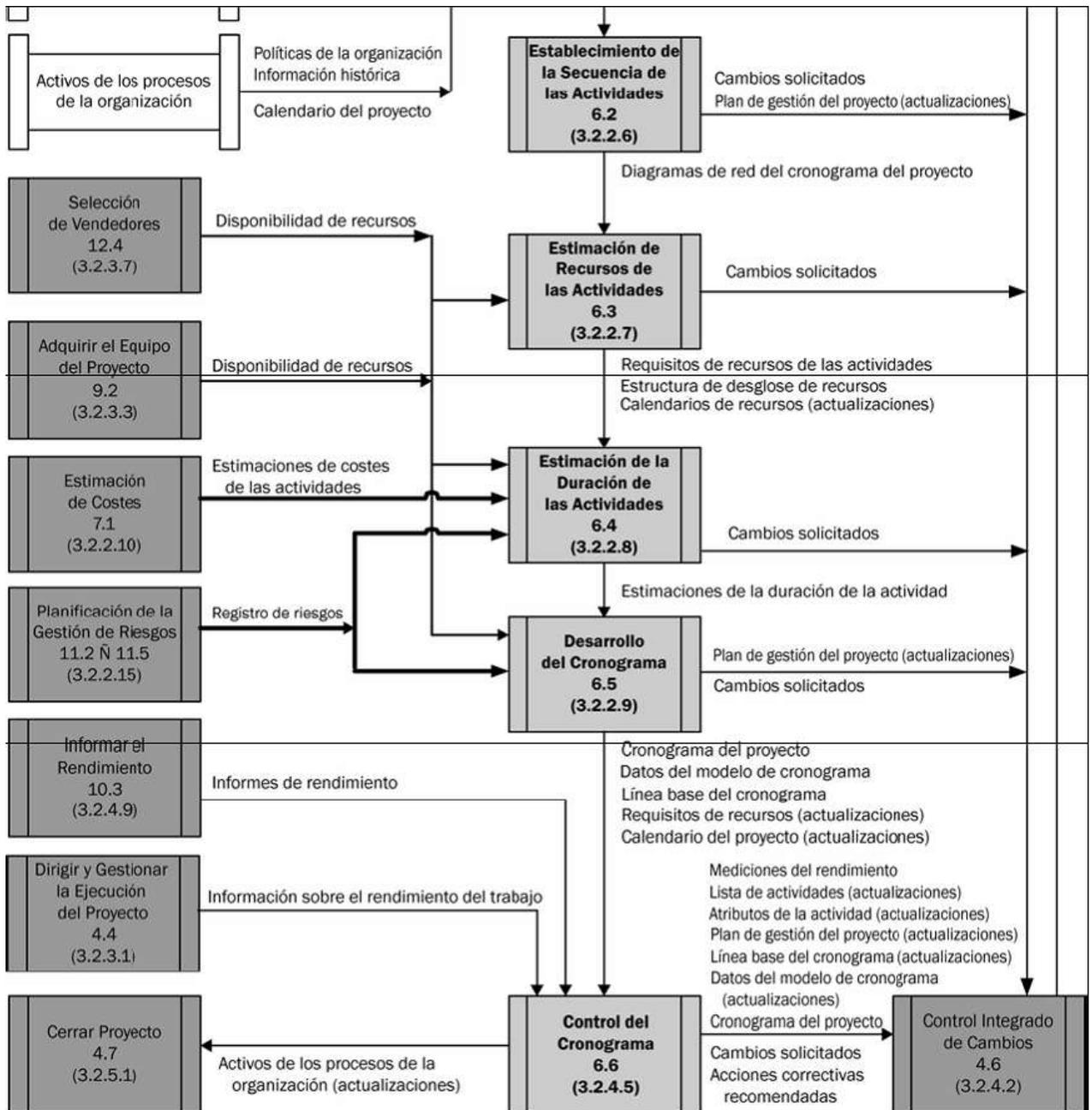
**6.3 Estimación de Recursos de las Actividades:** estima el tipo y las cantidades de recursos necesarios para realizar cada actividad del cronograma.

**6.4 Estimación de la Duración de las Actividades:** estima la cantidad de períodos laborables que serán necesarios para completar cada actividad del cronograma.

**6.5 Desarrollo del Cronograma:** analiza las secuencias de las actividades, la duración de las actividades, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.

**6.6 Control del Cronograma:** controla los cambios del cronograma del proyecto.





Nota: No se muestran todas las interacciones ni todo el flujo de datos entre los procesos.

**Figura 1-2. Diagrama de Flujo de Procesos de Gestión del Tiempo del Proyecto**

**6.1 Definición de las Actividades:** identifica las actividades específicas del cronograma que deben ser realizadas para producir los diferentes productos entregables del proyecto.

Definir las actividades del cronograma implica identificar y documentar el trabajo que se planifica realizar. El proceso Definición de las Actividades identificará los productos entregables al nivel más bajo de la estructura de desglose del trabajo (EDT), que se

denomina paquete de trabajo. Los paquetes de trabajo del proyecto están planificados (descompuestos) en componentes más pequeños denominados actividades del cronograma, para proporcionar una base con el fin de estimar, establecer el cronograma, ejecutar, y supervisar y controlar el trabajo del proyecto. La definición y planificación de las actividades del cronograma están implícitas en este proceso, de tal modo que se cumplan los objetivos del proyecto.

**Atributos de la actividad:** Estos atributos de la actividad son una extensión de los atributos de la actividad incluidos en la lista de actividades e identifican los múltiples atributos relacionados con cada actividad del cronograma. Los atributos de la actividad para cada actividad del cronograma incluyen el **identificador de la actividad**, los **códigos de la actividad**, la **descripción de la actividad**, las **actividades predecesoras**, las **actividades sucesoras**, las **relaciones lógicas**, los **adelantos** y los **retrasos**, los **requisitos de recursos**, las **fechas impuestas**, las **restricciones** y las **asunciones**. Los atributos de la actividad también pueden incluir a la **persona responsable de la ejecución del trabajo**, la **zona geográfica** o el **lugar donde se debe realizar el trabajo** y el tipo de actividad del cronograma, tal como nivel de esfuerzo, esfuerzo discreto y esfuerzo prorrateado. Estos atributos se utilizan para el desarrollo del cronograma del proyecto y para seleccionar, ordenar y clasificar las actividades del cronograma planificadas de distintas maneras dentro de los informes. La cantidad de atributos varía según el área de aplicación. Los atributos de la actividad se utilizan en el modelo de cronograma.

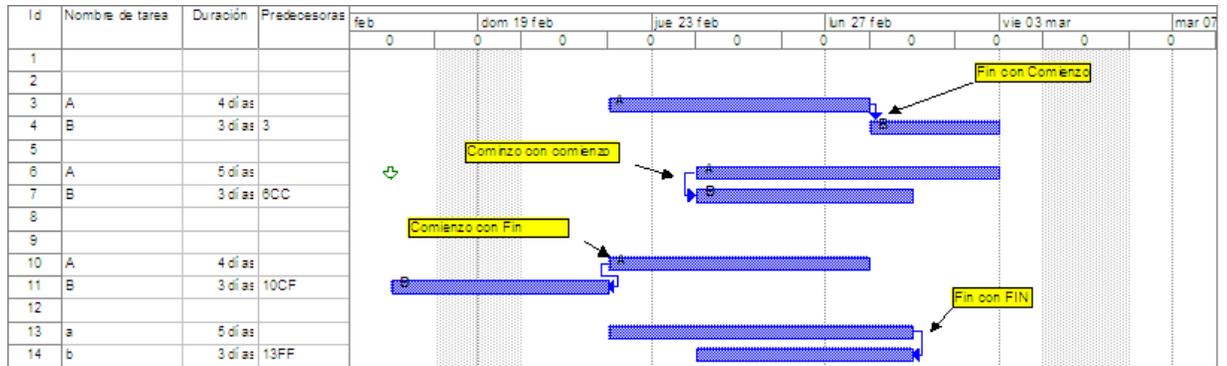
### Lista de Hitos

La lista de hitos del cronograma identifica todos los hitos e indica si el hito es obligatorio (exigido por el contrato) u opcional (sobre la base de los requisitos del proyecto o la información histórica), y los hitos se utilizan en el modelo de cronograma

Nombre de tarea	Duración	'97							ene '98				feb '98				mar '98				abr '98				
		15	22	29	05	12	19	26	02	09	16	23	02	09	16	23	30	06	13	20	27				
<b>Hito: Si</b>	<b>74,75 días</b>	[Gantt bar from 02/01 to 16/04]																							
Cominzo estudio proyecto renovación	0 días	◆ 02/01																							
Recepción del plan final	0 días	◆ 24/02																							
Fin fase diseño	0 días	◆ 03/03																							
Contrato del servicio de mudanzas	0 días	◆ 10/03																							
Fin fase renovación	0 días	◆ 08/04																							
Fin colocacion mobiliario	0 días	◆ 13/04																							
Entrega del proyecto al cliente	0 días	◆ 16/04																							

### 6.2. Establecimiento de la Secuencia de las Actividades

El establecimiento de la secuencia de las actividades implica **identificar y documentar las relaciones lógicas entre las actividades del cronograma**. Las actividades del cronograma pueden estar ordenadas de forma lógica con relaciones de precedencia adecuadas, así como también **adelantos y retrasos**, para respaldar el desarrollo posterior de un cronograma del proyecto realista y factible. El establecimiento de la secuencia puede realizarse utilizando un software de gestión de proyectos o técnicas manuales. Las técnicas manuales y automatizadas también pueden combinarse.



## 6.2.2 Establecimiento de la Secuencia de las Actividades: Herramientas y Técnicas

### 1 Método de Diagramación por Precedencia (PDM) Roy

El PDM es un método para crear un diagrama de red del cronograma del proyecto que utiliza casillas o rectángulos, denominados nodos, para representar actividades, que se conectan con flechas que muestran las dependencias. La Figura 1.3 muestra un diagrama de red simple del cronograma del proyecto dibujado utilizando el PDM. Esta técnica también se denomina **actividad en el nodo (AON)**, y es el método utilizado por la mayoría de los paquetes de software de gestión de proyectos.

El PDM incluye cuatro tipos de dependencias o relaciones de precedencia:

- **Final a Inicio.** El inicio de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora.
- **Final a Final.** La finalización de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora.
- **Inicio a Inicio.** El inicio de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.
- **Inicio a Fin.** La finalización de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.

En el PDM, final a inicio es el tipo de relación de precedencia más comúnmente usado. Las relaciones inicio a fin raramente se utilizan.

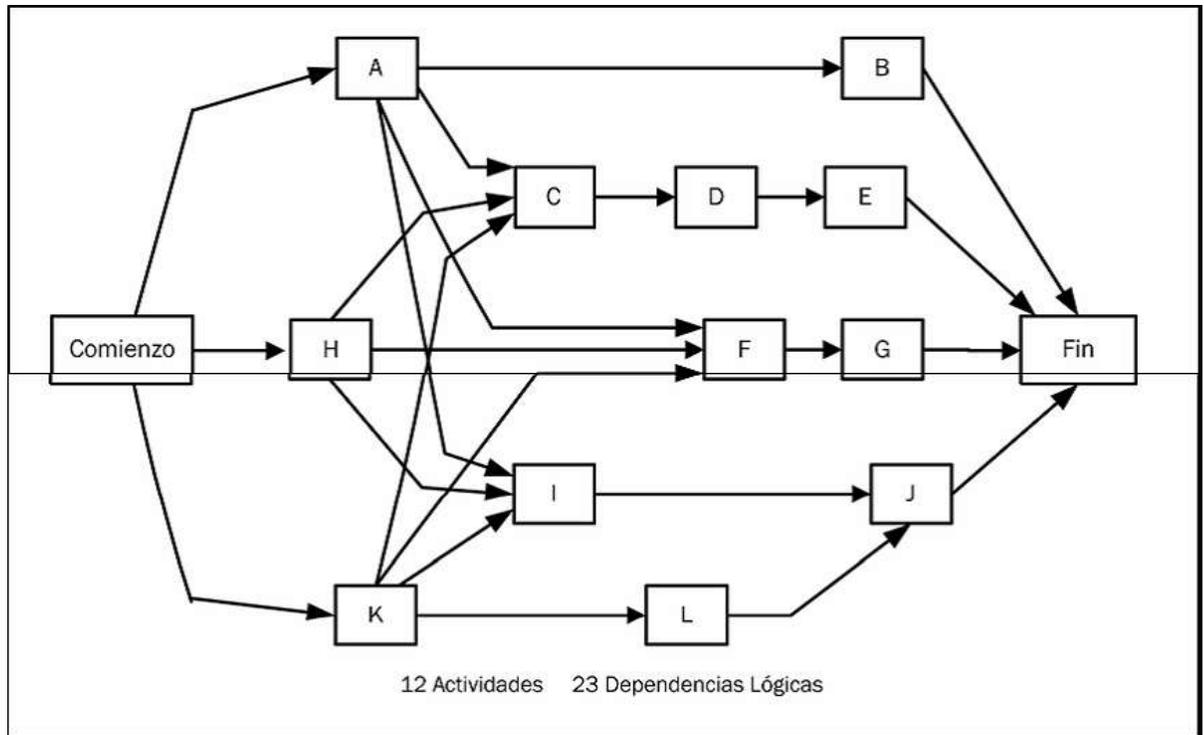


Figura 1.3. Método de Diagramación por Precedencia (PDM) (A.O.N.)

## 2 Método de Diagramación con Flechas (A.D.M.) P.E.R.T.

El ADM es un método para crear un diagrama de red del cronograma del proyecto que utiliza flechas para representar las actividades, que se conectan en nodos para mostrar sus dependencias. La Figura 6-6 muestra un diagrama de lógica de la red simple dibujado utilizando el ADM. Esta técnica también se denomina **actividad en la flecha** (AOA) y, aunque menos común que el PDM, todavía se utiliza para enseñar teoría de la red del cronograma y en algunas áreas de aplicación.

El ADM sólo utiliza dependencias final a inicio y puede requerir el uso de relaciones "**ficticias**", denominadas actividades ficticias, que se representan como una línea de puntos, para definir correctamente todas las relaciones lógicas. Como las actividades ficticias no son actividades del cronograma reales (no tienen contenido de trabajo), se les asigna un valor de duración cero a los fines del análisis de la red del cronograma. Por ejemplo, en la Figura 6-6 la actividad del cronograma "F" depende de la finalización de las actividades del cronograma "A" y "K", además de la finalización de la actividad del cronograma "H".

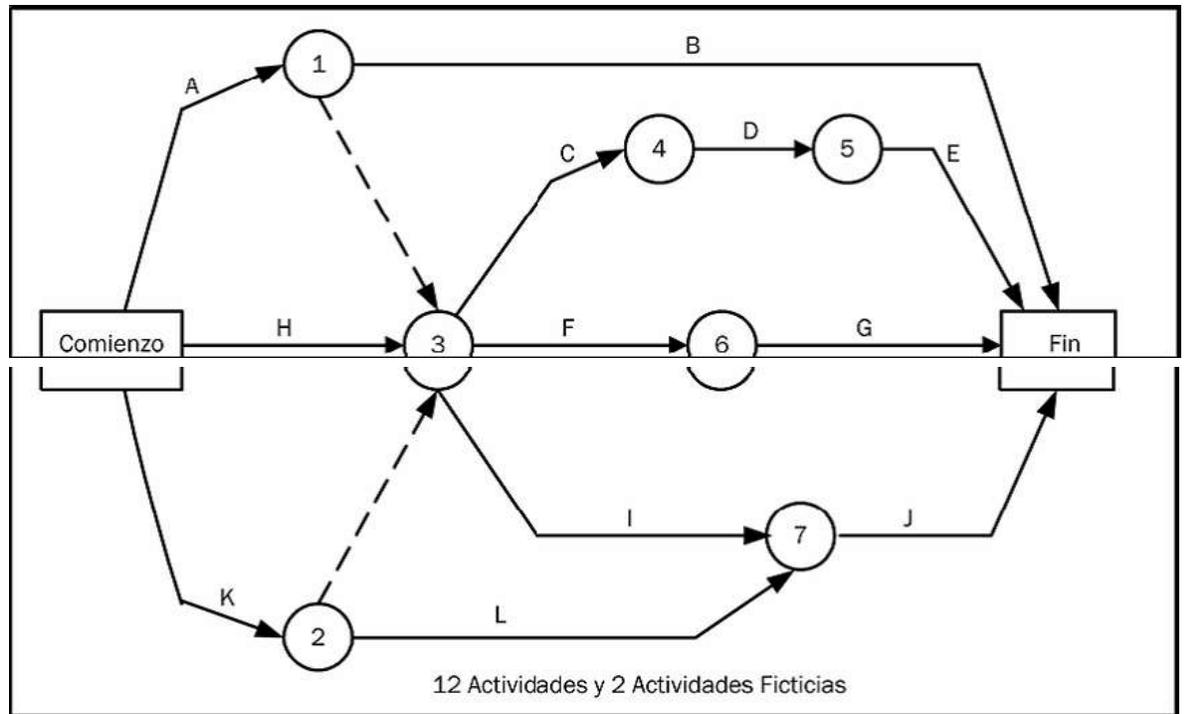


Figura 1.4. Método de Diagramación con Flechas (ADM) (A.O.A.) PERT

### 3 Determinación de Dependencias

Se utilizan **tres tipos de dependencias** para definir la secuencia entre las actividades.

- **Dependencias obligatorias.** El equipo de dirección del proyecto determina qué dependencias son obligatorias durante el proceso de establecimiento de la secuencia de las actividades. Las dependencias obligatorias son aquellas inherentes a la naturaleza del trabajo que se está realizando. Las dependencias obligatorias **generalmente implican limitaciones físicas**, como en un proyecto de construcción, donde es imposible erigir la superestructura hasta que no se construyan los cimientos; o en un proyecto de electrónica, donde se debe construir un prototipo antes de poder probarlo. A veces, las dependencias obligatorias también se denominan lógica dura.
- **Dependencias discrecionales.** El equipo de dirección del proyecto determina qué dependencias son discrecionales durante el proceso de establecimiento de la secuencia de las actividades. Las dependencias discrecionales **se encuentran totalmente documentadas**, ya que pueden producir valores arbitrarios de holgura total y pueden limitar opciones posteriores de programación. A veces, las dependencias discrecionales se denominan **lógica preferida, lógica preferencial o lógica blanda**. Las dependencias discrecionales generalmente se establecen **sobre la base del conocimiento de las mejores prácticas** dentro de un área de aplicación determinada o algún aspecto poco común del proyecto donde se desea una secuencia específica, aunque existan otras secuencias aceptables. Algunas dependencias discrecionales incluyen secuencias preferidas de actividades del cronograma **sobre la base de una experiencia previa** en un proyecto exitoso donde se realizó el mismo tipo de trabajo.
- **Dependencias externas.** El equipo de dirección del proyecto identifica las dependencias externas durante el proceso de establecimiento de la secuencia de las actividades. Las dependencias externas **son las que implican una relación**

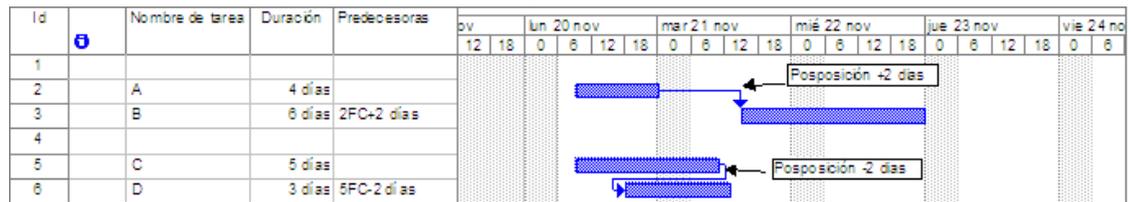
entre las actividades del proyecto y las actividades que no pertenecen al proyecto. Por ejemplo, las actividades de prueba del cronograma en un proyecto de software pueden depender de la entrega del hardware proveniente de una fuente externa, o puede ser necesario realizar informes gubernamentales de evaluación ambiental antes de comenzar con la preparación del emplazamiento en un proyecto de construcción. Esta entrada puede hacerse sobre la base de información histórica (Sección 4.1.1.4) de proyectos anteriores de naturaleza similar, o de contratos o propuestas de vendedores (Sección 12.4.3.2).

#### 4 Aplicación de Adelantos y Retrasos

El equipo de dirección del proyecto determina las dependencias (Sección 6.2.2.4) que pueden requerir un adelanto o un retraso para definir con exactitud la relación lógica. El uso de adelantos y retrasos, y sus asunciones relacionadas están documentados.

Un adelanto permite la aceleración de la actividad sucesora. Por ejemplo, el equipo de redacción técnica puede comenzar a escribir el segundo borrador de un documento grande (la actividad sucesora) quince días antes de terminar de escribir el primer borrador completo (la actividad predecesora). Esto puede lograrse mediante una relación final a inicio con un período de adelanto de quince días.

Un retraso causa una demora en la actividad sucesora. Por ejemplo, para dar cuenta del período de diez días que el hormigón tarda en curarse, se puede utilizar un retraso de diez días en una relación final a inicio, lo que significa que la actividad sucesora no puede comenzar hasta diez días después de finalizada la predecesora.



#### 6.3 Estimación de Recursos de las Actividades

La estimación de recursos de las actividades del cronograma involucra determinar cuáles son los recursos (personas, equipos, o material) y qué cantidad de cada recurso se utilizará, y cuándo estará disponible cada recurso para realizar las actividades del proyecto. El proceso Estimación de Recursos de las Actividades se coordina estrechamente con el proceso Estimación de Costes (Sección 7.1). Por ejemplo:

- El equipo de un proyecto de construcción necesitará conocer los códigos de edificación locales. Con frecuencia, este conocimiento está disponible a través de los vendedores locales. Sin embargo, si la fuente de mano de obra local carece de la experiencia necesaria para el uso de técnicas de construcción inusuales o especializadas, el coste adicional de un consultor puede ser la manera más efectiva de garantizar el conocimiento de los códigos de edificación locales.
- El equipo de diseño de un automóvil debe conocer las técnicas de ensamblaje automatizado más recientes. Este conocimiento puede obtenerse mediante la contratación de un consultor, el envío de un diseñador a un seminario de robótica o la inclusión de alguna persona del departamento de producción como miembro del equipo.

**Ejemplo: Hoja de recursos disponibles en un proyecto**

Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales	Grupo	Capacidad máxima	Tasa estándar
capataz	Trabajo		c	rrhh	100%	40 €/hora
director obra	Trabajo		d	rrhh	30%	80 €/hora
encofradores	Trabajo		e	rrhh	150%	35 €/hora
peones	Trabajo		p	rrhh	400%	28 €/hora
albañiles	Trabajo		a	rrhh	200%	30 €/hora
carpintero	Trabajo		c	rrhh	100%	35 €/hora
escavadora	Trabajo		e	equipos	100%	80 €/hora
grúa	Trabajo		g	equipos	100%	25 €/hora
mortero	Trabajo		m	equipos	100%	10 €/hora
sierra	Trabajo		s	equipos	200%	10 €/hora
Cemento	Trabajo		C		100%	0 €/hora
Ladrillos	Material	ud	L	materiales		25 €
Tuberías	Material	metro	T	materiales		4 €
Cristalería	Material	m2	C	materiales		5 €

### Ejemplo: Asignación de los recursos a las actividades:

Nombre de tarea	Detalles	12 ene '98				
		L	M	X	J	V
<b>Plan de renovación empresa</b>	Trab.	3,02h	1,95h	8,4h	8,4h	8,4h
Cominzo estudio proyecto renovación	Trab.					
<b>Diseño</b>	Trab.	3,02h	1,95h	8,4h	8,4h	8,4h
Designación de los 5 mejores arquitectos	Trab.					
Carlos	Trab.					
Entrevistas a los arquitectos	Trab.					
Selección del arquitecto	Trab.					
Carlos	Trab.					
Preparación del primer borrador	Trab.	2h				
Arquitecto	Trab.	2h				
Revisión del borrador	Trab.	0,72h	0,88h			
Carlos	Trab.	0,72h	0,88h			
Corrección del borrador	Trab.		0,67h	8h	8h	8h
Arquitecto	Trab.		0,67h	8h	8h	8h
Recepción del plan final	Trab.					

## Herramientas y Técnicas

### 1 Juicio de Expertos

Con frecuencia, se requiere el juicio de expertos para evaluar las entradas a este proceso relacionadas con los recursos. Todo grupo o persona con conocimientos especializados en planificación y estimación de recursos puede aportar dicha experiencia.

### 2 Análisis de Alternativas

Muchas actividades del cronograma cuentan con métodos alternativos de realización. Éstos incluyen el uso de distintos niveles de capacidad o habilidades de los recursos, diferente tamaño o tipo de máquinas, diferentes herramientas (manuales frente a automatizadas) y la decisión de fabricación propia o compra a terceros con respecto al recurso (Sección 12.1.3.3).

### 3 Datos de Estimación Publicados

Varias empresas publican periódicamente los índices de producción actualizados y los costes unitarios de los recursos para una extensa variedad de industrias, materiales y equipos, en diferentes países y en diferentes ubicaciones geográficas dentro de esos países.

### 4 Software de Gestión de Proyectos

El software de gestión de proyectos tiene la capacidad de ayudar a planificar, organizar y gestionar los conjuntos de recursos, y de desarrollar estimaciones de recursos. Dependiendo de la complejidad del software, podrán definirse las estructuras de desglose de recursos, las

disponibilidades de recursos y las tarifas de recursos, así como también diversos calendarios de recursos.

### **5 Estimación Ascendente**

Cuando no se puede estimar una actividad del cronograma con un grado razonable de confianza, el trabajo que aparece dentro de la actividad del cronograma se descompone con más detalle. Se estiman las necesidades de recursos de cada una de las partes inferiores y más detalladas del trabajo, y estas estimaciones se suman luego en una cantidad total para cada uno de los recursos de la actividad del cronograma. Las actividades del cronograma pueden o no tener dependencias entre sí que pueden afectar a la aplicación y al uso de los recursos. Si existen dependencias, este patrón de uso de recursos se refleja en los requisitos estimados de la actividad del cronograma y se documenta.

---

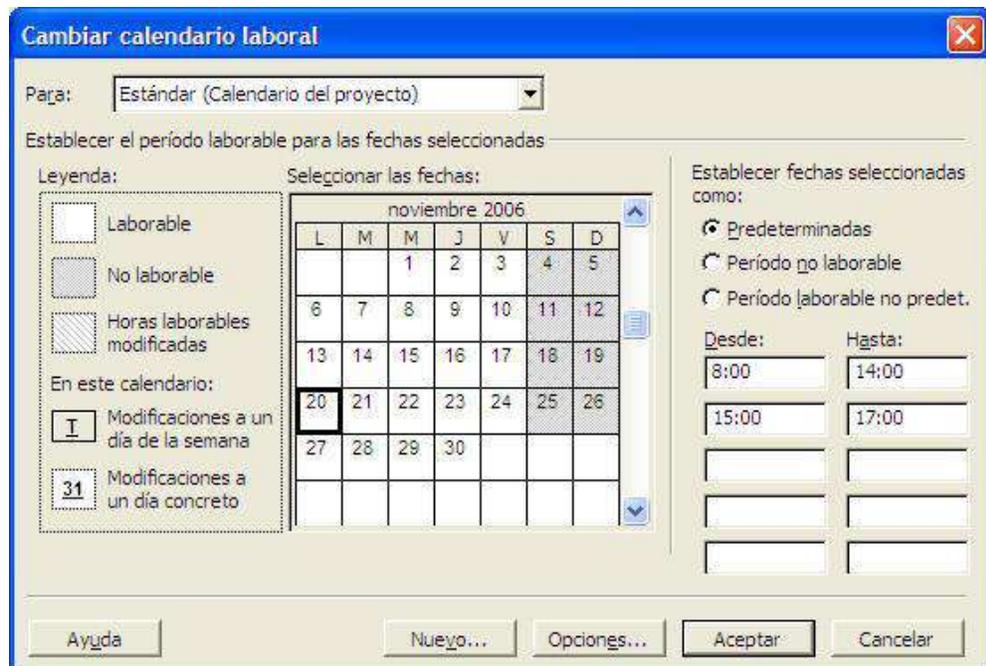
## **6.4 Estimación de la Duración de las Actividades**

El proceso de estimar las duraciones de las actividades del cronograma utiliza información sobre el alcance del trabajo de la actividad del cronograma, los tipos de recursos necesarios, las cantidades de recursos estimadas y los calendarios de recursos con su disponibilidad. Las entradas para las estimaciones de la duración de las actividades del cronograma surgen de la persona o grupo del equipo del proyecto que esté más familiarizado con la naturaleza del contenido del trabajo de la actividad del cronograma específica. La estimación de la duración se desarrolla de forma gradual, y el proceso evalúa la calidad y disponibilidad de los datos de entrada. Por ejemplo, a medida que se desarrollan la ingeniería del proyecto y el trabajo de diseño, se dispone de datos más detallados y precisos, y la exactitud de las estimaciones de la duración mejora. De esta manera, puede suponerse que la estimación de la duración será cada vez más exacta y de mejor calidad.

El proceso Estimación de la Duración de las Actividades requiere que se estime la cantidad de esfuerzo de trabajo necesario para completar la actividad del cronograma, que se estime la cantidad prevista de recursos a ser aplicados para completar la actividad del cronograma y que se determine la cantidad de períodos laborables necesarios para completar la actividad del cronograma. Se documentan todos los datos y asunciones que respaldan la estimación de la duración para cada estimación de duración de las actividades.

Estimar la cantidad de períodos laborables necesarios para completar una actividad del cronograma puede requerir la consideración del tiempo transcurrido como requisito relacionado con un tipo de trabajo específico. La mayor parte del software de gestión de proyectos para la elaboración de cronogramas tratará esta situación mediante un calendario del proyecto y calendarios de recursos de períodos laborables alternativos que, por lo general, se identifican por los recursos que requieren períodos laborables específicos. Las actividades del cronograma se realizarán de acuerdo con el calendario del proyecto, y las actividades del cronograma a las cuales se asignan los recursos también se realizarán según los calendarios de recursos correspondientes.

La duración total del proyecto se calcula como salida del proceso Desarrollo del Cronograma (Sección 6.5).



## Herramientas y Técnicas

### 1 Juicio de Expertos

A menudo, es difícil estimar las duraciones de las actividades debido a la cantidad de factores que pueden influir en ellas, como los niveles de recursos o la productividad de recursos. El juicio de expertos, guiado por información histórica, puede usarse siempre que sea posible. Los miembros individuales del equipo del proyecto también pueden aportar información acerca de la estimación de la duración o las duraciones máximas recomendadas de las actividades, teniendo en cuenta proyectos anteriores similares. Si no se cuenta con ese conocimiento, las estimaciones de la duración son más inciertas y arriesgadas.

### 2 Estimación por Analogía

La estimación de la duración por analogía significa utilizar la duración real de una actividad del cronograma anterior y similar como base para la estimación de la duración de una actividad del cronograma futura. Frecuentemente, se usa para estimar la duración del proyecto cuando hay una cantidad limitada de información detallada sobre el proyecto, por ejemplo, en las fases tempranas. La estimación por analogía utiliza la información histórica (Sección 4.1.1.4) y el juicio de expertos.

La estimación de la duración por analogía es más fiable cuando las actividades previas son similares de hecho y no sólo en apariencia, y los miembros del equipo del proyecto que preparan las estimaciones tienen la experiencia necesaria.

### 3 Estimación Paramétrica

La estimación de la base para las duraciones de las actividades puede determinarse cuantitativamente multiplicando la cantidad de trabajo a realizar por el ratio de productividad. Por ejemplo, los ratios de productividad en un proyecto de diseño pueden estimarse por la cantidad de dibujos multiplicado por las horas de trabajo por dibujo; o de una instalación de cable, en metros de cable por horas de trabajo por metro. Para determinar la duración de la actividad en períodos laborables, las cantidades totales de recursos se multiplican por las horas de trabajo por período laborable o la capacidad de producción por período laborable, y se dividen por la cantidad de recursos que se aplican.

Ej: Duración de la actividad:

Pintado de una habitación de 40 m<sup>2</sup>

Ratio productividad de un pintor: 10m<sup>2</sup>/h

Duración : 40/10= 4 horas de trabajo (1/2 jornada de trabajo)

#### 4 Estimaciones por Tres Valores ( Tiempo PERT)

La precisión de la estimación de la duración de la actividad puede mejorarse teniendo en cuenta la cantidad de riesgo de la estimación original. Las estimaciones por tres valores se basan en determinar **tres tipos de estimaciones**:

- **Más probable (m)**. La duración de la actividad del cronograma, teniendo en cuenta los recursos que probablemente serán asignados, su productividad, las expectativas realistas de disponibilidad para la actividad del cronograma, las dependencias de otros participantes y las interrupciones.

- **Optimista(Op)**. La duración de la actividad se basa en el mejor escenario posible de lo que se describe en la estimación más probable.

- **Pesimista (p)**. La duración de la actividad se basa en el peor escenario posible de lo que se describe en la estimación más probable.

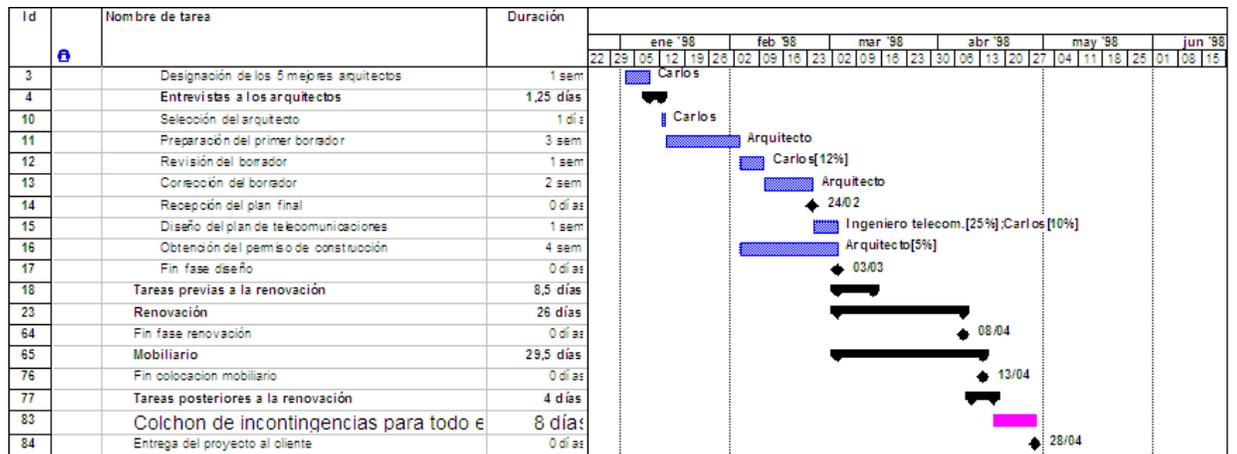
Se puede elaborar una estimación de la duración de la actividad utilizando un promedio de las tres duraciones estimadas. Este promedio con frecuencia suministra una estimación de la duración de la actividad más precisa que la estimación de valor único, más probable.

**El tiempo PERT se define como** :  $(1Op+4m+1p)/6$  (probabilidad del 50%)

Id	Nombre de tareas	Duración	Dur. optimista	Dur. esperada	Dur. pesimista
0	<b>Plan de renovación empresa</b>	<b>66,75 días</b>	<b>67,75 días</b>	<b>64,75 días</b>	<b>73,75 días</b>
1	Cominzo estudio proyecto renovación	0 días	0 días	0 días	0 días
2	<b>Diseño</b>	<b>26,25 días</b>	<b>27,25 días</b>	<b>24,25 días</b>	<b>33,25 días</b>
3	Designación de los 5 mejores arquitectos	1,5 días	2 días	1 día	3 días
4	<b>Entrevistas a los arquitectos</b>	<b>1,25 días</b>	<b>1,25 días</b>	<b>1,25 días</b>	<b>1,25 días</b>
10	Selección del arquitecto	1,87 días	2 días	1 día	4 días
11	Preparación del primer borrador	1,83 días	2 días	1 día	5 días
12	Revisión del borrador	1,87 días	2 días	1 día	4 días

#### 5 Análisis de Reserva

Los equipos del proyecto pueden decidir agregar tiempo adicional, denominado **reservas para contingencias, reservas de tiempo o colchón**, al cronograma del proyecto, **en reconocimiento al riesgo del cronograma**. La reserva para contingencias puede ser un porcentaje de la duración estimada de la actividad, una cantidad fija de períodos laborables, o puede desarrollarse mediante el análisis cuantitativo de riesgos del cronograma (Sección 11.4.2.2.). La reserva para contingencias puede utilizarse de forma total o parcial, o reducirse o eliminarse con posterioridad, a medida que se dispone de información más precisa sobre el proyecto. Dicha reserva para contingencias se documenta junto con otros datos y asunciones relacionados.



## 6.5 Desarrollo del Cronograma

El desarrollo del cronograma del proyecto, un proceso iterativo, **determina las fechas de inicio y finalización planificadas para las actividades del proyecto.** El desarrollo del cronograma exige que se revisen y se corrijan las estimaciones de duración y las estimaciones de los recursos para crear un cronograma del proyecto aprobado que pueda servir como **línea base (baseline)** con respecto a la cual poder medir el avance. El desarrollo del cronograma continúa a lo largo del proyecto, a medida que el trabajo avanza, el plan de gestión del proyecto cambia, y los eventos de riesgo anticipados ocurren o desaparecen al tiempo que se identifican nuevos riesgos.

## Herramientas y Técnicas

### 1 Análisis de la Red del Cronograma (Diagrama Gantt)

El **análisis de la red** del cronograma es una técnica que genera el **cronograma del proyecto.** Emplea un modelo de cronograma y diversas técnicas analíticas, como por ejemplo el método del **camino crítico**, el método de **cadena crítica**, el análisis “¿Qué pasa si...?” y la nivelación de recursos, para calcular las fechas de inicio y finalización tempranas y tardías, y las fechas de inicio y finalización planificadas para las partes no completadas de las actividades del cronograma del proyecto. Si el diagrama de la red del cronograma utilizado en el modelo tiene algún bucle de red o extremo abierto de la red, esos bucles y extremos abiertos se ajustarán antes de aplicar una de las técnicas analíticas. Algunos caminos de red pueden contener puntos de convergencia o divergencia de caminos que pueden identificarse y utilizarse en el análisis de compresión del cronograma o en otros análisis.

### 2 Método del Camino Crítico

El método del camino crítico es una técnica de análisis de la red del cronograma que se realiza utilizando el modelo de cronograma. **El método del camino crítico calcula las fechas de inicio y finalización tempranas y tardías teóricas para todas las actividades del cronograma,** sin considerar las limitaciones de recursos, realizando un análisis de recorrido hacia adelante y un análisis de recorrido hacia atrás a través de los caminos de red del cronograma del proyecto. Las fechas de inicio y finalización tempranas y tardías resultantes no son necesariamente el cronograma del proyecto; en cambio, indican los períodos dentro de los cuales debería programarse la actividad del cronograma, dadas las duraciones de las

actividades, las relaciones lógicas, los adelantos, los retrasos y otras restricciones conocidas.

Las fechas de inicio y finalización tempranas y tardías calculadas pueden o no ser las mismas en cualquier camino de red, dado que la **holgura total**, que muestra la flexibilidad del cronograma, puede ser **positiva, negativa o cero**. En cualquier camino de red, la flexibilidad del cronograma se mide por la diferencia positiva entre las fechas tempranas y tardías, y se denomina "**holgura total**". **Los caminos críticos tienen una holgura total igual a cero o negativa**, y las actividades del cronograma en un camino crítico se denominan "**actividades críticas**". Pueden ser necesarios ajustes en las duraciones de las actividades, las relaciones lógicas, los adelantos y los retrasos, u otras restricciones del cronograma para producir caminos de red con una holgura total igual a cero o positiva. Una vez que la holgura total para un camino de red es igual a cero o positiva, también puede determinarse **la holgura libre**, que es la cantidad de tiempo que una actividad del cronograma puede ser demorada sin demorar la fecha de inicio temprana de cualquier actividad sucesora inmediata dentro del camino de red.

### 3 Compresión del Cronograma

La compresión del cronograma acorta el cronograma del proyecto *sin* modificar el alcance del proyecto, para cumplir con las restricciones del cronograma, las fechas impuestas u otros objetivos del cronograma. Las técnicas de compresión del cronograma incluyen:

- **Intensificación.** La técnica de compresión del cronograma en la cual se analizan las concesiones de coste y cronograma para determinar cómo obtener la mayor compresión con el mínimo incremento de coste. La intensificación no siempre produce una alternativa viable y puede ocasionar un incremento de costes.
- **Ejecución rápida.** Una técnica de compresión del cronograma en la cual las fases o actividades que normalmente se realizarían de forma secuencial, se realizan en paralelo. Un ejemplo de esto sería construir los cimientos de un edificio antes de finalizar todos los planos de arquitectura. La ejecución rápida puede dar como resultado un reproceso y aumento del riesgo. Este enfoque puede requerir que el trabajo se realice sin información detallada completa, como por ejemplo los planos de ingeniería. Esto da como resultado sacrificar coste por tiempo, y aumenta el riesgo de lograr el cronograma acortado del proyecto.

### 4 Análisis "¿Qué pasa si...?"

Este es un análisis de la pregunta "¿Qué pasa si se produce la situación representada por el escenario "X"?" Un análisis de la red del cronograma se realiza usando el modelo de cronograma para calcular diferentes escenarios, tales como la demora en la entrega de uno de los principales componentes, la ampliación de la duración de un diseño específico o la aparición de factores externos, como una huelga o un cambio en el proceso de permisos. Los resultados del análisis "¿Qué pasa si?" pueden usarse para evaluar la viabilidad del cronograma del proyecto en condiciones adversas, y preparar los planes de contingencia y respuesta para superar o mitigar el impacto de situaciones inesperadas. La simulación supone el cálculo de múltiples duraciones del proyecto con diferentes conjuntos de asunciones de actividades. La técnica más común es la del Análisis Monte Carlo (Sección 11.4.2.2), en el cual se define una distribución de posibles duraciones de las actividades para cada actividad del cronograma, y esa distribución se usa para calcular una distribución de posibles resultados para todo el proyecto.

### 5 Nivelación de Recursos

La nivelación de recursos es una técnica de análisis de la red del cronograma aplicada a un modelo de cronograma que ya ha sido analizado por medio del método del camino crítico.

La nivelación de recursos se usa para abordar las actividades del cronograma que deben realizarse para cumplir con fechas de entrega determinadas, para abordar situaciones en las que se dispone de recursos compartidos o críticos necesarios sólo en ciertos momentos o en cantidades limitadas, o para mantener el uso de recursos seleccionados a un nivel constante durante períodos específicos del trabajo del proyecto. Este enfoque de nivelación del uso de recursos puede hacer que cambie el camino crítico original.

## 6 Método de Cadena Crítica

La cadena crítica es otra técnica de análisis de la red del cronograma que modifica el cronograma del proyecto para **contemplar los recursos limitados**. La cadena crítica combina los enfoques determinístico y probabilístico. Inicialmente, el diagrama de red del cronograma del proyecto se construye usando estimaciones no conservadoras para las duraciones de las actividades dentro del modelo de cronograma, con las dependencias necesarias y restricciones definidas como entradas. Luego se calcula el camino crítico. Después de identificar el camino crítico, se introduce la disponibilidad de recursos y se determina el cronograma limitado por los recursos resultante. El cronograma resultante, en general, tiene un camino crítico alterado.

El método de cadena crítica **agrega colchones de duración que son actividades del cronograma no laborables**, para mantener el enfoque en las duraciones de las actividades planificadas. Una vez que se determinan las actividades colchón del cronograma, las actividades planificadas se programan para las fechas de inicio y finalización planificadas más tardías posibles. En consecuencia, **en lugar de gestionar la holgura total de los caminos de red, el método de cadena crítica se centra en gestionar las duraciones de las actividades colchón y los recursos aplicados a actividades del cronograma planificadas.**

## 7 Software de Gestión de Proyectos

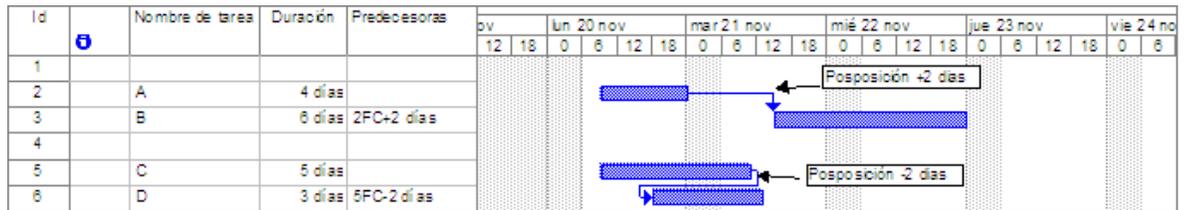
El software de gestión de proyectos para la elaboración de cronogramas se utiliza ampliamente para ayudar en el desarrollo del cronograma. Otros software pueden ser capaces de interactuar de forma directa o indirecta con el software de gestión de proyectos para llevar a cabo los requisitos de otras Áreas de Conocimiento, como la estimación de costes por período (Sección 7.1.2.5) y la simulación del cronograma en el análisis cuantitativo de riesgos (Sección 11.4.2.2). Estos productos automatizan el cálculo del análisis matemático del camino crítico de recorrido hacia adelante y hacia atrás y la nivelación de recursos, y de esa manera, permiten la consideración rápida de muchas alternativas del cronograma. También se usan ampliamente para imprimir o mostrar en pantalla las salidas de los cronogramas desarrollados.

## 8 Calendarios Aplicables

Los calendarios del proyecto (Sección 4.1.1.4) y los calendarios de recursos (Sección 6.3.3.4) identifican los períodos en que se autoriza el trabajo. Los calendarios del proyecto afectan a todas las actividades. Por ejemplo, quizás no sea posible trabajar en el emplazamiento durante ciertos períodos del año, debido a las condiciones climáticas. Los calendarios de recursos afectan a un recurso específico o una categoría de recursos. Los calendarios de recursos reflejan cómo algunos recursos trabajan sólo durante las horas de trabajo normales, mientras que otros trabajan tres turnos completos, o un miembro del equipo del proyecto puede no estar disponible, por estar de vacaciones o en un programa de formación, o un contrato de trabajo puede limitar a ciertos trabajadores a trabajar durante determinados días de la semana.

## 9 Ajuste de Adelantos y Retrasos

Como el uso inadecuado de adelantos o retrasos puede distorsionar el cronograma del proyecto, los adelantos o retrasos se ajustan durante el análisis de la red del cronograma para desarrollar un cronograma del proyecto viable.



### 6.5.3 Desarrollo del Cronograma: Salidas

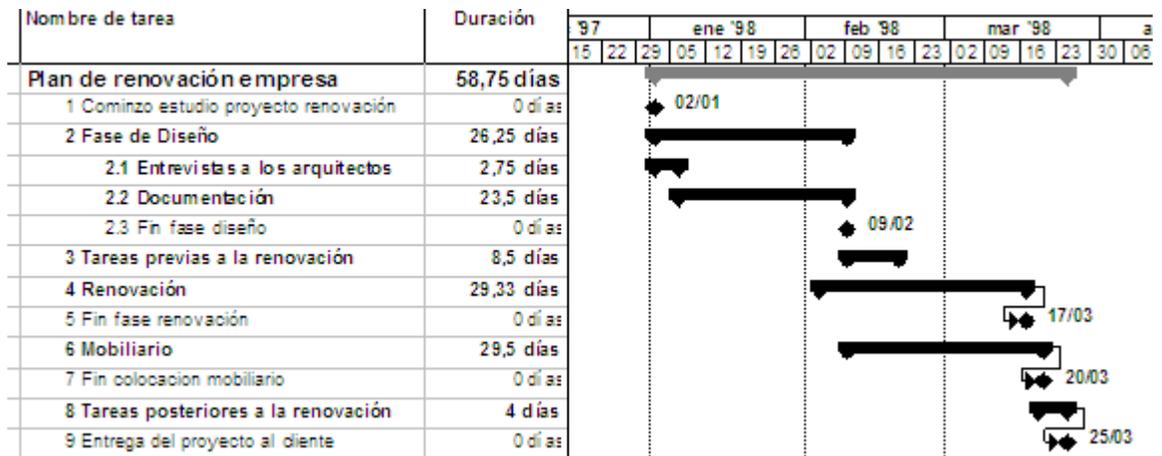
#### 1 Cronograma del Proyecto

El cronograma del proyecto incluye, por lo menos, una fecha de inicio planificada y una fecha de finalización planificada para cada actividad del cronograma. Si la planificación de recursos se realiza en una etapa temprana, el cronograma del proyecto permanecerá con carácter de preliminar hasta que las asignaciones de recursos hayan sido confirmadas, y se establezcan las fechas de inicio y de finalización planificadas. Este proceso generalmente tiene lugar no más tarde de la conclusión del plan de gestión del proyecto (Sección 4.3). Un cronograma objetivo del proyecto también puede desarrollarse con fechas de inicio objetivo y fechas de finalización objetivo definidas para cada actividad del cronograma. El cronograma del proyecto puede presentarse en forma de resumen, a veces denominado **cronograma maestro o cronograma de hitos, o presentarse en detalle**. A pesar de que un cronograma del proyecto puede presentarse en forma de tabla, se presenta más a

menudo en forma gráfica, usando uno o más de los siguientes formatos:

- **Diagramas de red del cronograma del proyecto** Estos diagramas, con información de la fecha de la actividad, generalmente muestran tanto la lógica de la red del proyecto como las actividades del cronograma del **camino crítico** del proyecto. Estos diagramas pueden presentarse en el formato de diagrama de actividad en el nodo, como se muestra en la Figura 1.3 o en el formato de diagrama de red del cronograma según escala de tiempo, que a veces se denomina diagrama de barras lógico, como se muestra para el cronograma detallado en la Figura 1.5. Este ejemplo también muestra cómo se planifica cada paquete de trabajo como una serie de actividades del cronograma relacionadas.

- **Diagramas de barras. (diagramas de Gantt)** Estos diagramas, en los que unas barras representan las actividades, muestran las fechas de inicio y finalización de las actividades, así como las duraciones esperadas. Los diagramas de barras son relativamente fáciles de leer y se usan frecuentemente en presentaciones de dirección. Para la comunicación de control y de dirección, se usa una **actividad resumen** más amplia y completa, que a veces se denomina "**actividad hammock**", entre hitos o a través de múltiples paquetes de trabajo interdependientes, y se representa en informes de diagramas de barras. Un ejemplo de esto es la parte del cronograma resumen de la Figura 1.5 que se presenta en un formato estructurado EDT.



- **Diagramas de hitos.** Estos diagramas son similares a los diagramas de barras, pero sólo identifican el inicio o la finalización programada de los productos entregables más importantes y las interfaces externas clave. Un ejemplo es la parte del cronograma de hitos de la Figura 1.5.

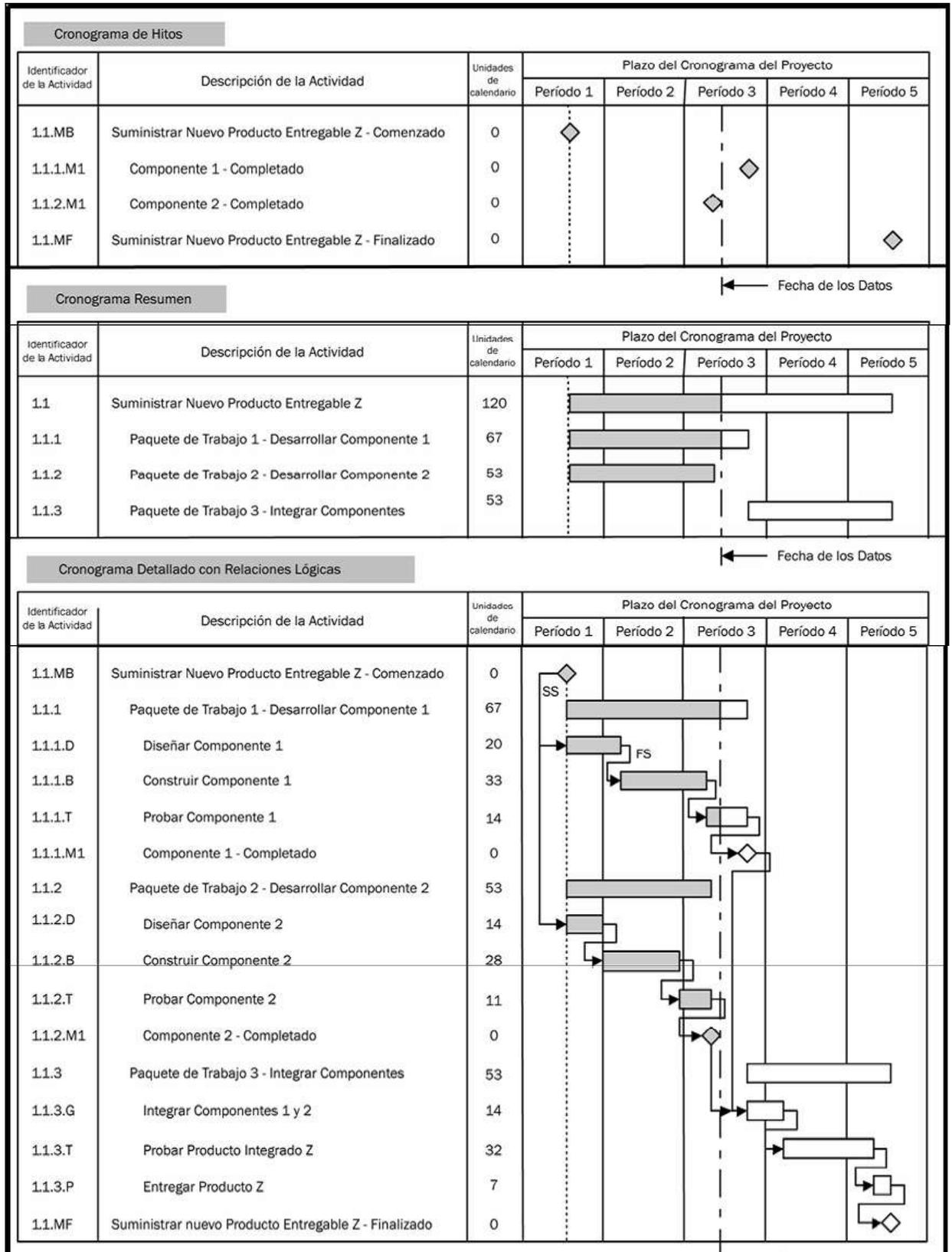


Figura 1.5. Cronograma del Proyecto – Ejemplos gráficos

## 7.- ¿Herramientas de gestión del tiempo del proyecto?

- **Programación de tiempos**

El tiempo es el elemento principal en toda planificación, que por definición consiste ante todo **en situar en el tiempo las tareas a realizar.**

En el transcurso de cualquier proyecto, se hace indispensable contar con una serie de técnicas de programación que faciliten su desarrollo.

Entre las técnicas de programación existentes podemos establecer una clasificación atendiendo a la duración de las actividades, a los recursos o a los costes.

Entre las **técnicas de programación más interesantes**, y que serán desarrolladas más adelante, cabe destacar los diagramas Gantt (Cronogramas), diagramas de precedencia (PDM) o de diagramación con flechas (ADM).

- **Gestión de recursos**

Otro de los problemas que plantea la gestión del tiempo de un proyecto es la **disponibilidad de los recursos.**

Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales	Grupo	Capacidad máxima	Tasa estándar
capataz	Trabajo		c	rrhh	100%	40 €/hora
director obra	Trabajo		d	rrhh	30%	80 €/hora
encofradores	Trabajo		e	rrhh	150%	35 €/hora
peones	Trabajo		p	rrhh	400%	28 €/hora
albañiles	Trabajo		a	rrhh	200%	30 €/hora
carpintero	Trabajo		c	rrhh	100%	35 €/hora
escavadora	Trabajo		e	equipos	100%	80 €/hora
grua	Trabajo		g	equipos	100%	25 €/hora
mortero	Trabajo		m	equipos	100%	10 €/hora
sierra	Trabajo		s	equipos	200%	10 €/hora
Cemento	Trabajo		C		100%	0 €/hora
Ladrillos	Material	ud	L	materiales		25 €
Tuberías	Material	metro	T	materiales		4 €
Cristalería	Material	m2	C	materiales		5 €

En muchos de los casos que se presentan en la realidad, los recursos disponibles se encuentran en **cantidades "Limitadas"**, lo cual puede provocar alteraciones con respecto al calendario previsto de ejecución del proyecto.

Por tanto, a la hora de gestionar los recursos, habrá que adaptarlos a la mayor o menor disponibilidad de éstos.

- **Análisis de costes**

En la mayoría de los métodos de programación de tiempos, se considera fijo el tiempo de ejecución de las diferentes actividades. Ello quiere decir, que una vez que han sido calculadas la duración de las actividades, se las trata ya como un dato.

Este razonamiento se podría considerar válido si para ejecutar las diferentes actividades se opera con un nivel de utilización de recursos fijo (número de trabajadores, de máquinas, etc.). Por el contrario, si el nivel de utilización de los recursos no es fijo, no habrá una duración fija para cada actividad, sino que a cada nivel de utilización de recursos le corresponderá una duración determinada.

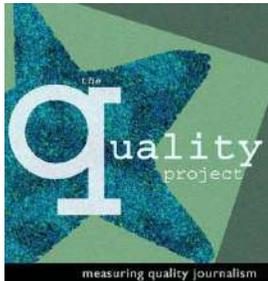
Por ejemplo, en el proyecto de electrificación de un edificio, la duración de la actividad "instalación del alumbrado" tiene una duración de 20 días. Este valor se ha obtenido en base a un determinado nivel de utilización de recursos (un grupo de seis electricistas y un turno de trabajo). Indudablemente, este tiempo podría reducirse incrementando el número de electricistas y/o los turnos de trabajo.

Por tanto, en cada proyecto se intentará encontrar la relación ideal tiempo-coste.( método MCE)

- **Control de la calidad**

***“El objetivo de la calidad es alcanzar las especificaciones que nos a demandado nuestro cliente”.***

El control de calidad es una labor compleja que requiere conocimientos técnicos profundos en la materia que se trate.( Cap. PMBOK® : Gestión de la calidad )



Se ha de concretar mediante muestreos, análisis y mediciones adecuadas. En muchas ocasiones se contratan con empresas especializadas para garantizar la objetividad y la eficacia del control. El control de calidad sólo es efectivo si se realiza en los momentos oportunos. En muchos proyectos, si los defectos no son detectados a tiempo, los costes de reparación pueden ser prohibitivos. Para que el control de calidad sea correcto, debe efectuarse a lo largo de toda la obra, para poder corregir sin gran coste añadido las deficiencias que se van detectando.

La calidad debe entenderse siempre en **sentido funcional**, y no como calidad intrínseca, y dependerá en todo caso de las especificaciones determinadas en el pliego de condiciones técnicas del proyecto.