

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



**HERRAMIENTAS PARA LA
PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE
COSTES DE UN PROYECTO**

-PROYECTO FIN DE CARRERA-

Jorge Ayllón Temprado
Septiembre de 2007

HERRAMIENTAS PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE COSTES DE UN PROYECTO

AUTOR: Jorge Ayllón Temprado
TUTOR: Antonio Aguilar Morales

Grupo de sistemas de radiocomunicaciones y comunicaciones ópticas
Dpto. de Ingeniería Informática
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Septiembre de 2007

PROYECTO FIN DE CARRERA

Título: *Herramientas para la planificación y control de costes de un proyecto*

Autor: D. Jorge Ayllón Temprado

Tutor: D. Antonio Aguilar Morales

Tribunal:

Presidente: D. Bazil Taha Ahmed

Vocal: Dña. M. Idoia Alarcón Rodríguez

Vocal secretario: D. Antonio Aguilar Morales

Fecha de lectura:

Calificación:

Palabras clave

Organización - Gestión - Proyecto - Planificación - Control - EDT - Sistema reticular - CPM - PERT - Cuenta de Control - ERP - Coste - Ingreso - Estimación - Presupuesto

Resumen

La gestión de proyectos estrechamente relacionada con proyectos de ingeniería (construcción de calzadas, ingeniería hidráulica) y campañas militares (identificación de objetivos, gestión de recursos humanos, logística, identificación de riesgos, financiación) ha sido tratada desde la antigüedad, produciéndose un avance realmente significativo a partir de la segunda guerra mundial desde el punto de vista profesional transformando el estudio de la gestión de proyectos en una disciplina de investigación.

En el presente documento se abordará el estudio de la gestión de proyectos de ingeniería y más concretamente de la planificación y gestión de costes de los mismos. Este estudio será respaldado por la puesta en práctica de la información aquí recopilada a un proyecto de ingeniería real.

Primeramente se establecerá una metodología de trabajo basada en el estándar más famoso y utilizado hoy en día (Project Management Institute) estableciendo las técnicas y herramientas que facilitan su realización. Posteriormente se analizará la capacidad de dos herramientas que permiten la puesta en práctica de la metodología establecida con anterioridad: SAP, un sistema de planificación de recursos de la empresa (ERP) que permite la integración de información dentro de la organización encargada de la realización del proyecto; y Primavera, un programa de planificación de proyectos.

Por último se establecerán las conclusiones de la aplicación de la metodología y del uso de las herramientas así como unas posibles líneas de trabajo futuro.

Abstract

Project management, closely related to engineering (road construction, hydraulic engineering) and military campaigns (targets identification, human resources management, logistic, risk identification, financing) has been studied since antiquity, taking more relevance in the World War II with a professional point of view and converting the project management study into an investigation discipline.

In the present document the engineering project management study, and more concretely costs planning/management will be approached. This will be backed by the application of the information compiled here to a real engineering project.

First a methodology of work will be settled down based on the most famous and widely used nowadays standard (Project Management Institute) establishing techniques and tools that facilitate the accomplishing of the methodology. Later the ability of two tools which allow put into practice previously established methodology will be analyzed: SAP, an enterprise resource planning system (ERP) that allows information integration within organization in charge of project accomplishment; and Primavera, a project planning program.

Finally, conclusions are drawn, and future lines of work are proposed.

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi tutor, Antonio Aguilar Morales, la oportunidad que me ha brindado de conseguir la beca que ha servido para la realización de mi Proyecto de Fin de Carrera, así como su apoyo para realizar el mismo.

Además, este proyecto no hubiese visto la luz sin la ayuda de los miembros del Departamento Internacional de Red de Iberinco S.A.U, especialmente de José María de Lorenzo, quien me ha prestado un apoyo y consejo determinantes en la realización de este proyecto. Agradezco también el apoyo de Alberto Aguilar y Julio Garbayo, quienes cada uno de algún modo, me han ayudado y animado a lo largo de estos meses.

Me siento muy agradecido a la Escuela Politécnica Superior por haberme permitido disfrutar como lo he hecho de mi carrera. Agradezco el esfuerzo por organizar curso tras curso todo lo necesario para que nosotros, la primera promoción, hayamos podido completar unos estudios de los cuales podemos sentirnos orgullosos.

Agradezco muy especialmente al personal docente, profesores y tutores, el apoyo continuo que año tras año nos han brindado y el tiempo que han dedicado a escucharnos y orientarnos.

Jorge Ayllón Temprado
Septiembre de 2007.



Este proyecto ha sido realizado en el Departamento Internacional de Red de
IBERDROLA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.U

Índice

Calificación:	v
Palabras clave	i
Resumen	i
Abstract	i
Índice	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Tablas	ix
1 Introducción.....	1
1.1 Motivación del proyecto.....	1
1.2 Objetivos y enfoque.....	1
2 Metodología de Planificación y Control de costes de un proyecto	3
2.1 ¿Qué es PMI?	3
2.2 Organización empresarial	3
2.3 Proyecto de ingeniería	5
2.3.1 Ciclo de vida de un proyecto	5
2.4 Creación de la Estructura de Desglose de Tareas	12
2.4.1 Herramientas y técnicas para la creación de la EDT	12
2.4.2 Documentación obtenida de la creación de la EDT.....	15
2.5 Diferentes métodos de planificación temporal	16
2.5.1 Herramientas y técnicas de planificación	17
2.5.2 Resultados de la planificación temporal	30
2.6 Gestión de costes del proyecto	31
2.6.1 Parametrización de la gestión de costes	32
2.6.2 Estimación de Costes.....	34
2.6.3 Preparación del Presupuesto de Costes	40
2.6.4 Control de Costes	44
2.7 Conclusión de la Metodología de Planificación y Control de costes de un proyecto.....	53
3 Herramientas software empleadas	55
3.1 SAP.....	56
3.1.1 Introducción.....	56
3.1.2 Conceptos Básicos para la Gestión de Proyectos en SAP R/3	59
3.1.3 Traslación de EDT a SAP.....	61
3.1.4 Creación de un proyecto.....	65
3.1.5 Planificación de costes e ingresos	69
3.1.6 Control de costes e ingresos	75
3.2 Primavera.....	76
3.2.1 Introducción.....	76
3.2.2 Creación y planificación temporal del proyecto.....	78
3.2.3 Líneas de base.....	89
3.2.4 Control del proyecto	91
3.3 Microsoft Excel y Microsoft Project	94
3.4 Conclusión Herramientas	95
4 Ejemplo de planificación y control de costes	99
5 Conclusiones y trabajo futuro.....	126
6 Referencias	128

Índice de Figuras

Figura 1. Organización de empresa dedicada a la ingeniería	4
Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto	6
Figura 3. Ciclo lineal de un proyecto de construcción	6
Figura 4. Esquema de una fase	7
Figura 5. Fases de un proyecto	8
Figura 6. Áreas de conocimiento y Fases de un proyecto	11
Figura 7. Estructura de desglose de tareas	13
Figura 8. Red de flechas	19
Figura 9. Aplicación de CPM sobre red de flechas (I)	20
Figura 10. Aplicación de CPM sobre red de flechas (II)	21
Figura 11. Estructura básica de datos de una actividad en un diagrama de precedencia	22
Figura 12. Distribución de probabilidad de una actividad y estimación PERT	25
Figura 13. Costes directos en función del tiempo	27
Figura 14. Costes directos, indirectos y totales en función del tiempo	28
Figura 15. Ejemplo PERT-Cost. Inicio temprano y tardío	29
Figura 16. Diagrama de tiempos con interdependencias	30
Figura 17. Diagrama de Flujo de Procesos de Gestión de Costes del Proyecto	34
Figura 18. Información de Estimación de Costes	36
Figura 19. Curva S de costes e ingresos incurridos en un proyecto	40
Figura 20. Líneas de coste de un proyecto	43
Figura 21. Valor ganado y costes planificado y actual	46
Figura 22. Rendimiento de costes y cronograma	48
Figura 23. Cálculo de Márgenes de un proyecto	49
Figura 24. Cálculo clásico de Producción de un proyecto	50
Figura 25. Módulos de SAP R/3	57
Figura 26. Niveles PEP de un proyecto de ingeniería	60
Figura 27. Niveles PEP de supraestructura	63
Figura 28. Ejemplo de niveles PEP inferiores	65
Figura 29. Creación de Proyecto SAP (I)	66
Figura 30. Creación de Proyecto SAP (II)	66
Figura 31. Creación de Proyecto SAP (III)	67
Figura 32. Creación de estructura PEP-EDT SAP (I)	67
Figura 33. Creación de estructura PEP-EDT SAP (II)	68
Figura 34. Integración de referencia SAP (II)	69
Figura 35. Planificación de costes SAP (I)	71
Figura 36. Planificación de costes SAP (II)	71
Figura 37. Planificación de costes MOD SAP (I)	72
Figura 38. Planificación de costes MOD SAP (II)	73
Figura 39. Planificación de costes MOD SAP (III)	73
Figura 40. Planificación de ingresos SAP	74
Figura 41. Extracción de informes SAP (I)	75
Figura 42. Extracción de informes SAP (II)	76
Figura 43. Esquema de relación entre estructuras de responsabilidad (OBS), de proyectos (EPS) y de desglose de tareas (WBS)	79
Figura 44. Creación de un proyecto sobre un nodo seleccionado de la EPS en Primavera	79
Figura 45. Empleo de Project Wizard en Primavera	80
Figura 46. Esquema EDT introducido en Primavera	81
Figura 47. Creación del listado de códigos de actividad en Primavera	82
Figura 48. Filtrado en Primavera	82
Figura 49. Actividades de proyecto en visualización con diagrama de Gantt en Primavera	84
Figura 50. Actividades de proyecto en visualización con traza lógica en Primavera	85
Figura 51. Detalle de actividades en Primavera	85

Figura 52. Detalle de actividades	86
Figura 53. Calendario Global en Primavera.....	87
Figura 54. Configuración del estado temporal de una actividad en Primavera.....	88
Figura 55. Esquema de expensas en Primavera	89
Figura 56. Añadir Línea de base en Primavera	90
Figura 57. Parámetros visualizables por columnas en Primavera	92
Figura 58. Exportación de datos en Primavera.....	93
Figura 59. Reporte de valor ganado en Primavera	94
Figura 60. Esquema de aplicación metodológica.....	100
Figura 61. Estructura de desglose de tareas en Excel.....	102
Figura 62. Planificación de actividades en Primavera	104
Figura 63. Traslación y planificación de la EDT en Primavera	105
Figura 64. Reporte de planificación de actividades en Primavera	106
Figura 65. Reporte de replanificación en Primavera aprovechando las holguras	107
Figura 66. Informe de actividades predecesoras y sucesoras	108
Figura 67. Informe de costes anterior a la planificación de estos	108
Figura 68. Comparación entre plan de proyecto y línea base (segmentos amarillos)	109
Figura 69. Planificación de hitos en MS Project.....	110
Figura 70. Informe de planificación/incurred real/producción en SAP	111
Figura 71. Cash flow	116
Figura 72. Comparación entre estado actual del proyecto y línea base de hitos en MS project	118
Figura 73. Avance temporal (físico) mediante cronograma.....	119
Figura 74. Informe Valor ganado por actividades y EDT	121
Figura 75. Datos exportados desde SAP	123
Figura 76. Análisis de tendencia en Excel	124

Índice de Tablas

Tabla 1. Creación estructura desglose de tareas.....	12
Tabla 2. Planificación del proyecto.....	17
Tabla 3. Ejemplo PERT-Cost. Listado de tareas.....	28
Tabla 4. Ejemplo PERT/Cost. Inicio temprano y tardío	29
Tabla 5. Estimación de Costes: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas	35
Tabla 6. Preparación del Presupuesto de Costes: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas.....	41
Tabla 7. Control de Costes: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas	44
Tabla 8. Ejemplo de hoja de cálculo para control de costes.....	52
Tabla 9. Ejemplo de apertura de referencias producto común	64
Tabla 10. Ejemplo de apertura de referencias producto específico común	64
Tabla 11. Comparación Primavera 5.0 vs. Microsoft Project	97
Tabla 12. Resumen de la creación de la EDT	103
Tabla 13. Resumen de estimación de costes	103
Tabla 14. Determinación de los hitos del proyecto	110
Tabla 15. Resumen de planificación temporal	111
Tabla 16. Resumen del presupuestado de costes.....	117
Tabla 17. Cálculo del valor ganado.....	119
Tabla 18. Resumen del control de costes	125

1 *Introducción*

1.1 *Motivación del proyecto*

La gestión de proyectos es una profesión emergente cuyo principal cometido es aplicar una serie de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas al ámbito de los proyectos y durante la realización de los mismos. Esto último no implica una aplicación uniforme de los criterios, sino que presenta la flexibilidad necesaria para adaptarse a los requerimientos de cada proyecto.

Se trata por tanto de un proceso que conlleva la planificación; la puesta en funcionamiento; la medida y control del progreso del proyecto; y la actuación sobre el mismo en función de la información recopilada. De entre estas actividades resultan especialmente interesantes y cruciales, la planificación que determinará el desarrollo del proyecto; y la medida y control del progreso, que ofrece la información necesaria para la toma de decisiones durante su desarrollo.

De todas las técnicas de gestión de proyectos disponibles, la planificación y el control de costes son las que ofrecen una mayor capacidad de aumentar el valor de la inversión, de optimizarlo, o en su defecto de destruirlo cuando no se emplean o se emplean inadecuadamente. Por tanto, desarrollar y utilizar un conjunto de procedimientos y/o técnicas para controlar (detectar, informar y reaccionar) sobre los costes durante el estudio y desarrollo del proyecto es función esencial para alcanzar los resultados esperados.

En consecuencia, es un área de conocimiento dinámica, útil, necesaria y cada vez más solicitada en el mundo empresarial, y por tanto en el de la ingeniería con expectativas de un incremento de la demanda de profesionales alimentado por los resultados que por sí misma ofrece. Por tanto, durante el presente proyecto se tratará de adquirir una serie de conocimientos y habilidades, que permitan la planificación y el control de proyectos, así como el uso y aplicación de herramientas con este mismo objeto.

1.2 *Objetivos y enfoque*

Este proyecto fin de carrera se enmarca en la asignatura de “*Proyectos*” de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Autónoma de Madrid, asignatura que imparte el profesor Antonio Aguilar Morales.

El autor del presente Proyecto Fin de Carrera ha estado becado por la empresa Iberdrola Ingeniería y Construcción S.A.U en el marco del convenio Universidad – Empresa y ha realizado la actividad que se detalla en el documento.

El objeto de este proyecto de fin de carrera es analizar, estudiar y desarrollar una metodología basada en el estándar más empleado actualmente en empresas dedicadas al desarrollo de proyectos (Project Management Institute); y el estudio de una serie de herramientas existentes, y de uso generalizado, para la planificación y control de proyectos.

Para ello se realizarán diferentes tareas en cada uno de estos estándares y herramientas para comprobar los efectos positivos y negativos de su aplicación durante su ejecución en un proyecto: alcance contractual, planificación de tareas, asignación presupuestaria, variaciones en el transcurso de la ejecución, riesgos, previsión, resolución o actuación ante imprevistos...

Dado que la realización de este proyecto es soportada de forma práctica por un trabajo realizado en una empresa de desarrollo de proyectos de ingeniería se tratará de personalizar y caracterizar tanto la metodología de planificación y control, como el uso de herramientas y aplicaciones empleadas en ese ámbito de desarrollo de proyectos.

Este documento esta compuesto de 3 partes diferenciadas:

- una primera en la que se analiza la metodología de planificación y control de costes de un proyecto desde un punto de vista teórico siguiendo tanto la pauta del estándar PMI, como lo aprendido en el desarrollo de proyecto de manera práctica en la beca de trabajo.
- una segunda parte en que se tratan las herramientas más empleadas en la planificación y control de costes enumerando y valorando las capacidades de que disponen para ayudar en la gestión de proyectos, así como acompañando con una breve descripción de su manejo.
- una tercera parte en que se aplican tanto los conocimientos teóricos, como el uso de herramientas, vistos con anterioridad a un ejemplo práctico similar al desarrollado en la beca de trabajo.

2 Metodología de Planificación y Control de costes de un proyecto

2.1 ¿Qué es PMI?

Project Management Institute (PMI) es la asociación profesional sin fines lucrativos y dedicada a la gestión de proyectos más grande del mundo, presente en 125 países y con más de 200.000 miembros. Sus principales objetivos son la formulación de estándares profesionales (PMBOK) [5], generar conocimiento a través de la investigación, y promover la Gestión de Proyectos como profesión a través de sus programas de certificación (PMP) [3].

Para la realización de este proyecto de fin de carrera se van a seguir de cerca las especificaciones dadas por PMI, dado que se trata del único estándar de gestión de proyectos aprobado por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute), un estándar de facto empleando en todo el mundo, y además la referencia para la gestión de proyectos de la empresa que soporta la beca que ayuda a la realización de este proyecto.

2.2 Organización empresarial

Antes de comenzar con el desarrollo de una metodología de planificación y control aplicada al ámbito específico de una empresa encargada de la realización de proyecto de ingeniería, se hace necesario explicar de modo general, el entorno de desarrollo y la organización de empresa a nivel funcional.

La organización empleada en las empresas (organizaciones) de ingeniería ha de responder a las necesidades de su actividad, el desarrollo de proyectos, de modo que permita el mejor acercamiento a sus necesidades y resolución.

En general se trata de una organización jerarquizada con forma de árbol en la que el nodo raíz se corresponde con la dirección de la empresa.

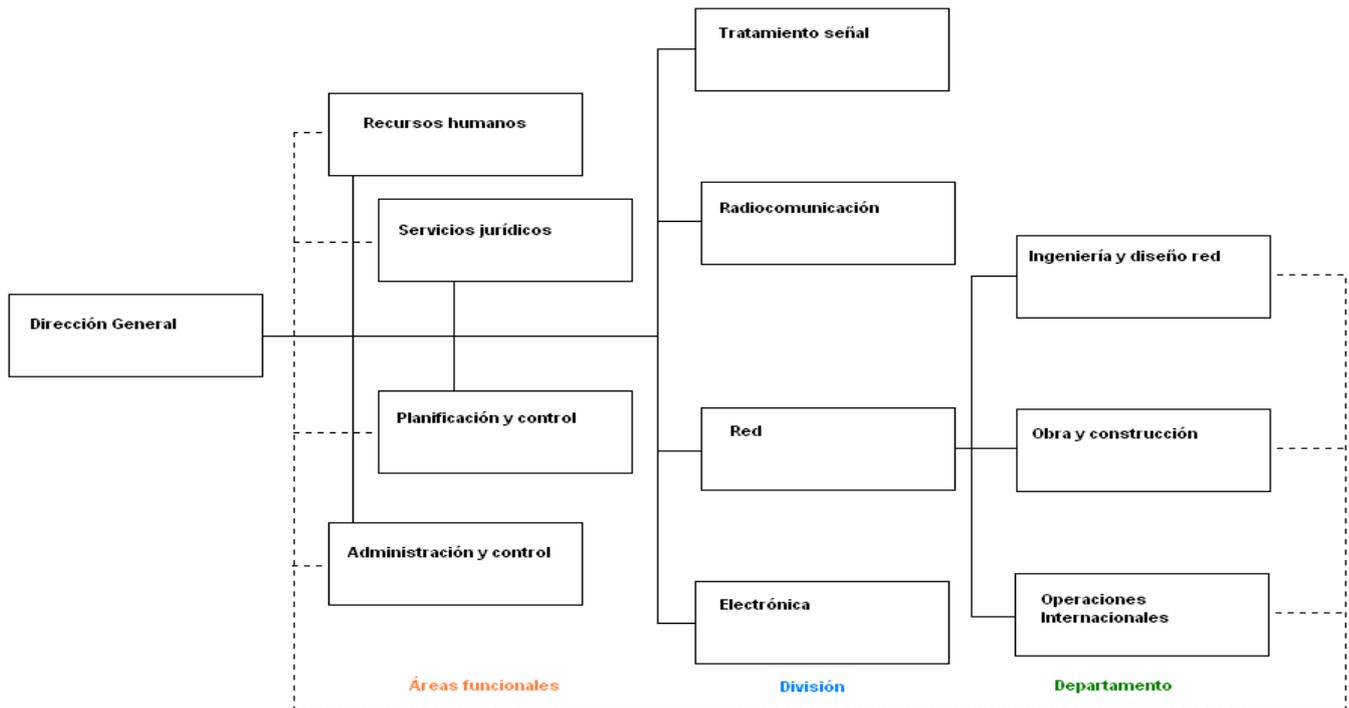


Figura 1. Organización de empresa dedicada a la ingeniería

Por debajo de la dirección se establecen una serie de áreas funcionales que responden a las necesidades genéricas de toda organización, como son la gestión de recursos humanos, la administración y control financieros, la planificación y control de la actividad productiva y los servicios legales-jurídicos. Se trata de áreas no-localizadas geográficamente, que actúan sobre todos los procesos de la organización en función de las necesidades de cada momento. No suponen producción (facturación e ingresos) por sí solas, tan sólo un coste estructural más.

Al mismo nivel organizativo, pero con una diferenciada actividad funcional están las denominadas divisiones, encargadas de la actividad esencial de la empresa: el desarrollo de proyectos. Habrá tantas de estas divisiones como variedad de proyectos afronte la empresa (organización). En la figura 1 se han reflejado las propias de una empresa de telecomunicaciones: Redes, Radiocomunicación, Tratamiento de señal y Electrónico de comunicaciones. Las divisiones se encargan de la producción de la empresa mediante la facturación e ingresos, a la vez que derivada de su actividad se incurre un coste.

A su vez, y en un nivel inferior, las divisiones se dividen en departamentos con dedicación exclusiva a las tareas que permiten la realización de un proyecto y que son por tanto las encargadas de llevarlos a buen fin. En la figura 1 se ha desglosado la división de red, en la que los departamentos se corresponden con el diseño de la red, la construcción de la misma y un departamento encargado del desarrollo de proyectos internacionales. Este último departamento es habitual en empresas que desarrollan proyectos de “pequeño” tamaño en los que no es aconsejable la apertura de una sucursal o filial en el país en que se desarrolla el proyecto (bien por costes o por inconveniencia legal).

2.3 Proyecto de ingeniería

Habitualmente un proyecto aparece bien como una necesidad propia del equipo que lo ha de desarrollar o bien, y con mayor frecuencia como un proyecto a realizar para un cliente fruto de una oferta, concurso, licitación... En cualquier caso, aunque con diferente ponderación, las principales restricciones [1][11]del proyecto son:

- calendario (plazo),
- coste (en comparación con los presupuestado inicialmente),
- y la relación entre ellos: rendimiento o calidad.

En la realización de un proyecto habrá que alcanzar un equilibrio entre estas tres restricciones cediendo en una para optimizar otra, o en ocasiones, tan sólo podrán manejarse un par de ellas en función de la rigidez de la tercera.

Dado que como hemos visto, pueden reducirse a tres los pilares (restricciones) principales de un proyecto, estos, pueden resultar obvios y fáciles de controlar, sin embargo son diversos los motivos que pueden alterar el correcto desarrollo del proyecto como diversas son las naturalezas de los mismos.

Para ello se ha de analizar como se afronta la realización de un proyecto de ingeniería, habitualmente más compleja, que ofrezcan servicios o proyectos físicos llave en mano, mediante la división del mismo en etapas diferenciadas: inicio, planificación, ejecución–control y cierre–entrega, que han de ser provistas tanto de herramientas como de léxico comunes. Esta división es por tanto una actividad de gran importancia para empresas dedicadas a la realización de trabajos estructurados como proyectos, y más concretamente en las dedicadas a labores de ingeniería.

2.3.1 Ciclo de vida de un proyecto

Un proyecto de ingeniería tiene como fin la obtención de un producto, servicio a través de diversas actividades que pueden agruparse en fases que ofrecen un producto intermedio, necesario para facilitar la gestión del proyecto y continuar hacia el producto final. Las formas de agrupar las actividades y los objetivos de cada fase pueden ser muy diferentes en función del producto y las tecnologías empleadas.

Al conjunto de las fases empleadas se le denomina “ciclo de vida” [9] y su definición facilita el control temporal para aplicar recursos de todo tipo (personal, equipos, suministros, etc.) al proyecto, incluyendo la subcontratación de partes a otras organizaciones. La sucesión de fases puede ampliarse mediante bucles de realimentación, de modo que una fase se ejecuta más de una vez, recibiendo aportaciones de los resultados intermedios (realimentación).

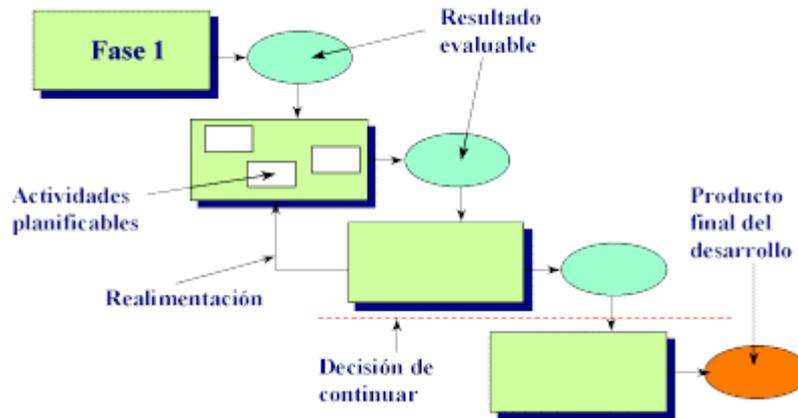


Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto

Cada ciclo de vida está determinado por:

- **Alcance:** hasta dónde llega el proyecto. En el más amplio de los casos se tratará de su desarrollo, fabricación, y mantenimiento hasta su retirada del mercado.
- **Contenido:** de las fases en que dividen el ciclo en función de la temática del proyecto, o de la organización interna o externa del trabajo.
- **Estructura:** de la sucesión de las fases que puede ser lineal, con prototipado, o en espiral.
 - **Prototipado:** en desarrollos de productos con innovaciones importantes la incertidumbre o ignorancia sobre el comportamiento de las tecnologías, impiden iniciar un proyecto lineal con especificaciones cerradas. Se realiza por ello un prototipo (producto parcial y provisional).
 - **Espiral:** El propio producto a lo largo de su desarrollo puede así considerarse como una sucesión de prototipos que progresan hasta llegar a alcanzar el estado deseado. En cada ciclo (espirales) las especificaciones del producto se van resolviendo paulatinamente. (A menudo la fuente de incertidumbres es el propio cliente).
 - **Ciclo de vida lineal:** el más utilizado y sencillo. Las fases se suceden de manera lineal, cada una se realiza una sola vez, tras la anterior y antes que la siguiente. Requiere que la actividad del proyecto no necesite realimentación, aunque pueden admitirse ciertos supuestos de realimentación correctiva.

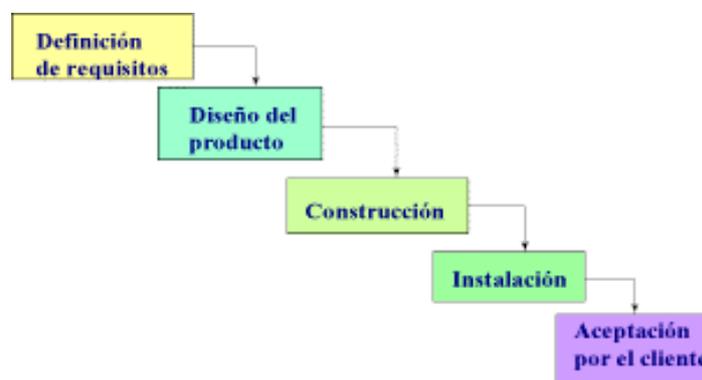


Figura 3. Ciclo lineal de un proyecto de construcción

La práctica acumulada en el diseño de modelos de ciclo de vida para situaciones muy diversas permite que nos beneficiemos de la experiencia adquirida utilizando el enfoque que mejor se adapte a nuestros requerimientos.

Elementos del ciclo de vida

Entregables: son los productos intermedios de cada una de las fases. Pueden ser materiales o inmateriales (documentos), y permiten el seguimiento y evaluación de la marcha del proyecto para la toma de decisiones a lo largo del desarrollo del proyecto.

Fases: es un conjunto de actividades relacionadas con un objetivo común en el desarrollo del proyecto. La agrupación temporal de tareas impone requisitos temporales relacionados con la asignación de recursos (humanos, financieros o materiales). Pueden realizarse además divisiones dentro de las fases (subfases) por ejemplo para separar partes temporales del proyecto que se subcontraten a otras organizaciones, requiriendo distintos procesos de gestión.

Cada fase viene definida las actividades con las que se relaciona, los datos de entrada (resultados de la fase anterior, experiencias de proyectos anteriores), y los datos de salida (a utilizar por la fase posterior, experiencia acumulada, pruebas) y la estructura interna de la fase.



Figura 4. Esquema de una fase

Dentro de un proyecto, de cierta complejidad, pueden diferenciarse varias fases [8][9][4] que a su vez están formadas por un grupo de procesos (grupos de actividades a realizar), y retomando los tres pilares del desarrollo del proyecto, plazo, coste y rendimiento, y encuadrándolos en las diferentes etapas de la figura superior tenemos:

- **Fase de iniciación:** Definición de los objetivos y recursos. Se ha de prestar especial atención a la definición de requisitos así como a recopilar la información necesaria para el resto del proyecto, o al menos para afrontar la siguiente fase con garantías.
- **Fase de planificación:** cómo satisfacer las restricciones de prestaciones, planificación temporal y coste. Los resultados de esta fase han de ser una serie de

documentaciones o informes que acompañen, dirijan y sustenten el desarrollo del proyecto. Deberán definirse por tanto:

- Presupuestos y definición de su correspondiente financiación
- Actividades en detalle a desarrollar
- Alcance detallado del proyecto
- Cronograma de actividades
- Identificación de riesgos
- Contratación de personal necesario
- Técnicas empleadas: PERT, CPM, Diagramas de precedencia

A menudo la fase de planificación habrá de ser revisada en varias ocasiones, iterativamente, ante cada eventualidad crítica hallada durante la resolución del proyecto.

- *Fase de ejecución:* conjunto de tareas y actividades del proyecto una vez estas se ponen en acción ajustándose a lo planificado y consumiendo los recursos adjudicados que, generalmente, se incrementan durante esta fase. Durante la ejecución se genera la mayor adquisición de experiencia para el administrador del proyecto.
- *Fase de entrega:* a pesar de ser la fase que más a menudo se olvida o rechaza deliberadamente, es de gran importancia. Consiste en la culminación de la operación así como en la redacción y recopilación de información sobre el proyecto que será útil para la realización de futuros proyectos.
- *Fase de control:* monitorización y medición del trabajo realizado analizando cómo el progreso difiere de lo planificado e iniciando las acciones correctivas que sean necesarias. En ocasiones supone una revisión de la fase de planificación y/o de la fase de ejecución.



Figura 5. Fases de un proyecto

En ocasiones puede añadirse una última fase de operación y mantenimiento en la que se ha de asegurar que el uso del proyecto es el pretendido y garantizar su mantenimiento (reparaciones y actualizaciones).

Áreas de conocimiento: Durante el desarrollo de las fases anteriores y dentro de la gestión de proyectos pueden diferenciarse nueve áreas [2][3] de conocimiento que permiten clasificar y agrupar las actividades de la gestión de proyectos:

- **Integración:** consta de 3 procesos: el plan de desarrollo, el plan de ejecución y el control integrado de cambio; relacionados todos ellos con la coordinación de todos los aspectos del proyecto. Tienen repercusión durante todo el desarrollo del proyecto a excepción del control de cambios, que sólo tiene lugar durante las etapas de ejecución y control, pero que puede afectar igualmente, modificándolas, a las etapas precedentes.
- **Alcance:** consta de cinco procesos: iniciación de la planificación, definición de alcance, verificación, y control de cambio de alcance; comprende aquellas actividades relacionadas con el trabajo a realizar en el proyecto definiendo las actividades, evaluándolas, midiéndolas y controlando los cambios que sobre ellas se planteen.
- **Tiempo:** definición de actividades, secuenciación, estimación de duración, programación temporal y control de la programación son los procesos recogidos en este área. Obviamente este área trata de cuantificar temporalmente las actividades, su duración, y de asegurar que se puede afrontar según lo planificado.
- **Costes:** puede dividirse en planificación, estimación, presupuestado y control, y se centra en costes y presupuestos asignados tanto al proyecto en su totalidad como a cada una de las actividades que lo componen., y mas concretamente, en la realización de las correctas estimaciones y el control de estas para no ser rebasadas. Suele ser llevado a cabo por una persona en proyectos de pequeño tamaño y por varios expertos si el proyecto es mayor.
- **Calidad:** se encarga de asegurar los requerimientos del proyecto realizando las oportunas mediciones y comparaciones respecto del estándar de calidad establecido en el proyecto para garantizar el resultado final. Pueden diferenciarse tres procesos: planificación, garantización y control.
- **Recursos humanos:** se resuelven todos los asuntos relacionados con el personal del proyecto: liderazgo, entrenamiento, manejo de conflictos...a menudo es llevado a cabo por miembros del proyecto, personal de soporte del proyecto o clientes. Se realiza en varios procesos consecutivos: planificación del personal, reclutamiento y funcionamiento en equipo.
- **Comunicaciones:** este área se encarga de asegurar que planificación, riesgos, reuniones y otros tipos de información son debidamente recopilados y documentados, asegurándose después que esa información es distribuida y compartida. Esta área es de especial importancia en la fase de cierre del proyecto para crear la información histórica del proyecto.
Los procesos involucrados son: planificación, distribución de información, reporte de funcionamiento y cierre administrativo.

- Riesgos: se trata de identificar y tratar los riesgos potenciales del proyecto a lo largo de seis etapas: planificación, identificación, análisis cualitativo, planificación de las respuestas, monitorización y control; aunque algunas de estas etapas suelen reducirse a una sola o realizarse a la vez.
- Suministros/Recursos: compra de bienes, materias primas o contratación de servicios (outsourcing) son las actividades entorno a las que se desarrolla esta área de conocimiento. Al igual que otras áreas se subdivide en varias etapas de planificación, administración de contrato y consolidación de contratos

Una vez vistas las fases en que se divide un proyecto y las principales áreas de conocimiento involucradas en su resolución, tenemos las coordenadas necesarias para localizar las áreas de estudio de este documento (ver Figura 6). Nos centraremos en las fases de planificación y control dentro del área de conocimiento de costes y más concretamente en los siguientes procesos:

- Creación de la estructura de desglose de tareas; posterior a la definición de objetivos y alcance del proyecto.
- Planificación del proyecto; con carácter temporal.
- Gestión de costes; compuesto por estimación de costes, presupuestado y control de los mismos.

2. Metodología de Planificación y Control de costes de un proyecto

Procesos de un Área de Conocimiento	Grupos de Procesos de Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Iniciación	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Seguimiento y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto Desarrollar el Enunciado del Alcance del Proyecto Preliminar	Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto	Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto	Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto Control Integrado de Cambios	Cerrar Proyecto
5. Gestión del Alcance del Proyecto		Planificación del Alcance Definición del Alcance Crear EDT		Verificación del Alcance Control del Alcance	
6. Gestión del Tiempo del Proyecto		Definición de las Actividades Establecimiento de la Secuencia de las Actividades Estimación de Recursos de las Actividades Estimación de la Duración de las Actividades Desarrollo del Cronograma		Control del Cronograma	
7. Gestión de los Costes del Proyecto		Estimación de Costes Preparación del Presupuesto de Costes		Control de Costes	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		Planificación de Calidad	Realizar Aseguramiento de Calidad	Realizar Control de Calidad	
9. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		Planificación de los Recursos Humanos	Adquirir el Equipo del Proyecto Desarrollar el Equipo del Proyecto	Gestionar el Equipo del Proyecto	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		Planificación de las Comunicaciones	Distribución de la Información	Informar el Rendimiento Gestionar a los Interesados	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		Planificación de la Gestión de Riesgos Identificación de Riesgos Análisis Cualitativo de Riesgos Análisis Cuantitativo de Riesgos Planificación de la Respuesta a los Riesgos		Seguimiento y Control de Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		Planificar las Compras y Adquisiciones Planificar la Contratación	Solicitar Respuestas de Vendedores Selección de Vendedores	Administración del Contrato	Cierre del Contrato

Figura 6. Áreas de conocimiento y Fases de un proyecto

2.4 Creación de la Estructura de Desglose de Tareas

La EDT (o WBS Work Breakdown Structure) es una descomposición sistemática que sigue un patrón lógico y jerárquico, orientada al producto entregable, del trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto, para alcanzar los objetivos y crear los productos entregables requeridos.

La EDT se elabora durante la fase de planificación del proyecto inmediatamente después de la definición del alcance del mismo, antes que el programa, sin intentar identificar la secuencia de las actividades, de hecho, la EDT será un instrumento para facilitar la estimación de los recursos y el cálculo del tiempo y el coste. Hasta que no se hayan definido todas las actividades o tareas a ejecutar no será posible planificarlas.

Su realización será llevada a cabo por el departamento que lleve a cabo el desarrollo del proyecto, junto con el área funcional de planificación y control.

Esta estructura organiza y define el alcance total del proyecto: subdivide el trabajo del proyecto en porciones de trabajo más pequeñas y fáciles de manejar, donde cada nivel descendente de la EDT representa una definición cada vez más detallada del trabajo del proyecto. El trabajo planificado comprendido dentro de los componentes de la EDT del nivel más bajo, denominados paquetes de trabajo, puede programarse, supervisarse, controlarse, estimarse sus costes y asignar un único responsable de su ejecución. Por tanto el nivel más bajo recibe el nombre de nivel de paquete de trabajo.

La EDT no tiene porqué ser simétrica (sí homogénea en código), no todos los caminos tienen que alcanzar el mismo nivel de desglose (la norma es desglosar el trabajo hasta un nivel suficiente para conseguir la precisión deseada, no todos los caminos requieren para alcanzarla el mismo nivel de desglose).

La EDT representa tanto el trabajo especificado en el actual enunciado del alcance del proyecto aprobado, como los productos entregables del proyecto.

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Pliego condiciones cliente	Plantillas de desglose	EDT
Contrato firmado: alcance del proyecto	Descomposición	Diccionario EDT
		Línea base de alcance
		Actualización de alcance
		Actualización plan integrado de cambios

Tabla 1. Creación estructura desglose de tareas.

2.4.1 Herramientas y técnicas para la creación de la EDT

Para la creación de la EDT del proyecto se cuenta con la información recogida bien en la fase de planificación referida al alcance o bien previamente al lanzamiento del proyecto, en la fase de oferta del proyecto. Esta información está recogida en los pliegos de condiciones presentados por el cliente (en caso de que estos existan), o en el contrato firmado elaborado en función de los pliegos, concretamente en la definición del alcance que se haya realizado. A partir de estos datos puede abordarse el desglose de actividades mediante un par de técnicas:

Plantillas de Estructura de Desglose del Trabajo

Si bien, por definición, cada proyecto es único, a menudo una EDT de un proyecto anterior puede usarse como plantilla para un nuevo proyecto con el que guarda similitud. Por ejemplo, la mayoría de los proyectos dentro de una organización dedicada a una área o actividad específica, tendido de red por ejemplo, tendrán un ciclo de vida similar del proyecto, y por tanto, similares productos entregables. Es por esto que muchas organizaciones poseen plantillas de EDT estándar.

La norma del Project Management Institute (PMI) para estructuras de desglose del trabajo proporciona orientación para la generación, el desarrollo y la aplicación de EDTs.

En la Figura 7 se muestra una parte de un ejemplo de una EDT, representada en forma de árbol, donde algunas ramas de la EDT se descomponen hasta el nivel del paquete de trabajo.

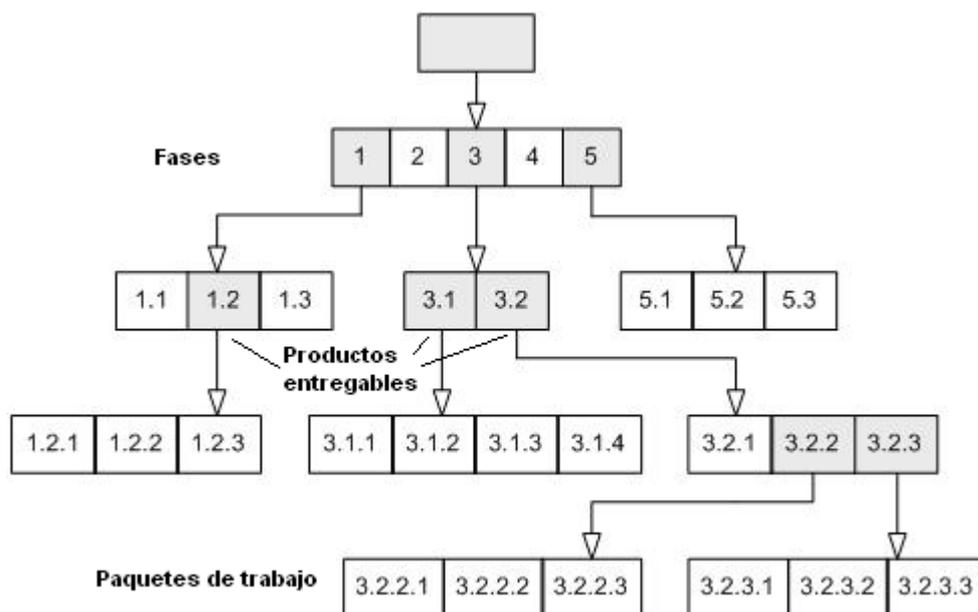


Figura 7. Estructura de desglose de tareas

Descomposición

Aplicable cuando se afronta la creación de un proyecto novedoso, del que no se tienen experiencias previas. Consiste en la subdivisión de las tareas principales del desarrollo del proyecto en componentes más pequeños y manejables, hasta llegar al punto de paquete de trabajo para el trabajo a realizar y los productos entregables. Como ya hemos

visto el nivel del paquete de trabajo es el nivel más bajo de la EDT y también el punto en el que el coste y el cronograma para el trabajo pueden estimarse de forma fiable. Este nivel de detalle variará según el tamaño y la complejidad del proyecto.

Dependiendo de la precisión alcanzada en la definición del alcance, puede que no sea posible la descomposición de una tarea, un producto entregable, o un subproyecto (parte diferenciada dentro del proyecto global que puede tratarse como un proyecto independiente) a largo plazo. Por tanto, se ha de esperar durante el desarrollo del proyecto, a menudo hasta la fase de ejecución, hasta que se aclaren las características del producto entregable para así poder desarrollar al detalle la EDT. Esta técnica se denomina *planificación gradual* e implica que la EDT no sea estática, sino que es revisada, ampliada y corregida.

Por una parte tenemos que la descomposición excesiva puede conducir a un esfuerzo de gestión no productivo, un uso ineficiente de los recursos y una menor eficiencia en la realización del trabajo. Sin embargo a medida que el trabajo se descompone hasta niveles inferiores de detalle, mejora la capacidad de planificar, dirigir y controlar el trabajo. El equipo del proyecto debe buscar un equilibrio entre niveles de planificación. La descomposición de todo el trabajo del proyecto generalmente implica las siguientes actividades:

- *Identificar los productos entregables y el trabajo relacionado:* exige analizar el enunciado del alcance del proyecto detallado y este análisis a su vez, exige un juicio experto para identificar todo el trabajo, incluidos los productos entregables exigidos por contrato.
- *Estructurar y organizar la EDT:* es una técnica analítica que puede realizarse mediante el uso de una plantilla de EDT. La estructura resultante puede adoptar varias formas de organización, tales como:
 - Usar los principales productos entregables y subproyectos como el primer nivel de descomposición.
 - Usar las fases del ciclo de vida del proyecto como el primer nivel de descomposición, insertando los productos entregables del proyecto en el segundo nivel.
 - Usar diferentes enfoques en cada rama de la EDT, por ejemplo en cada subproyecto.
- *Descomponer los niveles superiores de la EDT:* en componentes detallados de nivel inferior exige subdividir el trabajo correspondiente en sus componentes fundamentales en función de cómo se ejecutará y controlará realmente el trabajo del proyecto. Cada componente debe definirse y asignarse clara y completamente a una unidad ejecutante específica de la organización que asuma la responsabilidad de la conclusión del componente de la EDT.
- *Asignar cuentas de control:* de forma paralela a la creación del desglose de tareas se realiza el desglose de costes del proyecto asignando según la definición de paquete de trabajo una cuenta de control asociada a cada elemento del nivel de mayor desglose de la EDT, que recoge el coste de este. La aplicación estricta de este

criterio da como resultado una jerarquía de cuentas de control idéntica a la de la EDT, sin embargo el criterio de desglose de tareas y por tanto de cuentas de control hasta el nivel de paquete de trabajo no siempre es útil (dificultad de manejo).

- *Desarrollar y asignar códigos de identificación a los componentes de la EDT:* un código es un método abreviado, preciso e inequívoco, para transmitir información acerca de un artículo. Debe servir por tanto como identificador, y en la medida de lo posible debe describir el artículo al que está referido, de la manera más sencilla posible. En ocasiones pueden emplearse más de un código de identificación distinto: es tal vez, la mejor alternativa cuando la EDT ha de ser tratada por más de una organización y cada una dispone de su propio sistema de codificación.
- *Verificar que el grado de descomposición del trabajo es necesario y suficiente:* exige determinar que los componentes del nivel inferior de la EDT son necesarios y suficientes para completar los productos entregables o subproyectos del nivel superior correspondiente.

Por último cabe señalar que a pesar de proponerse por separado la aplicación de uno u otro método la aplicación de uno u otro método, el desglose de tareas puede realizarse de modo mixto, empleando por ejemplo una plantilla para parte del proyecto (subproyecto) y la descomposición para el resto.

2.4.2 Documentación obtenida de la creación de la EDT

A parte de la propia estructura de desglose de trabajo, y como resultado directo de esta suele crearse un diccionario asociado:

- **Estructura de Desglose del Trabajo:** En ella se le ha sido asignado un identificador a cada componente incluidos paquetes de trabajo y cuentas de control. Estos identificadores proporcionan una característica única para cada actividad que permite la realización de resúmenes jerárquicos de información sobre costes, cronograma o recursos.
- **Diccionario de la EDT:** es un documento que respalda la EDT para facilitar su uso sobre todo en proyectos con gran detalle de desglose, o en aquellos casos en que la EDT deba ser empleada por personal ajeno a la realización del mismo.

Para cada componente de la EDT, el diccionario de la EDT puede incluir (aunque no necesariamente): un identificador de código de cuenta; un enunciado del trabajo; una lista de hitos del cronograma; información sobre contratos; requisitos de calidad; referencias técnicas para facilitar la realización del trabajo; un número de cargo (correspondiente a una cuenta de control); una lista de las actividades del cronograma relacionadas, recursos necesarios, definición detallada de alcance, avance, forma de cálculo del valor ganado y una estimación de costes (para un paquete de trabajo).

Y además de estos documentos, otros son modificados durante el desarrollo de la EDT debido a la aparición de cambios o mejoras para el proyecto; y se establece una referencia inicial (línea base de alcance) del proyecto que será útil durante la fase de control:

- **Enunciado del Alcance del Proyecto (Actualizaciones):** define los límites del proyecto describiendo las necesidades y requisitos del mismo (asunción de responsabilidades y restricciones), describe aspectos técnicos, y facilita datos que permiten realizar la estimación de costes.
 - *Requisitos:* implicaciones contractuales o legales que a menudo incluyen cuestiones sanitarias, seguros, seguridad social del personal, propiedad intelectual (patentes), igualdad para el personal contratado, licencias y permisos.
 - *Asunciones:* factores asumidos y por tanto reales, ciertos y a menudo ineludibles.
 - *Restricciones:* factores específicos que limitan la estimación de costes. Por ejemplo, el límite presupuestario, fechas de entrega intermedia (plazos) o finales, recursos técnicos, circunstancias políticas o medioambientales...

Por tanto el alcance del proyecto estará formado por un listado de productos entregables, objetivos, y los criterios de aceptación por parte del clientes para los mismos (a menudo se tratará de certificaciones o protocolos de aceptación). Es una de las fuentes de información para crear la EDT, y por tanto si durante este proceso se aprueba algún cambio, el enunciado del alcance es actualizado para incluirlo.

- **Control integrado de cambios:** es necesario porque los proyectos raramente se desarrollan exactamente acorde con el plan de gestión del proyecto. El enunciado del alcance del proyecto y otros documentos deben mantenerse actualizados mediante la gestión cuidadosa y continua de los cambios, ya sea rechazándolos o aprobándolos, de tal manera que los cambios aprobados se incorporen a una línea base revisada. En este caso se trata de los cambios necesarios tras crear la EDT.
- **Línea Base del Alcance:** supone una imagen fija del alcance del proyecto, una referencia de lo definido en la planificación que recoge tanto el alcance como los costes del proyecto y que se emplea para establecer comparativas entre el desarrollo del proyecto en diferentes momentos. (Veremos más en el apartado de control de costes).

2.5 Diferentes métodos de planificación temporal

Una vez se ha completado la identificación y estructuración de las actividades que componen el proyecto mediante la creación de la EDT puede comenzarse la creación del plan de proyecto.

Un plan es la lista o representación esquemática y/o visual de las actividades estimadas sometidas a secuenciación o estimación lógica. Durante la planificación del proyecto se trata por tanto la forma en que se va a llevar a cabo el mismo: cómo se ofrecerán los resultados, quiénes son los implicados, (empresa, departamentos, subcontratistas, cliente,), qué tareas conlleva el proyecto a planificar, dónde y cuándo se va a realizar.

Antes de comenzar la planificación debe conocerse la finalidad de la misma: se trata de obtener un plan que ejecute y controle el desarrollo del proyecto durante todo el desarrollo del mismo y que pueda ser actualizado o remodelado al localizarse un cambio en revisiones iterativas durante la fase de control. Además la planificación no requiere un estudio pormenorizado de cada problema que se prevea pueda surgir, sino un planteamiento general mediante el manejo de varias herramientas e informes, dejando la resolución de los problemas para la fase de ejecución. También es importante señalar que la planificación ha de asegurar una gestión activa que considere comunicaciones, calidades y riesgos. Esto sin embargo no podrá ser llevado a cabo seleccionando todos los parámetros, o restricciones, presentes en el proyecto: se habrá de seleccionar dos parámetros entre tiempo, coste o calidad, y sacrificar un tercero.

Por tanto pueden establecerse una serie de principios básicos de la planificación: finalidad, iteratividad, generalidad, elección de parámetros y gestión activa. Veremos a continuación algunos de los métodos empleados para llevar a cabo esta fase del proyecto, que suelen realizarse de manera gráfica, para facilitar su uso, y mediante técnicas que estudian la secuenciación de actividades basándose en características temporales y/o probabilísticas.

La planificación será llevada a cabo por el departamento encargado del desarrollo del proyecto, junto con el área funcional de planificación y control.

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Pliego condiciones cliente	Gráficos de barras	Secuencia actividades
Contrato firmado: alcance del proyecto	Sistemas reticulares	Cronograma de proyecto
Estructura de desglose de tareas y diccionario	Métodos CPM, PERT	Listado de hitos de proyecto
		Actualización de alcance
		Actualización plan integrado de cambios

Tabla 2. Planificación del proyecto

2.5.1 Herramientas y técnicas de planificación

A continuación se explican algunos de las herramientas y técnicas de planificación temporal más utilizadas: Gráficos de barras (Gantt), Sistemas reticulares, Método del Camino Crítico y Análisis PERT [5] [6] [13].

2.5.1.1 Gráficos de barras

Se trata de un método de planificación que emplea una solución mediante gráficos lineales derivados de los gráficos de Gantt (Henry Gantt, 1861-1919). Están muy

generalizados gracias a su facilidad de adaptación a todo tipo de proyectos y a su rapidez de elaboración e interpretación visual. Es por tanto una importante herramienta de control diario para el seguimiento de proyectos, y que hoy día se realiza mediante el uso de programas informáticos (Microsoft Project o Primavera, entre otros).

Consisten en un cuadrante graduado que muestra el desglose de actividades en el eje de ordenadas y el tiempo (medido en minutos, días, semanas, meses...) en el eje de abscisas, de modo que asociada a cada actividad se muestra su correspondiente duración. A menudo la distribución de las actividades se realiza secuencialmente y relacionando verticalmente entre sí las actividades que presentan alguna relación temporal o lógica:

Se utilizan tres tipos de dependencias atendiendo a su obligatoriedad para definir la secuencia entre las actividades.

- **Dependencias obligatorias:** son inherentes a la naturaleza del trabajo e implican limitaciones físicas. También se denominan lógica dura.
- **Dependencias discrecionales:** se encuentran totalmente documentadas, ya que pueden producir valores arbitrarios de holgura total y pueden limitar opciones posteriores de programación. Se denominan lógica blanda y se basan en el conocimiento de buenas prácticas dentro de un área de aplicación determinada aunque existan otras secuencias aceptables, o en una experiencia previa sobre el mismo tipo de trabajo.
- **Dependencias externas:** implican una relación entre las actividades del proyecto y las actividades que no pertenecen al proyecto. Expresan dependencia de una fuente externa: suministros, informes gubernamentales, Se basan en información histórica, en contratos, informes jurídicos...

A su vez pueden clasificarse atendiendo a su condicionamiento temporal:

- **Inicio a Inicio:** el inicio de la actividad condiciona el inicio de una segunda.
- **Fin a Inicio:** la finalización de una actividad condiciona el inicio de una segunda.
Las más habituales
- **Inicio a Fin:** el comienzo de una actividad condiciona el fin de otra (poco usual).
- **Fin a Fin:** el fin de una actividad condiciona el fin de una segunda.

El trazado de estas relaciones limita una de las principales características de los diagramas de barras: su facilidad de interpretación. De hecho no suelen usarse más que las relaciones Fin a Principio, empleándose el resto en los sistemas reticulares.

2.5.1.2 Sistemas reticulares y camino crítico

También conocidos como redes de camino crítico (CPM), se trata de un método de planificación desarrollado por la corporación DuPont. Estos sistemas son la base de las metodologías más extendidas en la planificación de proyectos. Se trata de una herramienta más compleja que los gráficos de barras, pero también más potente, puesto que permite una mejor gestión de las interrelaciones entre actividades y una cuantificación más detallada de la duración de las mismas.

Para ello dentro del desglose de actividades se identifican las actividades críticas, aquellas que no se pueden retrasar sin poner en peligro la conclusión del proyecto. Son estas actividades las que requieren una mayor atención por parte de la dirección del proyecto, así como mayores recursos económicos, personales y materiales cuando estos escasean.

Los sistemas reticulares presentan frente a los gráficos de barras la capacidad de ayudar a la asignación de precios y costes durante la planificación e incluso a la aparición de actividades que podrían quedar excluidas del desglose de actividades (EDT) de no usar este método. En definitiva, permite un análisis más exhaustivo de la planificación.

Pueden distinguirse dos tipos de redes reticulares: de flecha y de precedencia, y en estas últimas redes puede manejarse además del método tradicional, la técnica PERT:

2.5.1.2.1 Redes de flecha (ADM, Arrow Diagram Method)

Emplean flechas para señalar las actividades entre acontecimientos (nodos del diagrama) y permiten un rápido bosquejado de la planificación. Son útiles en los primeros momentos de la planificación. Cada acontecimiento dentro del proyecto se representa con un círculo, y a su vez las actividades (propias de la EDT) que llevan al proyecto de un acontecimiento al siguiente se representan con una flecha entre ambos.

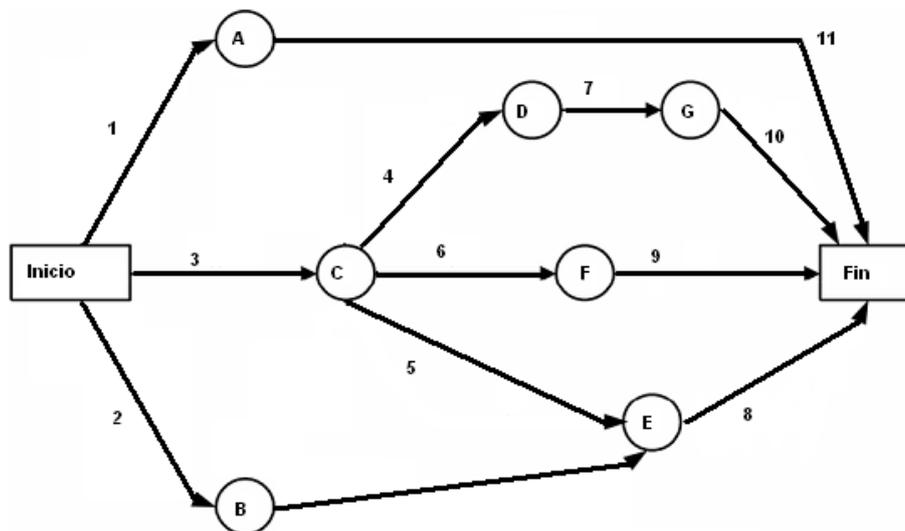


Figura 8. Red de flechas

La norma general para “leer” o “escribir” una red de flechas es que la actividad que parte del acontecimiento “X” no comienza hasta la finalización de las actividades que propician ese acontecimiento (dándose por hecho que se empleen tan sólo relaciones fin-inicio).

Análisis temporal

El objetivo del análisis temporal es calcular la menor duración para la realización del proyecto teniendo en cuenta las limitaciones temporales y lógicas entre actividades, y determinar qué actividades deben gozar de la máxima prioridad. Sobre cada una de las flechas (actividades) de la red se escriben el nombre y la duración expresada en la unidad de tiempo más conveniente, y que una vez establecida será utilizada en toda la red.

En primer lugar se recorre la red de izquierda a derecha para determinar cuales son los momentos de principio y fin de cada actividad hallando de este modo el camino más largo y más corto para completar el proyecto (suponiendo se cumplan las duraciones estimadas), y determinando los momentos de principio y fin para cada actividad.

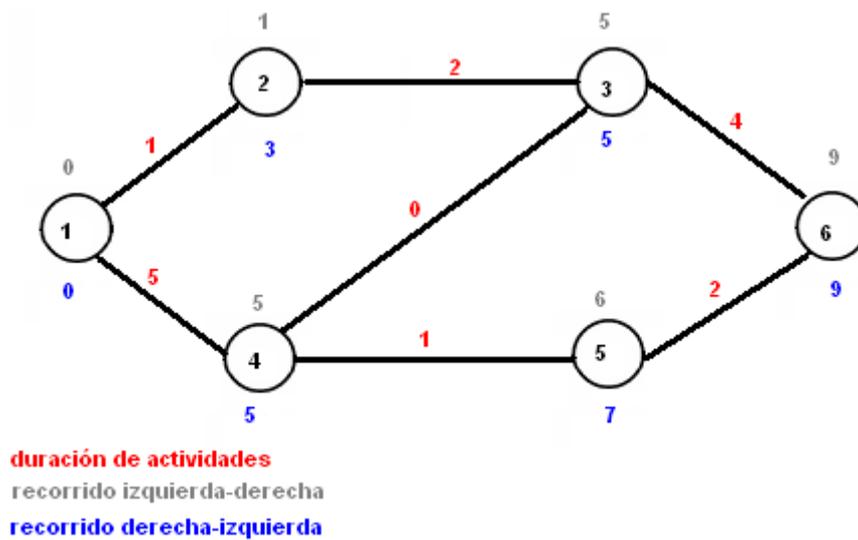


Figura 9. Aplicación de CPM sobre red de flechas (I)

En segundo lugar haremos el recorrido inverso, de derecha a izquierda, determinando en este caso cuales son los márgenes de retraso de cada acontecimiento y por tanto de comienzo o fin de cada actividad. Estos márgenes se conocen como holgura de la actividad. La holgura total de una actividad es por tanto, la diferencia entre los tiempos máximo y mínimo de cada actividad.

Para establecer el camino crítico, formado por las actividades críticas del proyecto, no hay más que recorrer la red de principio a fin a través de aquellos acontecimientos cuya holgura sea cero, es decir, no puedan retrasarse para no dilatar la duración del proyecto.

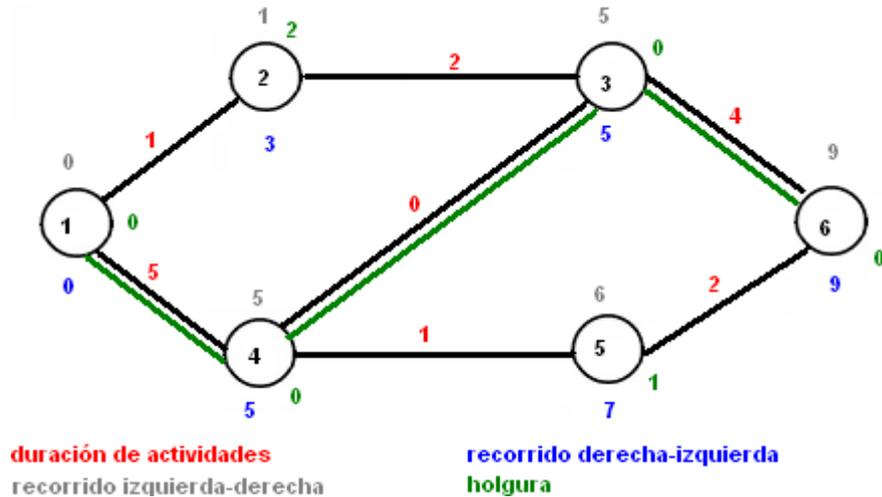


Figura 10. Aplicación de CPM sobre red de flechas (II)

2.5.1.2.2 Redes de precedencia (PDM, Precedente Diagram Method)

También denominadas diagramas lógicos, son empleadas por el software de gestión de proyectos. Redes más complejas que las de flechas, pero más sencillas de introducir en un ordenador, ofrecen un mayor detalle de relaciones entre actividades.

La notación empleada en este caso es menos intuitiva: cada actividad recibe una serie de parámetros que la caracterizan: número de identificación (que permite el procesamiento informático), vínculo de la actividad precedente, vínculo de la actividad posterior, inicio temprano, fin temprano, inicio tardío, fin tardío, duración estimada y holgura total. A pesar de emplearse flechas en la representación de estas redes para unir las actividades, estas carecen de información relevante, puesto que esta está contenida en los parámetros de cada elemento de la red.

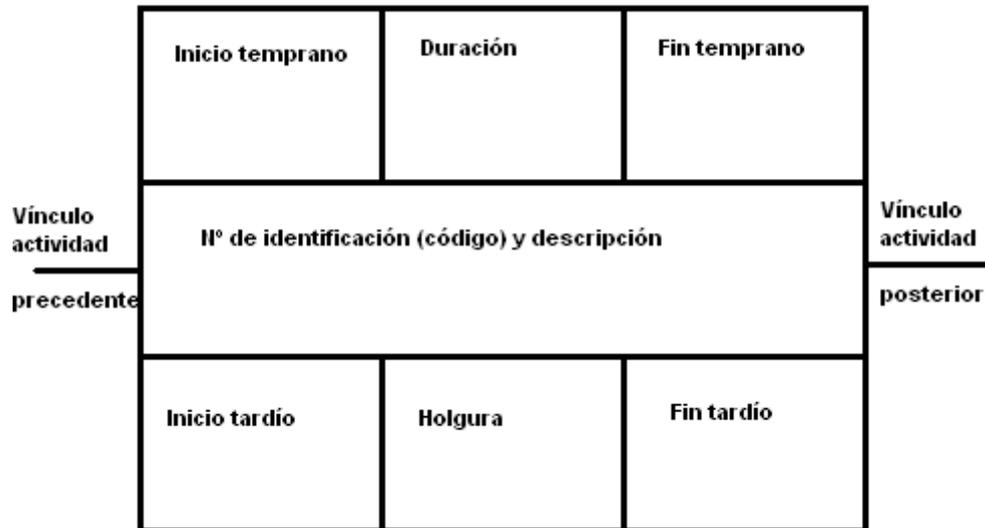


Figura 11. Estructura básica de datos de una actividad en un diagrama de precedencia

En este tipo de redes, suele ser necesario crear un par de actividades irreales de principio y fin para evitar que la red tenga varios puntos partida y finalización que podría generar problemas en el procesamiento informático y por tanto en el análisis temporal.

Análisis temporal

La finalidad de este análisis y su modo de funcionamiento son idénticos a los expuestos para redes de flechas, realizando el análisis de izquierda a derecha y viceversa y estableciendo los momentos de inicio y fin de cada actividad, la duración máxima y mínima del proyecto, las holguras de cada actividad y por último el camino crítico del proyecto.

Al margen del tipo de red utilizado puede hacerse varias consideraciones adicionales que permiten bien simplificar el proceso de planificación mediante redes, bien lograr mayor detalle en la planificación:

- **Grado de detalle:** dependerá de la magnitud del proyecto de su duración, unidades de tiempo elegidas, cantidad de conocimientos disponibles y finalidad de la red, y de la manejabilidad necesaria de la red.

Así mismo dependerá de la *responsabilidad* de las actividades: si la responsabilidad recae sobre otro departamento o sobre varios la actividad en cuestión requerirá un mayor grado de detalle o su división en dos actividades separadas para reflejar esta característica y permitir reflejar esta característica en la red.

Otro factor que puede determinar un mayor o menor detalle de actividades es el coste asociado a cada actividad, especialmente si se trata de una planificación mediante una red de precedencia, dado que el software de creación de estas suele incluir un campo de coste que posibilita la elaboración de informes que fijan las fechas de estos costes (calendarios de costes), y que por tanto requieren un mayor detalle de red.

- **Actividades de corta duración:** con una duración muy inferior al resto de las que componen el proyecto, como por ejemplo reuniones. Eliminarlas puede significar un ahorro de tiempo, y de cálculo computacional elevado a cambio de una muy pequeña pérdida de precisión. No obstante hacer uso de esta consideración viene determinado en gran medida por la correcta elección de la unidad de tiempo de la red y que en todo caso, existen actividades que aunque de corta duración son imperativamente necesarias, como por ejemplo la obtención de permisos de obra.
- **Subdivisión en redes de menor tamaño:** Un desglose pormenorizado de las actividades y su proyección sobre una red puede ofrecer una enorme precisión y a la vez acarrear una enorme dificultad de seguimiento, una completa ineficacia para la toma de decisiones rápidas, o la imposibilidad de una vista general del proyecto. Una posible solución es el diseño de redes jerárquicas que permitan observar el proyecto desde diferentes niveles de modo que los niveles inferiores estén incluidos en los superiores conservando estas las características plenas de los primeros. Uno de los esquemas más intuitivos para realizar esta tarea, y también de los más implementados es el árbol que resume las características en duración, relación, holgura y secuenciamiento de las ramas que lo componen.
- **Actividades imaginarias o de conexión:** existen circunstancias en las que una actividad de la red puede tener un vínculo lógico con una actividad de otra red. La necesidad de identificar las actividades de conexión surge con frecuencia cuando la red del proyecto ha sido dividida en subredes más pequeñas y estas han quedado separadas para su tratamiento independiente, cuando en realidad no lo son. En estos casos puede introducirse esta actividad imaginaria dentro de la red, que si bien, no existe si la condiciona por cuestiones lógicas. Un ejemplo de ello es la actividad entre los acontecimientos 4 y 3 de la figura 10.
- **Hitos:** dentro de la red, que recordemos permite el seguimiento y control del proyecto han de proporcionarse puntos intermedios que sirvan como referencia. Estas actividades importantes se llaman hitos, y no tienen por qué coincidir con las actividades del camino crítico del proyecto.
- **Revisión de plazos y cambios en la planificación:** tal y como se ha explicado en el análisis temporal de los sistemas reticulares el primer paso es analizar la red de izquierda a derecha, o lo que es lo mismo, de principio a fin. Una vez hecho esta se obtiene la duración mínima del proyecto que de entrada puede resultar excesivamente tardía para los requerimientos del proyecto. De las 3 restricciones, coste, tiempo y calidad, en este caso nos encontramos con que es el tiempo el elemento discordante con los objetivos marcados para el proyecto. Por tanto se plantean dos posibilidades: bien aumentar el coste, o bien disminuir la calidad del proyecto:
 - El aumento de coste mediante trabajo intensivo no es deseable puesto que el valor del proyecto se mantiene constante y disminuye el margen de beneficios.
 - La disminución de calidad choca con las condiciones impuestas para la resolución del proyecto (por ejemplo, pueden estar reflejadas en un pliego de condiciones o un contrato firmado con el cliente).

Por tanto cabe repasar un último detalle: replantearse las relaciones entre actividades y afinar estas mediante el uso de relaciones complejas que probablemente no se emplearon en el diseño de la planificación inicial. Por ejemplo la inclusión de relaciones principio a principio propicia la puesta en marcha de *fast tracking* consistente en trabajar actividades en paralelo.

- **Previsión de limitación en recursos materiales:** La planificación plantea la estimación de duración las actividades estimadas sometidas a secuenciación o una estimación lógica, pero no considera la posible escasez de recursos materiales y las limitaciones adicionales que ello conlleva. Esto se tiene en cuenta tras la planificación en una fase independiente llamada programación.
- **Plantillas de Red del Cronograma:** como ya se planteó en el apartado de creación de la EDT, en caso de existir experiencias similares, pueden utilizarse plantillas para acelerar la preparación de redes de actividades del cronograma del proyecto. Las plantillas pueden abarcar un proyecto completo o partes de él (subred) que se denominan subproyectos.

2.5.1.2.3 Técnica PERT

La Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (Program Evaluating and Review Technique PERT) fue desarrollada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en 1958, y se trata de un método de análisis de las tareas involucradas en el desarrollo de un proyecto dado, especialmente el tiempo para completar cada tarea. El objetivo principal del método PERT es identificar el tiempo mínimo necesario para completar el proyecto en su globalidad.

Actualmente cada compañía tiene su propio modelo de gestión de proyectos pero todos suelen guardar relación con PERT o con el método del camino ruta crítica, (CPM) que ya hemos visto, desarrollado prácticamente en paralelo a finales de los cincuenta y con el que coincide tanto en concepto como en metodología.

A continuación veremos la redes PERT, que en esencia son iguales a las redes de flechas o de precedencia que hemos visto en el método del camino crítico en el que los nodos representan instantes de tiempo (acontecimientos) y las flechas actividades.

Redes PERT

Como ya se ha comentado existe gran similitud con las redes empleadas en el método del camino crítico, sin embargo, a diferencia de estas que trabajan con tiempos determinísticos, las redes PERT trabajan con tiempos probabilísticas o estocásticos. Por tanto el diseño de una red PERT es similar al de una red CPM: se establecen las actividades que componen el proyecto, la duración de cada una y el orden de precedencia entre ellas (para ello puede emplearse la EDT de programa como fuente de información).

Existe, pues, una estrecha relación entre el PERT y el CPM. Ambos permiten reducir la incertidumbre sobre las decisiones que tiene que tomar la dirección mediante el

acotamiento del tiempo de ejecución del proyecto. Con ambas técnicas se trata, por consiguiente de encontrar una duración mínima de ejecución del proyecto, lo cual además asegura que el coste total sea mínimo dado que la duración del proyecto es proporcional a los recursos dedicados al mismo. Cabe, pues, diferenciar tres posibles enfoques de aplicación del método PERT:

- PERT/Cost, cuya finalidad es la mejora u optimización en la ejecución del proyecto y el empleo de los recursos, determinando aquella duración que siendo la menor posible le corresponda, a su vez el mínimo coste, y
- el PERT/Control, cuya finalidad es el seguimiento y control de la ejecución del proyecto
- PERT/Time: cuya finalidad es el conocimiento del tiempo de ejecución del proyecto y de todas las actividades que lo integran.

Duración de una Actividad

En PERT se estima que la duración esperada de una actividad es una variable aleatoria de distribución de probabilidad Beta Unimodal. Este tipo de distribución se emplea para modelar eventos cuya duración esta restringida a un intervalo definido mediante unos valores mínimo y máximo. En este caso se emplea una aproximación para el caculo de su media y desviación estándar. En el caso de la media tenemos que:

- t_a = es el tiempo optimista. El menor tiempo que puede durar una actividad.
- t_m = es el tiempo más probable de duración de la actividad. Este se correspondería con el tiempo empleado en CPM.
- t_b = es el tiempo pesimista. El mayor tiempo que puede durar una actividad incluyendo desperfectos en el equipo, disponibilidad de mano de obra, retardo en los materiales y otros factores.
- t_e = es el tiempo esperado para una actividad, obtenido como media a partir de los anteriores a través de la siguiente expresión:

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

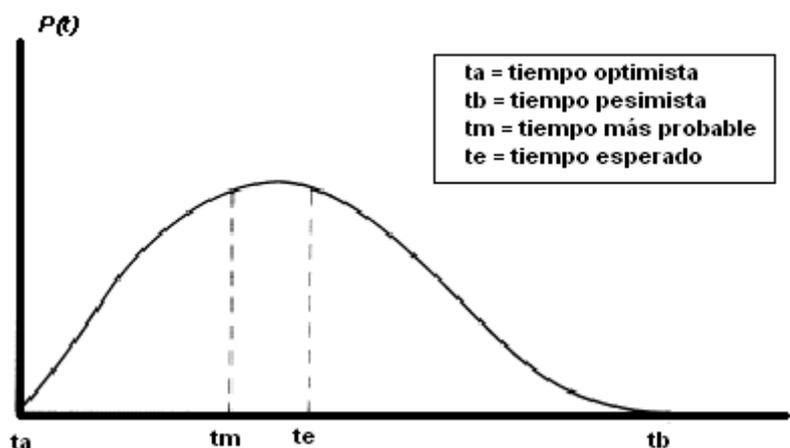


Figura 12. Distribución de probabilidad de una actividad y estimación PERT

la varianza está dada por:

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_b - t_a}{6} \right)^2$$

y la desviación estándar:

$$\sigma = \left(\frac{t_b - t_a}{6} \right)$$

Duración y variabilidad de la duración de un proyecto

Una vez se establece la duración probabilística de cada una de las actividades que componen el camino crítico, se tienen que el tiempo esperado de finalización del proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica.

$$t_{\text{proyecto}} = \sum t_e$$

De modo similar, suponiendo que las distribuciones de los tiempos de las actividades son independientes (aunque se trata de una suposición cuestionable), la varianza del proyecto es la suma de las varianzas de las actividades del camino crítico. Se tiene entonces que la varianza y la desviación estándar de la duración esperada del proyecto están dadas por:

$$\sigma_t^2 = \sum \text{Varianza}_{\text{actividades}_{\text{proyecto}}}$$

$$\sigma_t = \sqrt{\sum \text{Varianza}_{\text{actividades}_{\text{proyecto}}}}$$

PERT-COST/CPM

La realización de las diversas actividades del proyecto implica un coste fruto de la utilización de recursos. Este método emplea la separación entre diferentes tipos de costes que pueden ser directos, o indirectos, y cuya suma ofrece el coste total. Si se relacionan los diferentes costes de cada actividad con su correspondiente duración resulta fácil entender que el comportamiento de los mismos respecto del tiempo es bien diferente:

- *Costes directos*: derivan, principalmente, de los costes de mano de obra, materiales y equipos. Un aumento de la duración del proyecto supone un descenso de los costes directos, y tratar de reducir el tiempo de ejecución de una actividad puede motivar:
 - Incremento lineal del coste (Fig. 13.A): derivado de un aumento de los recursos utilizados;

- Costes constantes (Fig. 13.B): no varían con el tiempo, por ejemplo actividades subcontratadas;
- Aumento brusco del coste directo (Fig. 13.C): por vencimiento de períodos;
- Incremento proporcional del coste (Fig. 13.D): a medida que se reduce el tiempo. Se produce en actividades con ciertas limitaciones que impiden que un incremento en los recursos asignados produzca un rendimiento proporcional;
- Relaciones discontinuas coste-tiempo (mod. 13.E): en actividades de tiempo de reparto, donde existe un coste para el tiempo corriente y otro para el urgente.

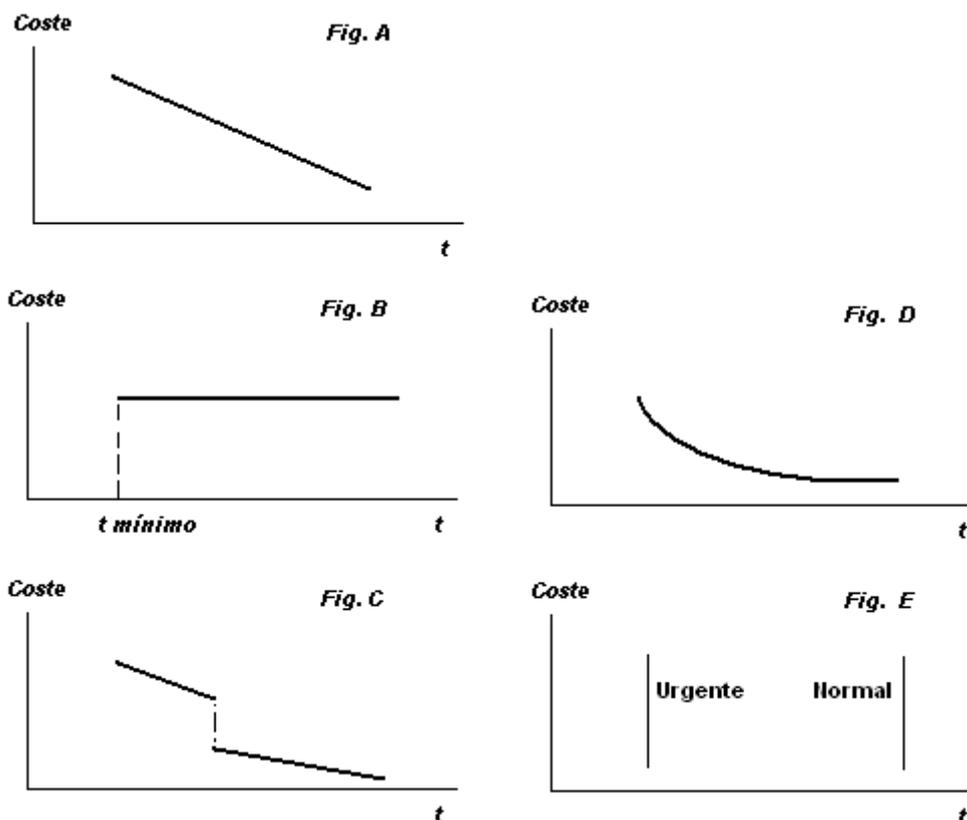


Figura 13. Costes directos en función del tiempo

- *Costes indirectos:* son los gastos generales, los de supervisión e intereses, Esta clase de costes suele variar a medida que aumenta el tiempo de realización de la actividad. El coste indirecto generalmente se puede suponer como directamente proporcional a la duración del proyecto. ($C_i = f(T_{\text{proyecto}})$).

El coste total C es, por tanto, la suma del coste directo (C_d) y del coste indirecto (C_i), es decir,

$$C = C_d + C_i$$

y cuya representación gráfica, costes directos, indirectos y totales es, es:

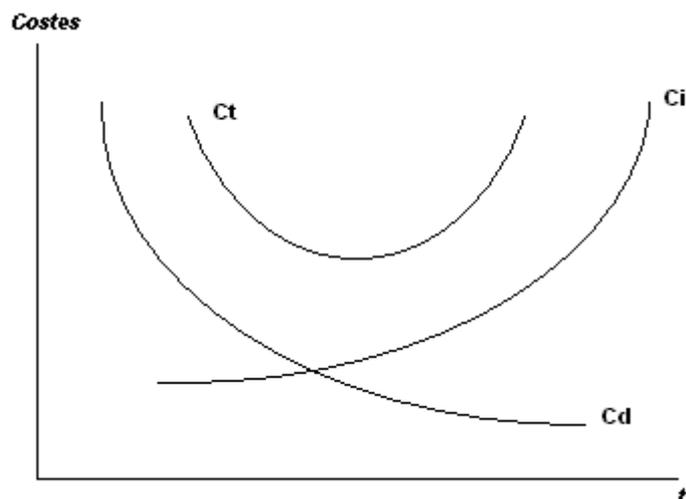


Figura 14. Costes directos, indirectos y totales en función del tiempo

En la figura 14 puede verse que existe una duración que hace mínimo el coste total, como resultante de la suma de coste directo e indirecto que corresponde a una actividad determinada.

Por tanto con este método se persigue una duración del proyecto que permita alcanzar un mínimo en los costes totales. Para ello se requiere un análisis de las actividades críticas del proyecto que en este caso se denominan de este modo atendiendo tanto a su duración como a la variación de su coste con el tiempo. Además al emplear este método se realiza la asunción de que el coste asignado a una determinada actividad es uniforme durante la duración de la misma.

Por ejemplo podemos establecer un proyecto dividido en 11 actividades entre las que existen una serie de relaciones de precedencia fin-inicio, y a las que se ha asignado unas duraciones con sus correspondientes precios, y una serie de duraciones de urgencia con su correspondiente precio, que obviamente es mayor al precio usual.

Nº de actividad	Nombre	Predecesores	Tiempo normal	Tiempo urgente	Coste normal	Coste urgente
1	1		6	4	100,00 €	240,00 €
2	2		2	1	100,00 €	150,00 €
3	3	1	3	3	- €	- €
4	4	2	2	2	- €	- €
5	5	3	4	2	100,00 €	180,00 €
6	6	4	1	1	- €	- €
7	7	5;6	1	1	- €	- €
8	8	7	6	3	100,00 €	160,00 €
9	9	8	3	2	100,00 €	140,00 €
10	10	8	1	1	- €	- €
11	11	9;1	1	1	- €	- €

Tabla 3. Ejemplo PERT-Cost. Listado de tareas

Siguiendo el análisis del camino crítico determinado por las actividades 1,3,5,6,7,8,9 y 11 (amarillo) que se completarían en 6,9,13,14,15,21,24 y 25 unidades de tiempo

(semanas por ejemplo) correspondientemente, se obtendría la menor duración del proyecto y por tanto la máxima reducción de costes directos. Si se decidiese seguir el inicio más temprano o el más tardío intercalando actividades en tiempo normal y tiempo urgente (naranja), se obtendría la siguiente tabla:

Nº de actividad	Nombre	Tiempo normal	Tiempo urgente	Inicio temprano	Fin temprano	Inicio tardío	Fin tardío	Holgura
1	1	6	4	0	6	0	6	0
2	2	2	1	0	2	6	8	6
3	3	3	3	6	9	6	9	0
4	4	2	2	2	4	8	10	6
5	5	4	2	9	11	9	11	0
6	6	1	1	4	5	10	11	6
7	7	1	1	11	12	11	12	0
8	8	6	3	12	15	12	15	0
9	9	3	2	15	17	15	17	0
10	10	1	1	15	16	16	17	1
11	11	1	1	17	18	17	18	0

Tabla 4. Ejemplo PERT/Cost. Inicio temprano y tardío

La actividad nº 2 por ejemplo tiene una holgura de 6 unidades de tiempo (semanas) sin afectar a la duración del proyecto en su totalidad.

Las representaciones del inicio más temprano y más tardío del coste incurrido en función del tiempo son las siguientes:

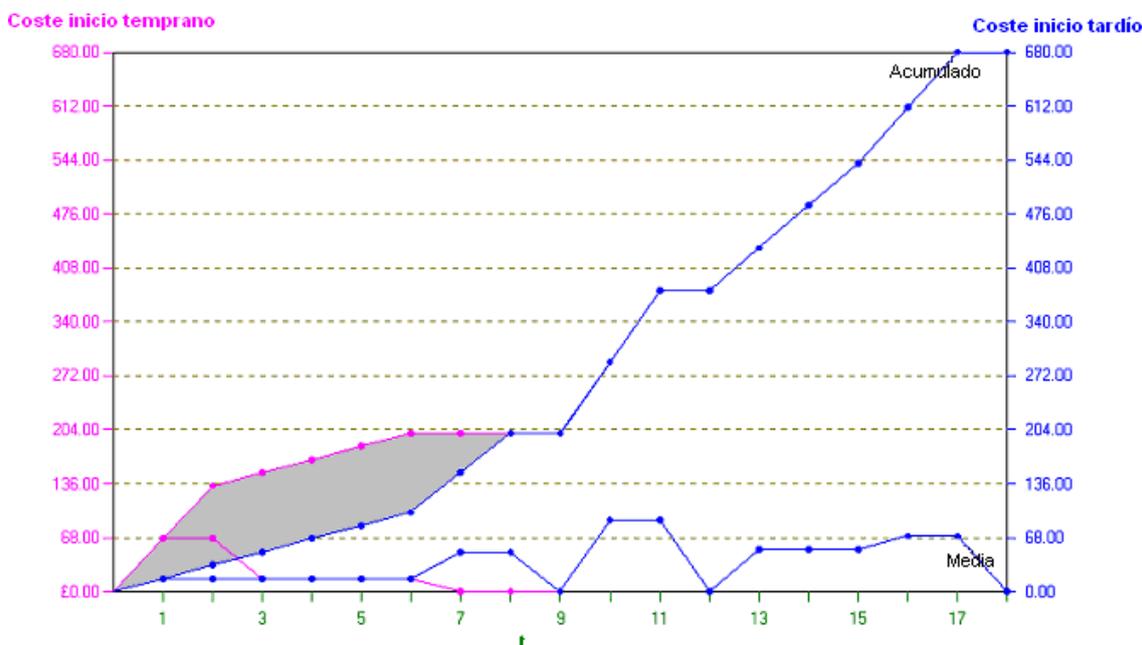


Figura 15. Ejemplo PERT-Cost. Inicio temprano y tardío

La diferencia que en cada instante de tiempo existe entre las líneas de inicio más temprano y más tardío representa la flexibilidad de costes que puede ser ajustada mediante el comienzo de las actividades no-críticas (siguiendo el criterio CPM). No

obstante y aunque a primera vista sea deseable no incurrir un coste hasta que este no sea necesario se ha de resaltar que el hecho de retrasar un coste supone retrasar el comienzo de una actividad lo cual en caso de existir un error de planificación supondrá una pérdida de tiempo irrecuperable.

No obstante en la práctica se suelen tomar decisiones intermedias que permitan alcanzar un equilibrio entre tiempo y coste (dos de las restricciones de cualquier proyecto) como ya se ha visto en la tabla 4 y la figura 15.

2.5.2 Resultados de la planificación temporal

- **Cronograma del Proyecto:** que incluye la secuencia de actividades desarrollada, con fecha de inicio y fecha de fin planificadas para cada actividad y en ocasiones puede incluir también fechas de inicio y fin objetivo para cada actividad del cronograma. La representación más común del cronograma es de forma gráfica, aunque también puede presentarse tabulado. De forma gráfica suele presentarse con tres formatos:
 - *Diagramas de red:* como las ya vistas en sistemas reticulares
 - *Diagramas de barras:* (diagramas de Gantt) unas barras representan las actividades, muestran las fechas de inicio y fin de las actividades, así como las duraciones esperadas y en ocasiones las relaciones lógicas entre ellas. Los diagramas de barras son relativamente fáciles de leer.

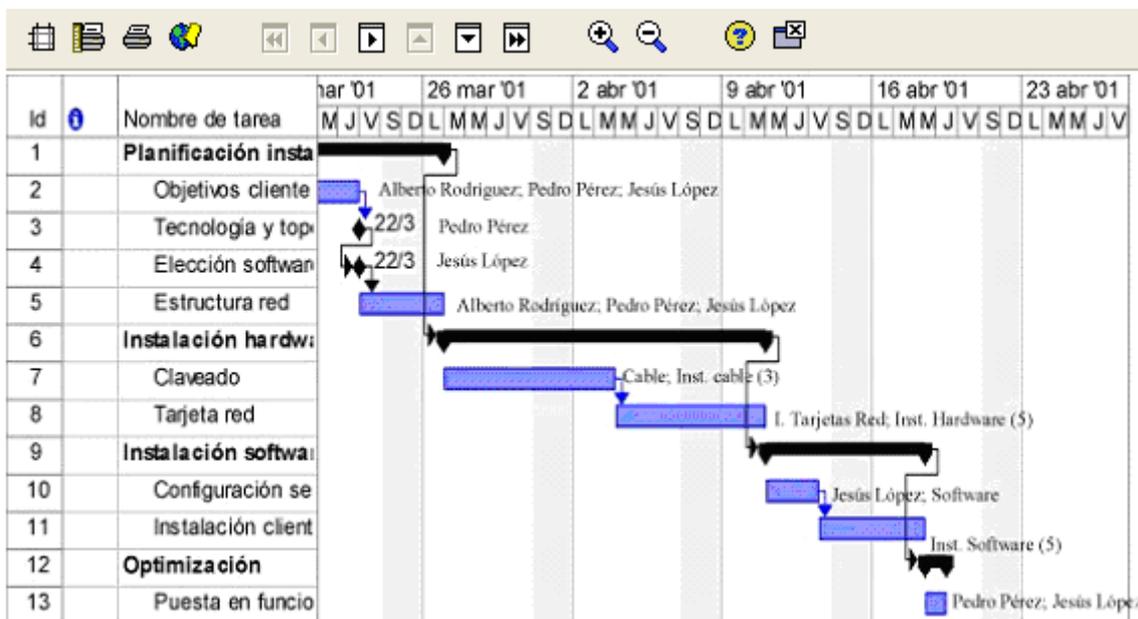


Figura 16. Diagrama de tiempos con interdependencias

- *Diagramas de hitos:* estos diagramas son similares a los diagramas de barras, pero sólo identifican el inicio o la finalización programada de los hitos del proyecto o de productos entregables más importantes de cada fase.
- **Control integrado de cambios:** al igual que en la realización de la EDT de nuevo se han de reflejar los cambios solicitados y aprobados durante la planificación del proyecto.
- **Línea Base del Alcance:** en caso de haberse producido algún cambio en el alcance se puede actualizar la línea base de alcance, o al menos crear una nueva línea base.
- **Línea Base de cronograma:** supone una imagen fija del cronograma del proyecto, que permite realizar comparativas del desarrollo del proyecto en diferentes momentos.

2.6 Gestión de costes del proyecto

Como ya vimos en el apartado de proyectos de ingeniería, la gestión de costes de un proyecto se enmarca en los procesos de planificación y seguimiento-control del proyecto (fases de planificación y control), en el área de conocimiento de costes.

Cuando hablamos de Gestión de los Costes del Proyecto nos referimos al conjunto de actividades que permiten la estimación, la preparación de un presupuesto y el control de los costes asignados al proyecto que conforman el presupuesto. Estas tres componentes de la gestión de costes no son independientes entre sí, si no que se prestan a interactuar de modo que mejoran la toma de decisiones: menor coste y tiempo de ejecución; mayor rendimiento y por tanto calidad del producto o servicio entregable.

La Gestión de los Costes del Proyecto se ocupa de dos cuestiones básicas para el desarrollo de un proyecto:

- el coste de los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, previo a la puesta en marcha de este (llevado a la práctica en la Estimación y la Preparación del presupuesto de costes).
- el efecto de las decisiones tomadas durante la resolución del proyecto (llevado a cabo en el Control de costes).

La *Estimación de Costes*, propia de la fase de definición y alcance, consiste en una aproximación del coste que supondrán a su vez los recursos estimados para la realización del proyecto.

La *Preparación del Presupuesto de Costes* se obtiene mediante la estimación por separado de los costes de actividades individuales (identificadas en la EDT) o, en su defecto, de conjuntos de las mismas, para finalmente sumarlas y alcanzar una línea base de coste. Se lleva a cabo durante la planificación del proyecto.

En proyectos pequeños (de pequeño alcance), tanto la estimación como la preparación del presupuesto de costes se consideran un proceso único, corto y a realizar por una sola persona. No obstante en procesos de mayor alcance y teniendo en cuenta que herramientas, técnicas y sobre todo información disponible para su realización difieren entre sí debe establecerse diferenciación entre ambos.

Por último al realizar el **Control de Costes** (fase de control) se tratarán de manejar los distintos parámetros que puedan producir una variación en el coste y por tanto mantener bajo control posibles cambios en el presupuesto del proyecto con los que obviamente la posibilidad de influir sobre el coste total es mayor en las primeras etapas del proyecto. Por ejemplo localizar un error durante las fases de ejecución o entrega puede suponer un gran aumento de los costes; mientras que la detección del error durante el diseño apenas supondría incremento en el cómputo total del proyecto.

Cada una de estas tres componentes de la gestión de costes debe realizarse al menos una vez en cada proyecto, y, como ya hemos visto, su realización será llevada a cabo por una o varias personas pertenecientes al departamento que lleve a cabo el desarrollo del proyecto, y las áreas funcionales de planificación y control, de administración y control de costes, poniendo de relevancia con tamaño implicación la importancia de esta tarea.

La Gestión de los Costes del Proyecto también contempla la necesidad de información de los interesados en el proyecto quienes medirán los costes del proyecto en diferentes maneras y momentos. Por ejemplo, el coste de material cuya compra es necesaria o la subcontratación de un servicio pueden medirse al tomar la decisión de su adquisición, cuando se realiza el pedido, cuando se entrega el elemento, cuando se incurre el coste real o cuando se registra el mismo para la contabilidad del proyecto.

2.6.1 Parametrización de la gestión de costes

Antes de comenzar un análisis de la gestión de costes en sí, conviene establecer que parámetros lo condicionan en función de sus propias características o necesidades. Estos suelen ser fijados en la fase de planificación como paso previo a la estimación de costes:

- **Unidades de medida:** usadas en las mediciones de las tareas o actividades: horas de trabajo, días, semanas...Es importante emplear unidades referidas al trabajo realizado por un individuo, por ejemplo horas/persona, puesto que mientras el trabajo realizado se mantiene constante, el salario recibido o el coste del trabajo varía con el tiempo (por ejemplo por subida interanual de sueldos). El paso a unidades monetarias se contempla como un proceso secundario (simple multiplicación $\text{horas/persona} \cdot \text{coste/hora} \cdot \text{n}^\circ \text{ de personas}$) dentro de la gestión de costes.
- **Precisión:** consistente en el redondeo de datos según una precisión establecida de antemano. Vendrá determinado por el grado de control que se desee sobre los costes del proyecto y por la magnitud y alcance de las actividades. Por último cabe señalar que la precisión de costes en la mayor parte de las ocasiones vienen determinada por la moneda en que se calcula la producción del proyecto (costes e ingresos) (por ejemplo empleando el euro, la precisión más habitual será la establecida por los céntimos).

En algunos casos resulta útil establecer márgenes de precisión asimétricos (o redondeos asimétricos), por ejemplo entre un -10% y un +50% (permitiendo inflar la estimación), de modo que la precisión se pueda personalizar en función de posibles riesgos del proyecto.

- **Umbral de control:** para el seguimiento de los costes. Puede establecerse en forma de hitos temporales, por ejemplo en concordancia con los productos entregables intermedios más importantes. Sin embargo dado que el espaciamiento entre hitos no tiene por que ser constante, suele imponerse un período de control semanal, o mensual en que elaborar reportes de producción.
- **Cuentas de control:** el componente de la EDT usado para la contabilidad del coste del proyecto se denomina cuenta de control. Cada cuenta de control puede incluir uno o más paquetes de trabajo, pero cada paquete de trabajo sólo puede estar asociado con una cuenta de control, la cual recibe un código o un número de cuenta quedando vinculada directamente con el sistema de contabilidad de la organización. En la cuenta de control puede introducirse tanto la estimación de costes, como su presupuesto. Las modificaciones de su contenido suponen una replanificación presupuestaria (control de costes).
- **Reglas de valor ganado y cálculo de producción:** se trata de la definición de las fórmulas de cálculo del valor ganado; el establecimiento de los criterios de cálculo de producción; y por último la definición del nivel de jerarquía dentro de la EDT al cual se realizará el análisis de producción.
- **Categorías de costes:** el modo habitual de establecer tipos de coste es el ya visto en el apartado de planificación PERT/Cost, y que al aplicarse requiere un conocimiento práctico de la contabilidad de costes de la organización, en los que generalmente se pueden distinguir siempre:
 - *los costes directos, o de mano de obra directa (MOD y OCD)* que son aquellos que se puede atribuir directamente al proyecto (por ejemplo horas de mano de obra multiplicadas por su correspondiente coste), y a los que también se añaden las contribuciones sociales y prestaciones no salariales. Suelen ser a su vez costes variables puesto que varían con el ritmo de trabajo del proyecto.
 - *los costes indirectos* son los gastos generales de la organización (gestión, administración, alojamiento, electricidad, viajes...). Son gastos que se acumulan a un ritmo fijo independientemente del ritmo de trabajo y por tanto se denominan gastos fijos.

Cabe señalar que la identificación coste directo igual coste variable y coste indirecto igual a coste fijo, si bien no es cierta (habría de estudiarse el caso concreto), si es muy aproximada a la realidad.

- **Formatos de informe:** estos deben presentar homogeneidad respecto a los empleados en otras fases del proyecto, y especialmente respecto de la estructura de desglose de tareas del proyecto, puesto que de esta forma podrán planificarse y controlarse los costes, resultando un informe detallado con el total de las actividades, su duración y su coste.

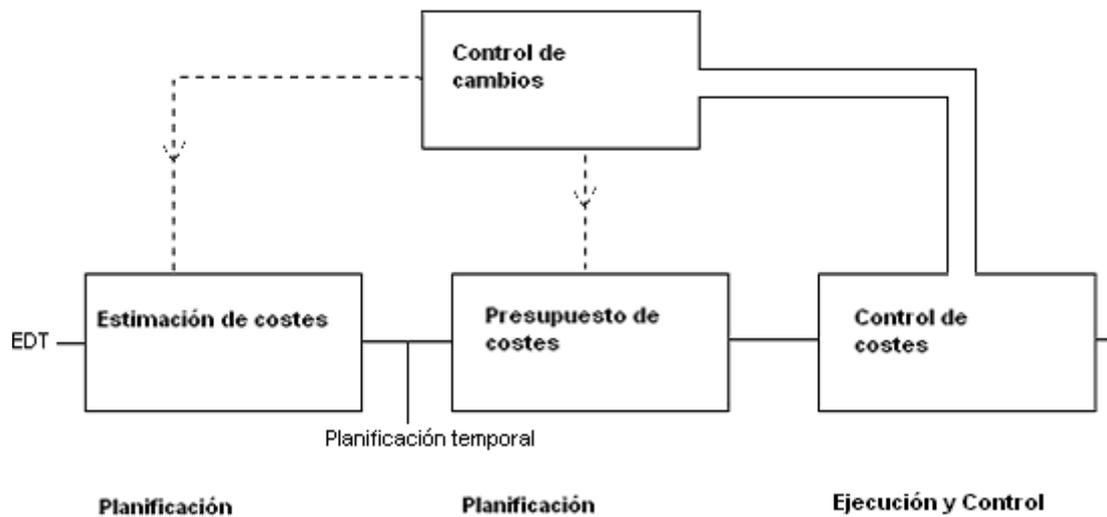


Figura 17. Diagrama de Flujo de Procesos de Gestión de Costes del Proyecto

2.6.2 Estimación de Costes

La estimación de costes del proyecto es llevada a cabo durante la fase de planificación del proyecto, y se realiza de forma cuantitativa sobre todas las actividades consideradas en la EDT del proyecto en lo referido a materiales, equipos, personal, instalaciones, servicios contratados; y sobre otros conceptos financieros en el entorno de desarrollo del proyecto a tener en cuenta como pueden ser inflación, valor actual de costes/ingresos, fluctuaciones en el valor de material, uso de monedas extranjeras o contingencias. Para el correcto tratamiento y consideración de estos conceptos financieros se ha de realizar un estudio previo de riesgos bien al realizar la estimación de costes, o bien antes del comienzo mismo del proyecto, al tomar la decisión de afrontar el proyecto (proceso de oferta).

Un posible error en la estimación o una variación de la misma, repercutirá en mayor medida sobre los beneficios obtenidos en el proyecto. Veámoslo con un ejemplo: en un proyecto con un coste estimado de 100.000€ y un beneficio estimado de 10.000€, un aumento de los costes finales hasta 105.000€ supone sólo un aumento del 5% de estos, pero una reducción de los beneficios de 5.000€, lo cual supone una caída en los mismos del 50%.

Al proceso de estimación de costes puede añadirse, y de hecho es recomendable hacerlo, una estimación de los suministros y materiales necesarios y su tiempo de entrega. Se trata de una información a recopilar durante la *programación del proyecto*, pero que puede ser planteada en esta etapa puesto que el personal de estimación de costes de actividad y de control de suministros de las mismas suele ser común.

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Documentación de la organización	Estimación por analogía	Estimaciones de costes

Factores ambientales	Índices de costes de recursos	Información de soporte del cálculo de costes
Alcance del proyecto	Estimación ascendente	Cambios solicitados
EDT y diccionario EDT	Estimación global descendente	Actualización de la EDT (cuentas de control)
Recursos del proyecto	Estimación paramétrica	
Registro de riesgos	Software de gestión	
	Análisis de propuestas y licitaciones	
	Análisis de contingencias	

Tabla 5. Estimación de Costes: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas

2.6.2.1 Información útil para la estimación de costes

Determinar los costes estimados para cada actividad puede ser una labor de complejidad muy variable en función de las características del proyecto, de la experiencia del personal y la información disponible durante la fase de planificación. A continuación se detallan las diferentes fuentes empleadas:

Entre las fuentes ajenas a la propia resolución del proyecto se tienen:

- **Documentación de la Organización:** en caso de existir documentos de información histórica, lecciones aprendidas, disponibilidad de plantillas o esquemas de trabajo... pueden ser utilizadas:
 - *Plantillas de estimación de costes:* propias de la organización y estandarizadas para su uso interno. Siempre existe la posibilidad de mejorarlas durante el desarrollo del proyecto o incluso generar una nueva, adecuada a la singularidad del proyecto en curso.
 - *Información histórica y lecciones aprendidas:* con estimaciones de costes de proyectos similares (alcance, suministros, calidad o plazo). Así mismo podrán emplearse como información archivos detallados de rendimiento realizados por miembros o departamentos de la organización.
 - *Conocimiento del equipo del proyecto:* es de utilidad similar a la información histórica (archivos y lecciones aprendidas) cuenta con menor fiabilidad por no estar contenida en un soporte físico, pero con mayor flexibilidad.
- **Factores Ambientales :** en los que se desarrolla el proyecto, y recursos de ayuda a la estimación de costes disponibles:
 - *Condiciones de mercado:* vigentes en el momento de la estimación: un estudio detallado de los productos y servicios similares en el mercado a los que ofrecerá como resultado el proyecto (qué se ofrece, quién lo hace, cómo se lleva a cabo, cuándo y cuánto supone en precio de coste o venta).
 - *Bases de datos comerciales:* información sobre los costes de materiales y equipos, obtenidas mediante sondeos y estudios propios o externos.

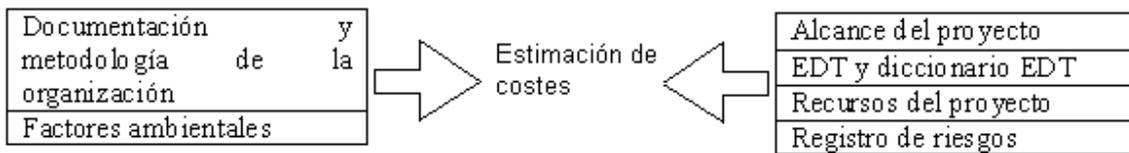


Figura 18. Información de Estimación de Costes

Provenientes del desarrollo del proyecto, pueden emplearse las siguientes fuentes:

- **Alcance del Proyecto:** como ya se ha visto define los límites del proyecto describiendo las necesidades y requisitos del mismo, y puede haber sido modificado en la creación de la EDT.
- **Estructura de Desglose de Trabajo y Diccionario:** proporciona un listado de las actividades, entregables y resultados del proyecto, así como las relaciones entre los mismos. Sirve de base para la realización de la estimación de costes mediante el uso de la cuenta de control asociada a cada actividad.
- **Recursos del Proyecto:** suministra una guía general de los recursos: datos económicos, materiales y de personal. Por ejemplo:
 - financiación: cargos por intereses generados,
 - recursos con coste por unidad de tiempo.
 - contratación de personal y retribuciones regulares.
 - materiales con variaciones de costes estacionales, o con claras tendencias de incremento/decremento de costes (metales).
 - cláusulas que definan penalización por incumplimiento de plazos.
 - procesos tanto de selección como de retribución del personal del proyecto.
- **Registro de riesgos:** En función del área de trabajo se hace necesario un estudio de riesgos, o una estimación de los mismos. Una clasificación posible de los riesgos presentes en el proyecto sería:
 - *Rentabilidad y transcurso del proyecto:* en lo referido a su alcance, calidad, coste o planificación: políticos, impacto social, inflación, financiación, técnicos... Repercuten en el beneficio del proyecto.
 - *Asegurables:* respaldados por pólizas de seguro: naturaleza, accidentes...

Estos riesgos son amenazas que conllevan un riesgo negativo, y en caso de ocurrencia el coste estimado para el proyecto aumentará y/o se producirá un retraso en el cronograma del mismo.

2.6.2.2 Herramientas y Técnicas para la Estimación de Costes

A continuación se enumeran y explican algunas de las principales técnicas y herramientas empleadas para la estimación de costes. Ninguna de ellas describe una metodología estricta sino una manera general de afrontar la estimación:

- **Estimaciones aproximadas:** si la organización ejecutante no tiene estimadores de costes debidamente formados, el equipo del proyecto deberá proporcionar los recursos y la experiencia para llevar a cabo las actividades de estimación de costes del proyecto. En este punto entran en juego las estimaciones personales que podrán ser pesimistas, optimistas o inconstantes, y que habrán de ser ponderadas gracias al conocimiento del personal por parte del director de proyecto. A pesar de parecer un método arbitrario de estimación la utilidad de este procedimiento ha sido probada en la práctica [2]. Estas estimaciones suelen tener una certeza del $\pm 25\%$.
- **Estimación por Analogía:** (o comparativa), cuando el desarrollo del proyecto aun esta en fases tempranas y se dispone de personal con experiencia previa, y de estimaciones realizadas sobre un proyecto similar puede realizarse la estimación por comparación. De este tipo de estimación puede esperarse una certeza del $\pm 15\%$.
- **Determinación de Tarifas de Costes de Recursos:** se trata de una recopilación de información acerca del coste de los recursos empleados para cada actividad:
 - *tarifas de costes unitarios:* coste del personal por hora y el coste del material para estimar los costes de la actividad.
 - *tarifas estándar:* para productos, servicios o resultados obtenidos por contrato. Puede obtenerse por ejemplo de listas de precios de los vendedores o de bases de datos comerciales (internas o externas).
 - *estimaciones de tarifas:* siempre que estas no estén disponibles.
- **Estimación Particular Ascendente:** en este caso se toma la estructura de desglose de trabajo (EDT) del proyecto y desde el nivel más bajo (paquete de trabajo), más detallado de desglose, se realiza la estimación de cada actividad o componente paso a paso de modo que la estimación de nivel superior incluya las estimaciones por debajo de sí misma. Es decir, consiste en la acumulación en niveles superiores de las estimaciones de niveles inferiores de la EDT.
Con esto se persigue una mayor exactitud en las estimaciones, puesto que el error se ve reducido al reducirse el coste de la actividad sobre la cual se realiza la estimación.
- **Estimación Global Descendente:** parte del coste global estimado del proyecto. La raíz del árbol que representa la EDT, y a partir de ese valor y en sentido descendente (hacia un mayor desglose), se van obteniendo los correspondientes a cada producto entregable o paquete de trabajo. Este método permite no perder la referencia del coste total estimado para el proyecto, siempre que este esté limitado.
- **Estimación Paramétrica:** otra opción posible es el uso de fuentes de información recopiladas con anterioridad como pueden ser informes o datos históricos; o con medidas objetivas como pueden ser metros de cable, toneladas de hormigón, horas de trabajo, kilómetros de distancia, líneas de código...y aplicar dicha información sobre un modelo matemático.

Con este método puede graduarse la precisión de la estimación en función del número de variables y la complejidad de estas; las fuentes de información empleadas o la escalabilidad del modelo empleado para analizarlas. Un sencillo ejemplo podría ser la estimación del coste de un anillo de 10 Km. red de fibra óptica conociendo el coste de 1 Km. de fibra, y sabiendo que un anillo anterior de fibra supuso finalmente un coste un 5% mayor del estimado. En este caso el coste del anillo sería diez veces el precio de la fibra del anterior proyecto, más una desviación previsible del 5%. Si el ejemplo introducimos mas variables, como por ejemplo la estación del año en que se tiende la fibra, o el coste de mano de obra, obviamente la estimación sería más precisa.

- **Software de Gestión de Proyectos:** Un punto común de los métodos de estimación de costes empleados en la actualidad es el uso de software: bien hojas de cálculo, bien herramientas de simulación estadística. Permiten simplificar y agilizar en gran medida cualquiera de los métodos de estimación explicado con anterioridad.
- **Análisis de Propuestas para Licitaciones:** en el caso de que el proyecto a realizar deba ganarse en concurso público, o licitación, suele ser necesaria una estimación previa del precio del resultado del proyecto (a valorar por el cliente), es decir del precio de venta, y obtener por tanto un coste que respalde el coste total del proyecto quedando este disponible desde antes de comenzarse los trabajos del mismo.
- **Análisis de contingencias:** muchos estimadores de costes incluyen reservas que permiten exagerar la estimación a fin de gestionar eventos previstos, aunque no seguros, a voluntad del director de proyecto, o del responsable del mismo. Las contingencias forman parte del alcance del proyecto.
Si llevamos esto al campo de la planificación temporal y de los diagramas de flechas o de precedencia la contingencia suele ser una actividad de duración cero, o de duración igual a la totalidad del proyecto, o bien igual a la duración de las actividades implicadas en su cálculo.
Este cálculo total para contingencias puede realizarse:
 - como el acumulado de las contingencias estimadas para cada producto entregable o paquete de trabajo. De esta forma a medida que el proyecto se desarrolla puede reajustarse la cifra asignada a contingencias.
 - otra opción es asignar como contingencias un porcentaje fijo respecto de la cifra total de coste del proyecto que habrá de ser evaluado respecto del riesgo que conlleve el proyecto (a mayor riesgo mayor cantidad asignada a contingencias).

Algunos motivos de inclusión de contingencias son:

- *Inflación:* difícilmente determinable a medio o largo plazo.
- *Trabajos adicionales:* suponen una variación del alcance a causa de errores en la definición del alcance.
- *Moneda extranjera:* habitualmente se establece una moneda de control del proyecto, que no tiene por qué ser necesariamente la habitual en la organización lo cual supone incertidumbres y riesgos por variaciones en los tipos de cambio.

Empleando el análisis de contingencias la certeza de la estimación aumenta dado que no es necesario realizar la estimación para el peor caso (inflado de la estimación de cada actividad), al tiempo que se mantiene un remanente en caso de que este se produzca: se trata de un colchón ante posibles riesgos.

Dependiendo de la naturaleza y restricciones del proyecto a todas las técnicas explicadas anteriormente podría añadirse el coste estimado de la calidad requerida por el proyecto: análisis, control, obtención de certificaciones....

2.6.2.3 Resultados de la Estimación de Costes

Los resultados que, tras la aplicación de las técnicas y herramientas vistas anteriormente, se obtienen de la estimación de costes de proyecto son, obviamente la estimación y la información empleada para alcanzarla:

- **Estimaciones de Costes de las Actividades:** como es obvio la estimación de costes del proyecto, ofrece como resultado directo la estimación de costes de cada producto entregable intermedio y de cada paquete de trabajo de la EDT que a su vez supone un resumen o un informe detallado cuantitativo de los costes necesarios para completar dicha actividad: mano de obra, materiales, servicios, instalaciones, inflación y contingencias para dicha actividad.
- **Información de Respaldo de la Estimación de Costes de las Actividades:** como vimos al principio del presente capítulo una de las fuentes de información para realizar la estimación son los informes históricos. Esta información debe proporcionar una imagen clara, profesional y completa de cómo se obtuvo la estimación de costes y que por tanto la justifique. Deberá incluir por tanto:
 - Descripción del alcance de la actividad del cronograma.
 - Documentación de los fundamentos del cálculo de la estimación (cómo se realizó la estimación).
 - Documentación de todas las decisiones tomadas y restricciones consideradas (si ha lugar).
 - Indicación de la certeza de la estimación (por ejemplo, 10.000 € (-10% / +15%) para indicar un coste entre 9.000 € y 11.500 €).
- **Control integrado de cambio:** al realizar la estimación de costes pueden generarse cambios que afecten a la planificación previa del proyecto: como por ejemplo una variación de alcance o variaciones en las cuentas de control asociadas a las actividades de la EDT. Como ya se vio con anterioridad estos cambios se gestionan a través de un control integrado de cambios.
- **Actualización EDT (cuentas de control):** si tras incluir un cambio solicitado en el control integrado, este resulta aprobado, las estimaciones de costes de la EDT (cuentas de control) han de actualizarse.

2.6.3 Preparación del Presupuesto de Costes

Este proceso es llevado a cabo tras la planificación temporal, cuando ya se ha creado el cronograma del proyecto y se ha realizado la estimación previa de costes. La preparación del presupuesto de costes debe derivarse de las estimaciones de coste, para posteriormente mediante adición obtener la línea base de coste total. En el proceso de presupuestado no sólo es importante conocer la suma total de costes, sino *también el ritmo al que está programado que se incurran dichos costes...*

Por tanto se parte de la estimación de coste realizada sobre la estructura de desglose de tareas en la que se ha asignado una partida presupuestaria a cada una de las actividades que componen el proyecto de modo que sea posible llevar a cabo una medición y un control verdaderos. Por ejemplo los presupuestos de mano de obra estarán recogidos en horas/persona, en lugar de unidades monetarias o salarios, mientras que los presupuestos para compras o subcontratas se expresarán en la moneda correspondiente al proyecto.

No debe olvidarse que el presupuesto del proyecto debe responder a futuros cambios y contar con un presupuesto de reserva que permita realizar los ajustes necesarios en función de los riesgos a que se vea sometido el proyecto.

Curvas S

Cuando se traza el presupuesto de costes del proyecto y se expresa en función del tiempo, el gasto acumulativo típico de un proyecto describe una curva en forma de “S”. Estas curvas serán más útiles si se traza primero sobre el mismo par de ejes otra curva de comparación presupuestaria (línea base), como un camino por el cual se espera que discurran los gastos comprometidos a medida que transcurre la resolución del proyecto. Los puntos intermedios para trazar la curva de presupuesto sincronizado, se han de calcular sumando las estimaciones de costes para cada tarea y asignándolas en función de las fechas en que está previsto emitir las órdenes de compra también pueden incluirse en este gráfico los hitos del proyecto.

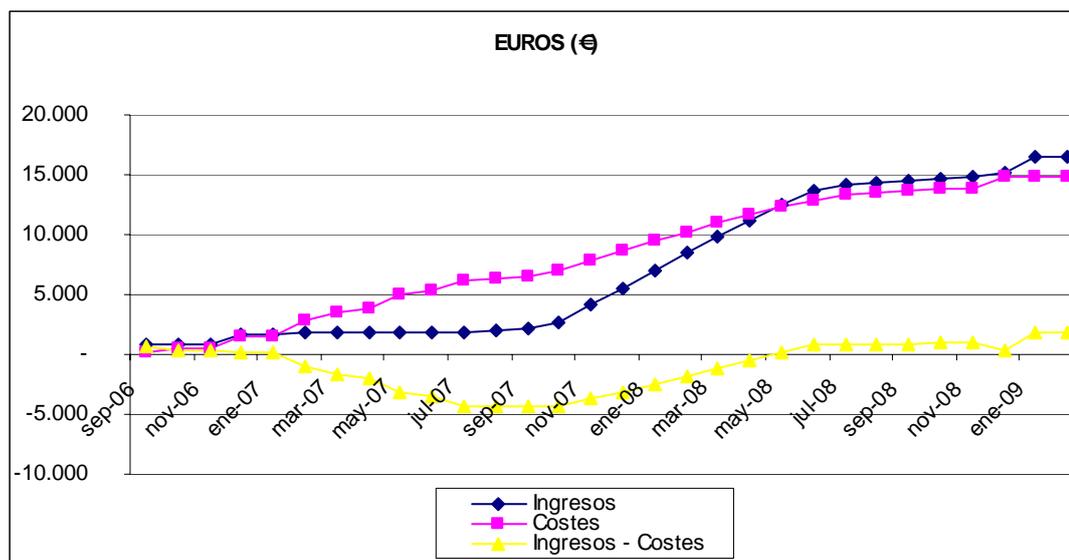


Figura 19. Curva S de costes e ingresos incurridos en un proyecto

Asociada a una curva S^1 puede incluirse una tabla con una distribución de los costes acumulativos reales comparados con los costes estimados. De esta forma se facilitan las revisiones regulares y es posible realizar una predicción que permita actualizar los pronósticos de rentabilidad del proyecto. Por tanto al realizar una curva S, vaya esta acompañada o no de su correspondiente tabla los datos mínimos a reflejar en la misma son:

- Coste total de las actividades ya realizadas
- Coste total estimado de las actividades a realizar

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Alcance del proyecto	Suma de costes	Línea base de costes
EDT y diccionario EDT	Análisis de reserva	Requisitos de financiación
Estimación de costes e información de soporte	Estimación paramétrica	Cambios solicitados
Cronograma del proyecto	Conciliación del límite de la financiación	
Calendario de recursos		
Contrato y pliego de condiciones		

Tabla 6. Preparación del Presupuesto de Costes: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas

2.6.3.1 Información útil para la Preparación del Presupuesto de Costes

La preparación del presupuesto de costes se sirve de algunas de las fuentes de información que ya se utilizaron en la estimación de costes como son el enunciado del alcance del proyecto, la estructura de desglose de trabajo, y el diccionario de la EDT; y también de los resultados obtenidos de la misma: estimaciones de costes de actividades e información de soporte de dichas estimaciones,

Todas estas entradas de información ya fueron expuestas con anterioridad, pero no son las únicas, puesto que además emplea el contrato y pliegos de condiciones del cliente; y cronograma de proyecto y calendario de recursos fruto de la planificación temporal:

- **Contrato y pliego de condiciones:** la información recogida en el contrato firmado con el cliente (alcance y plazos de entrega de productos, servicios, condiciones...), y el coste de venta del proyecto.
- **Cronograma del Proyecto:** fruto de la planificación temporal del proyecto, se utiliza para asignar costes a períodos concretos del calendario o fechas determinadas, en los que se incurrirán, se harán efectivos, dichos costes. Por tanto irán referidos a:

¹ El término también se utiliza para referirse a una distribución acumulada de probabilidad.

- los hitos del proyecto, que veremos más adelante,
 - fechas de inicio y fin de cada actividad,
 - los paquetes de trabajo, o agrupaciones de actividades,
 - las cuentas de control propias de la EDT
- **Calendario de recursos:** Documenta los días laborales y las fechas en las que cada recurso específico, ya sea una persona o un material, puede estar activo u ocioso, y define, por lo general, días y períodos de disponibilidad de los recursos. Por tanto el calendario de recursos del proyecto identifica la cantidad disponible de cada recurso durante cada período de disponibilidad.

2.6.3.2 Herramientas y Técnicas para la Preparación del Presupuesto de Costes

Al igual que en el anterior apartado donde veíamos que algunas de las fuentes de información empleadas para la preparación de un presupuesto de costes eran comunes con las de estimación de costes, el análisis de contingencias (estrechamente relacionado con el análisis de riesgos) y las estimación paramétrica expuestos en la estimación de costes son técnicas utilizadas también en la preparación del presupuesto, junto con la suma de costes y la conciliación del límite de financiación:

- **Suma de Costes:** se corresponde con la técnica de estimación de costes ascendente, si bien en este caso la estimación a nivel de paquete de trabajo ya ha sido realizada, y por tanto solo procede la acumulación de costes de acuerdo con la EDT los niveles superiores de la tabla (EDT). (Emplear la estimación de costes ascendente y la suma de costes supone repetir el proceso de acumulación).
- **Conciliación del Límite de la Financiación:** otro de los factores determinantes para la planificación presupuestaria es conocer, cómo cuándo, y cuánto va a costar, la disponibilidad de capital para afrontar los costes. Existe la posibilidad de que la financiación sea propia en cuyo caso no estaría sujeta a penalizaciones (intereses) o que sea externa en cuyo caso estará sujeta a penalizaciones y restricciones (disponibilidad de capital en plazos y monedas determinados de antemano). La tarea de control de la financiación es llevada a cabo por la unidad de administración y control, pero suele asignársele una penalización simbólica al coste del proyecto de modo que sea el departamento encargado del desarrollo de dicho proyecto quien pueda en función de su planificación de costes realizar el seguimiento de la financiación. La financiación es determinante en proyectos en los que por ejemplo se establece por parte del cliente o por motivos legales la obligatoriedad de un determinado tipo de financiación (habitual en proyectos internacionales).

La conciliación entre la restricción temporal establecida por el cronograma, la restricción económica dada por la estimación de costes y la financiación facilitada por la unidad de administración y control será el presupuesto del proyecto, es decir, los costes asociados a cada actividad e incurridos en un momento determinado.

2.6.3.3 Resultados de la Preparación del Presupuesto de Costes:

El resultado principal es obviamente el presupuesto de proyecto, y más gráficamente, la línea base de coste definida por dicho presupuesto que lo define. Además se obtienen los requisitos de financiación del proyecto y la correspondiente actualización del control integrado de cambios en caso de ser necesaria:

- **Línea base de costes:** se obtiene mediante la acumulación de los costes presupuestados de las actividades del proyecto. Como ya hemos visto al comienzo de este capítulo, se representa por una curva “S” (ver figura 20) y se representa durante la duración del proyecto junto con otras líneas base de coste, junto con los costes reales incurridos, o junto con líneas de base simuladas, ayudando así a establecer comparaciones, medir el avance o tomar decisiones respectivamente.

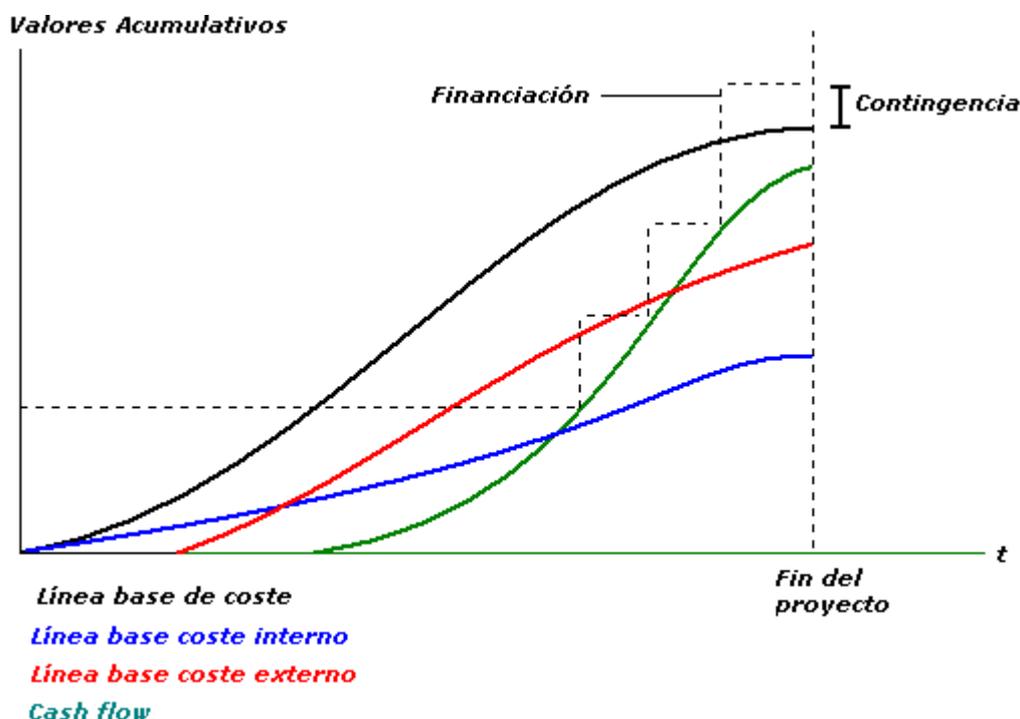


Figura 20. Líneas de coste de un proyecto

Los proyectos de gran envergadura, tienen múltiples líneas base de coste o recursos, y también líneas base de producción que miden diferentes aspectos del rendimiento del proyecto: por ejemplo, un seguimiento diferenciado de los costes internos (horas de mano de obra) por separado de los costes externos (contratistas y materiales de construcción).

- **Requisitos para la Financiación del Proyecto:** Los requisitos de financiación derivan de la línea base de coste. La financiación tiene lugar en cantidades incrementales discretas y por tanto puede representarse mediante una función escalonada (ver figura 20).

Los fondos totales necesarios se pueden obtener mediante la suma de los reflejados en la línea base de coste más la cantidad de reserva para contingencias, siendo esta

última bien distribuida de manera equitativa por periodos, o bien incluida e incrementada en cualquier momento de la realización del proyecto.

- **Control integrado de cambios (actualización):** en caso de aprobarse algún cambio durante la preparación del presupuesto de costes habría de actualizarse el Control Integrado de Cambios, documento que recoge los cambios realizados respecto de la planificación inicial. Esto podría dar lugar como puede verse en la figura 17 a una retroalimentación que hiciese necesario un nuevo proceso de estimación de costes.

2.6.4 Control de Costes

Una vez finalizada la fase de planificación del proyecto da comienzo la ejecución del mismo, y en paralelo su seguimiento y control. Mediante el control de costes del proyecto se buscan y analizan las causas de las variaciones que afectan los costes proyecto. Forma parte del Control Integrado de Cambios. La importancia del control de costes es elevada puesto que por ejemplo, una respuesta inadecuada a una variación de coste puede ocasionar problemas de calidad, de cronograma o incluso diluir la rentabilidad del proyecto (beneficios).

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Línea base de coste	Análisis de Medición del Rendimiento	Estimaciones y presupuesto de Costes (Actualizaciones)
Requisitos para la Financiación del Proyecto	Predicciones	Línea Base de Coste (Actualizaciones)
Informes de rendimiento de costes	Revisiones del Proyecto	Mediciones del Rendimiento
Información sobre el avance del proyecto	Software de Gestión de Proyectos	Cambios Solicitados
Informes de Rendimiento	Gestión de variaciones	Acciones Correctivas Recomendadas
Información sobre el Avance del Proyecto		Información histórica y lecciones aprendidas (Actualizaciones)

Tabla 7. Control de Costes: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas

2.6.4.1 Información útil para el Control de Costes

Para el control de costes, las organizaciones se sirven de algunos de los resultados de la planificación de presupuestos que ya hemos visto (Línea Base de Coste y Requisitos para la Financiación del Proyecto), de informes de rendimiento de costes, del Control Integrado de Cambios e información sobre el avance del proyecto. Se trata de fuentes de información que ya se han analizado, a excepción de las siguientes:

- **Informes de Rendimiento:** organizan y resumen la información, y presentan los resultados de cualquier análisis en comparación con la línea base para la medición del rendimiento de costes, es decir, proporcionan información sobre el rendimiento del coste y de los recursos como resultado del avance real del trabajo. Los formatos más comunes de los informes de rendimiento incluyen diagramas de barras, curvas S, histogramas y tablas. Es necesario determinar la periodicidad adecuada de redacción de estos documentos en función del alcance, los riesgos del proyecto y el grado de control que se quiera ejercer sobre el proyecto.
- **Información sobre el Avance del Proyecto:** referido a la información sobre el estado actual y coste de las actividades del proyecto. Deben incluirse por tanto:
 - Productos entregables tanto finalizados como en proceso de hacerlo que dan cuenta del avance temporal del proyecto.
 - Porcentaje físicamente completado de las actividades del cronograma.
 - Detalle de los costes autorizados e incurridos en el desarrollo del proyecto.
 - Estimaciones o presupuestos hasta la conclusión de las actividades del cronograma

2.6.4.2 Herramientas y Técnicas para el Control de Costes

A continuación se pasa a detallar algunas de las técnicas o herramientas empleadas para el control de costes:

- **Análisis de Medición del Rendimiento:** gracias a las técnicas de medición de rendimiento se pueden analizar y evaluar las variaciones y su magnitud.

Análisis de Hitos

Se trata de la técnica de control de costes más sencilla, aunque también menos precisa, que permite comparar los costes reales y los progresos experimentados por el proyecto, con los costes presupuestados y progresos planificados. Requiere una contabilidad de costes menos sofisticada que otros métodos y que puede ser utilizada cuando los programas del proyecto aun no son especialmente detallados.

Un *hito* es una actividad o acontecimiento clave (finalización de producto entregable por ejemplo) en el desarrollo del proyecto, fácilmente reconocible.

Por tanto el análisis de hitos se inicia seleccionando y designando los hitos del proyecto que, idealmente, coincidirán con la conclusión de un determinado paquete de trabajo de la estructura de desglose de tareas.

Por cada hito se requieren al menos dos datos:

- *la fecha de consecución del mismo:* recurriendo al cronograma del proyecto.
- *y el coste presupuestado para el paquete de trabajo asociado al mismo:* que ya es conocido gracias a la planificación de presupuestos.

La representación gráfica de estos datos resulta en la división de la línea de coste mediante la inclusión sobre esta de los hitos del proyecto. Y de manera análoga a

como se hace con la línea de coste se podrá comparar a medida que avance el proyecto la curva de análisis de hitos estimada con la real.

Técnica del valor ganado (EVT)

Establece una comparación entre el valor acumulativo del coste presupuestado del trabajo planificado en primera instancia, con el coste real del trabajo realizado, lo cual es especialmente útil en la gestión de recursos, la producción y el control de costes. Como ya vimos es una tarea que puede afrontarse con la utilización de curvas S y de tablas asociadas a esta.

Para afrontar una variación: establecer su causa, su magnitud, y una posible acción correctiva, la técnica del valor ganado usa las líneas base de coste obtenidas de la planificación presupuestaria del proyecto. Para ello, es necesario desarrollar una serie de valores o variables para cada paquete de trabajo o cuenta de control que se definen a continuación:

- *Valor planificado (PV)*: es el coste presupuestado de una actividad de la EDT.
- *Valor ganado (EV)*: es la cantidad presupuestada para el trabajo realmente completado de la actividad del cronograma o de la EDT en la fecha en que se desea realizar la medición. Es decir es una medición de las tareas completadas hasta el momento proyectada sobre el equivalente coste presupuestado².
- *Coste real (AC)*: coste total incurrido en la realización del trabajo de la actividad durante un período de tiempo determinado. El AC debe corresponderse en con lo presupuestado para el PV y el EV (metros cúbicos de hormigón, metros de cable, horas de trabajo...)

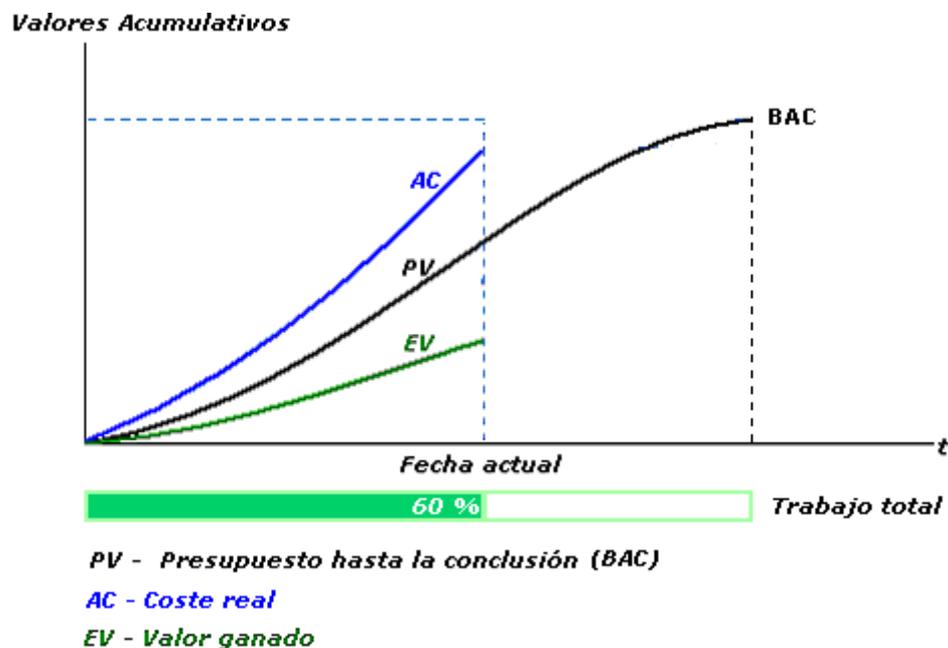


Figura 21. Valor ganado y costes planificado y actual

² El valor ganado además de sobre los costes, también puede proyectarse sobre el valor de venta (ingresos).

Dentro de estas medidas las más comúnmente utilizadas son la variación del coste (CV) y la variación del cronograma (SV). Se trata de dos indicadores de eficiencia que reflejan el rendimiento del coste y del cronograma de cualquier proyecto. En ambos casos su efectividad decrece a medida que el proyecto va finalizando, dado al efecto compensatorio que tiene la mayor cantidad de trabajo realizado. Sin embargo estas variaciones aceptables a lo largo del tiempo también pueden establecerse con antelación en el plan de gestión de costes.

- *Variación del Coste (CV)*: puede obtenerse como la diferencia entre el valor ganado (EV) menos el coste real (AC), siendo por tanto al final del proyecto la diferencia entre el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y los costes realmente incurridos. Un valor negativo indica retraso y un valor positivo adelanto.

$$CV = EV - AC$$

- *Variación del Cronograma (SV)*: puede obtenerse como la diferencia entre el valor ganado (EV) y el valor planificado (PV), siendo por tanto la variación del cronograma igual a cero al finalizar el proyecto, puesto que ya se habrán alcanzado todos los valores planificados. Al igual que en la variación de coste un valor negativo indica retraso y un valor positivo adelanto.

$$SV = EV - PV$$

- *Índice de Rendimiento o evolución del Coste (CPI)*: Si al calcularse el cociente entre valor ganado y coste real se obtiene un valor inferior a 1, esto indica un sobrecoste con respecto a las estimaciones. Y por el contrario un valor superior a 1 indica un coste inferior con respecto a las estimaciones.

$$CPI = EV/AC$$

- *Índice de Rendimiento o evolución del Cronograma (SPI)*: este índice permite realizar una estimación del grado de avance (en costes) del proyecto, además de obviamente poder hacerlo con el cronograma del proyecto. El SPI se calcula como el cociente del valor ganado y el planificado, de modo que cualquier valor por debajo de la unidad representa un progreso del proyecto más lento de lo previsto.

$$SPI = EV/PV$$

En la siguiente figura se toma como ejemplo un proyecto con sobrecoste y que se esta realizando con retraso respecto del cronograma original.

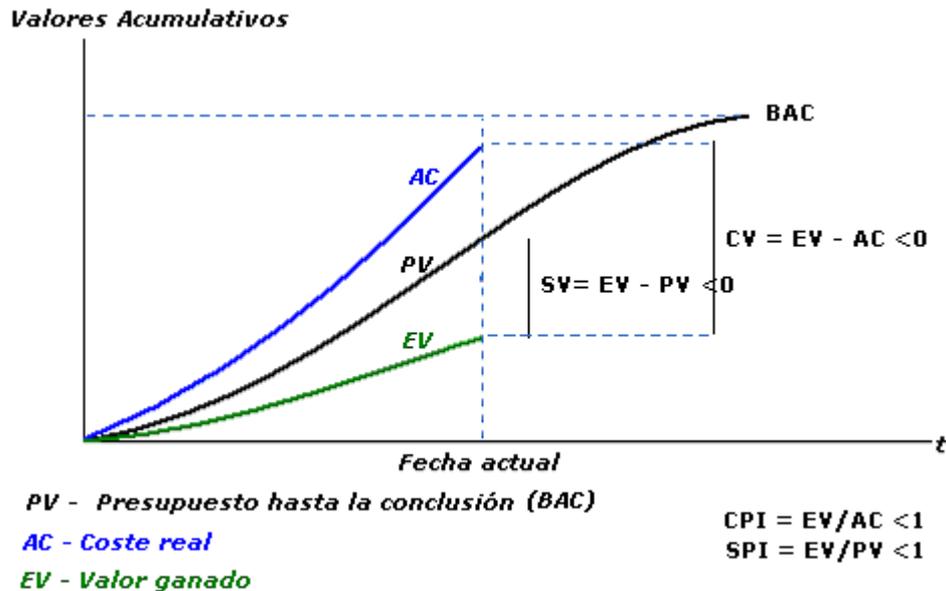


Figura 22. Rendimiento de costes y cronograma

Habitualmente la técnica del valor ganado, se acompaña de medidas del alcance del proyecto, del coste (o recursos) y del cronograma para ayudar a evaluar el rendimiento del proyecto.

- **Cálculo de producción y márgenes del proyecto:** Mediante el tratamiento de datos obtenidos mediante informes de herramientas software pueden calcularse algunos parámetros que permiten el avance del proyecto: márgenes de beneficio y producción.

Los márgenes, beneficios medidos económicamente, pueden calcularse como la diferencia entre el precio de venta correspondiente del proyecto hasta un instante determinado y el coste incurrido para desarrollar un proyecto hasta ese momento. Esta diferencia arroja el margen bruto del proyecto. Si además se consideran otras particularidades de ingresos y costes del proyecto puede obtenerse el margen neto del mismo. Un ejemplo de cálculo de margen neto puede ser la deducción de costes financieros y coste de mano de obra del margen bruto del proyecto. El margen neto del proyecto será siempre igual o menor que el margen bruto del mismo. Ambos, margen bruto y neto, pueden verse de forma más gráfica en la siguiente figura

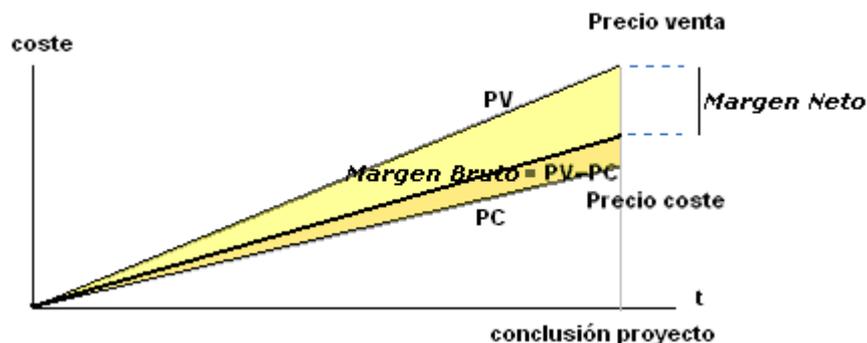


Figura 23. Cálculo de Márgenes de un proyecto³

Al realizar el cálculo de los márgenes, ya sean brutos o netos, producción es habitual reducir su cuantía para mantener un nivel de contingencias.

Por otra parte la producción de un proyecto representa el avance económico del mismo.

El cálculo de producción interpretado de la forma más rigurosa, y también más extendida, es el “Tanto Alzado” con Coeficiente “K”. Este cálculo de producción consiste en establecer la K del proyecto una vez este se ha presupuestado (definición de costes) y se ha quedado fijado su precio de venta (definición de facturación: firma de contrato). La K se define con el cociente entre el precio de venta y el de coste.

$$K = \frac{PV}{PC}$$

de modo que el precio de venta se calcule mediante un simple producto entre la K y los costes incurridos hasta un momento determinado, y por tanto la producción sea:

$$Producción = Coste\ incurrido \cdot \frac{PV}{PC} = Coste\ incurrido \cdot K$$

En la práctica el cálculo del valor K no suele ser tan sencillo, puesto que el desarrollo de proyectos suele ser llevado a cabo por departamentos, dentro de la organización, no por su totalidad, y por tanto es difícil cuantificar los gastos de mano de obra directa y los costes directos, que suelen escalarse por un porcentaje fijo para calcular con mayor precisión la producción del proyecto.

³ Las curvas S se han modelado como rectas para simplificar la interpretación gráfica

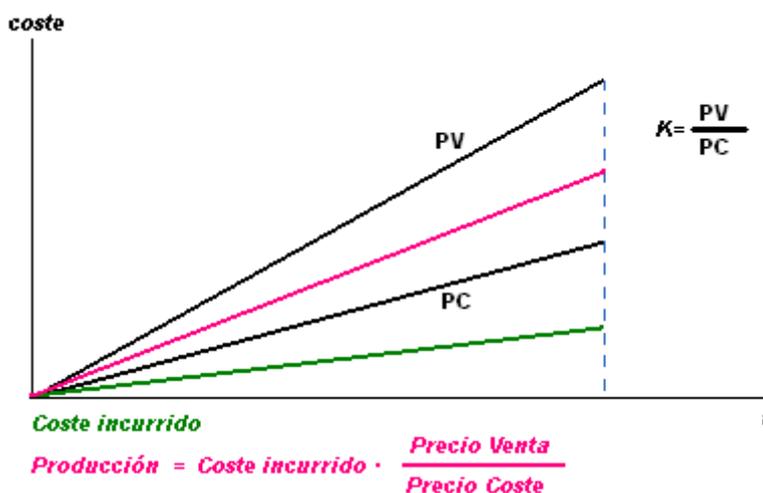


Figura 24. Cálculo clásico de Producción de un proyecto⁴

Valores iniciales de Producción

La forma de calcular este avance ha de ser definida por la propia organización en función de su estructuración interna. Esta definición puede realizarse múltiples maneras, más o menos complejas que serán propuestas por la unidad funcional de administración y control económicos, como ya se ha dicho, en función de las características de la organización o de la gestión económica de la misma. A continuación tenemos algunas de las formas más comunes de calcular la producción dentro de un proyecto:

- *TANTO ALZADO ALTERNATIVO CON COSTE DE ESTRUCTURA*: tienen como peculiaridad que en lugar de emplear el habitual precio de coste, diferencia y pondera los costes directos de mano de obra y otros costes directos:

$$Pr oducción = \frac{MOD_{real} \cdot \% + OCD_{real} \cdot PV}{MOD_{plan} \cdot \% + OCD_{plan}}$$

Sobre la mano de obra directa se aplica un porcentaje inferior al 100% como coeficiente de gastos de estructura con el que se cubren los gastos de estructura del personal/departamento/unidad funcional encargado del desarrollo del proyecto. Este porcentaje viene determinado por la unidad funcional de administración y control. Permite un control más detallado de la producción y por tanto un mejor seguimiento del proyecto.

- *TANTO ALZADO ALTERNATIVO*: o de coeficiente K, se trata del método clásico de cálculo ya visto. Se emplean como variables los costes y el precio de venta del proyecto.

$$Pr oducción = \frac{Coste_{real} \cdot PV}{PC}$$

⁴ Las curvas S se han modelado como rectas para simplificar la interpretación gráfica

- **TARIFICACIÓN HORARIA:** en este caso la producción se calcula como las horas dedicadas multiplicadas por la tarifa/hora estipulada a las que les suman otros costes con un porcentaje de corrección inferior al 100%. Es apropiado para usarse en proyectos donde el coste del personal contratado requiere mayor atención. Obsérvese que además se obvian los valores de precio de coste y venta.

$$Pr oducción = horas \cdot tarifa_{hora} + OCD \cdot \%$$

- **PRODUCCIÓN = FACTURACIÓN:** el método más simple, más rápido, y tal vez más desaconsejable, es considerar la facturación igual a la producción puesto que haciéndolo así se obvian los costes de la organización. Al igual que el cálculo mediante tarificación horaria, no es aconsejable para proyectos de gran tamaño, sino para aquellos que por su sencillez no requieran un control exhaustivo (de hecho el control es prácticamente inexistente dado que se espera hasta el momento de facturación para calcular la producción).

$$Pr oducción = facturación$$

- **Predicciones:** es una predicción de las condiciones en el futuro del proyecto basándose en la información y los conocimientos disponibles en un determinado momento. Las predicciones se realizan, o actualizan, de forma periódica o cuando se obtiene alguna información relevante para realizarlas a medida que el proyecto se ejecuta y avanza. Se emplean estimaciones de costes hasta y a la conclusión cuya formulación matemática puede consultarse en la bibliografía empleada en el proyecto (PMBOK).

- **Revisiones del Proyecto:** las revisiones establecen una comparación entre el coste, las actividades del cronograma, los hitos, los paquetes de trabajo o las cuentas de control a lo largo del tiempo.

Las revisiones suelen realizarse mediante reuniones periódicas en las que se evalúa el estado y progreso de los elementos enumerados, y en general se usan en combinación con las siguientes técnicas de informe del rendimiento:

- **Análisis de variación:** comparación entre el avance real del proyecto y el avance planificado o esperado. Habitualmente se realiza sobre las variaciones del coste y del cronograma, pero también puede hacerse sobre el alcance del proyecto, los recursos, la calidad y el riesgo.
- **Análisis de tendencias:** examen del rendimiento del proyecto para determinar si la tendencia del proyecto es mejor o peor de lo esperado.
- **Técnica del valor ganado:** aplicación de esta técnica ya descrita.

- **Software de Gestión de Proyectos:** como por ejemplo las hojas de cálculo, se usan a menudo para supervisar el valor presupuestado frente al coste real, y para predecir los efectos de los cambios o las variaciones antes de ser aprobadas. Las tablas u hojas de cálculo suelen incluirse en informes regulares de los costes y los progresos. La hoja de cálculo debe incluir las siguientes columnas:

- A. un listado de hitos o actividades del proyecto.
- B. acompañado de los códigos de sus costes correspondientes.
- C. sus presupuestos originales.

- D. sus eventuales aumentos presupuestarios.
- E. sus presupuestos actuales (autorizados y corregidos, que habitualmente han de esperar a que los cambios sean acordados con el cliente, momento hasta el cual no es apropiado dar por supuesto dichos presupuestos adicionales).
- F. una columna de cambios pendientes, aun no acordados o aprobados.
- G. costes registrados hasta la fecha del informe (valor actual).
- H. coste presupuestado del trabajo realizado, que es la evaluación del valor obtenido (valor ganado).
- I. índice de variación de costes (G/F).
- J. índice de variación de cronograma (G/E).

Hito o actividad	Cuenta de control	Presupuesto original	Aumentos presupuestario	Presupuestos actuales	Valor actual	Valor ganado	Índice de variación de cronograma SPI	Índice de variación de costes CPI
A	B	C	D	E	F	G	H	I
				C+D			G/E	G/F
1	001	100	50	150	60	20	0,13	0,33
2	002	200	-	200	100	30	0,15	0,30
3	003	300	-	300	120	40	0,13	0,33
4	004	400	50	450	120	50	0,11	0,42
5	005	500	-	500	100	60	0,12	0,60
6	006	600	-10	590	60	70	0,12	1,17

Tabla 8. Ejemplo de hoja de cálculo para control de costes

Una vez recopilados estos datos también pueden incluirse los calculo de márgenes del proyecto, producción... que se ya han sido descritos con anterioridad.

- **Gestión de Variaciones:** se han de considerar las variaciones de coste, por ejemplo, aplicando respuestas diferentes a los problemas, según sean importantes o secundarios.

La cantidad de variación tiende a decrecer a medida que avanza el desarrollo del proyecto. A medida que el proyecto se acerca a su conclusión, las variaciones más grandes permitidas al inicio del mismo pueden reducirse y reducirse también las contingencias asociadas, si es que las hubiera.

2.6.4.3 Resultados del Control de Costes

Dado que el control de costes es parte integrante de la fase de control y seguimiento del proyecto, las salidas de este proceso son actualizaciones de planes, presupuesto o informes, mediciones sobre los parámetros, cambios solicitados o acciones correctivas del proyecto.

- **Estimaciones y presupuesto de Costes (Actualizaciones):** al producirse una variación de costes se cierra el círculo estimación-presupuestado-control: las estimaciones de costes de actividades revisadas son modificadas en la información

de coste utilizada para gestionar el proyecto (cuentas de control). Las estimaciones revisadas de costes pueden a su vez requerir ajustes de otros aspectos de la planificación del proyecto.

- **Línea Base de Coste (Actualizaciones):** una vez se produce el cambio en el presupuesto de costes, se produce un cambio en la línea base de coste aprobado. En general, estos valores se revisan sólo en respuesta a los cambios aprobados en el alcance del proyecto. Sin embargo, en algunos casos, las variaciones del coste pueden ser tan grandes a pesar de no producir variaciones en el alcance o EDT que se necesita una línea base de coste revisada que suministre una base realista para la medición del rendimiento.
- **Mediciones del Rendimiento:** los valores de variación de coste (CV), variación de cronograma (SV), índice de rendimiento de costes (CPI) e índice de rendimiento de cronograma (SPI) calculados para los componentes de la EDT, en especial los paquetes de trabajo y las cuentas de control, se documentan y comunican a los interesados.
- **Cambios Solicitados:** el análisis del rendimiento del proyecto puede generar una solicitud de cambio en algún aspecto del proyecto. Los cambios identificados pueden requerir un aumento o una disminución del presupuesto. Los cambios solicitados se procesan para su revisión y disposición a través del proceso Control Integrado de Cambios.
- **Acciones Correctivas Recomendadas:** una acción correctiva es aquella que se emprende para alinear el futuro esperado del proyecto con el plan de gestión del proyecto. Una acción correctiva en el área de gestión de costes con frecuencia implica ajustar los presupuestos para la actividad de la EDT.
- **Información histórica y lecciones aprendidas (Actualizaciones):** las lecciones aprendidas se documentan a fin de que pasen a formar parte de las bases de datos históricas tanto del proyecto como de la organización ejecutante. La documentación de las lecciones aprendidas incluye las causas de las variaciones, el razonamiento subyacente a la acción correctiva elegida y otros tipos de lecciones aprendidas a partir del control de costes, de recursos o de la producción de recursos.

2.7 Conclusión de la Metodología de Planificación y Control de costes de un proyecto

En el apartado anterior se ha visto una completa metodología de planificación y control temporal y de costes. Se ha seguido la línea marcada por el Project Management Institute que constituye un auténtico estándar, y más concretamente de su PMBOK (Project Management Book of Knowledge). El seguimiento de esta publicación no es sencillo, puesto que emplea continuos términos técnicos y hace frecuentes alusiones y referencias (entramado de referencias) a otros capítulos o apartados contenidos en el documento. No obstante se trata de un documento muy completo y que permite aplicar sus contenidos sobre cualquier tipo de proyecto.

En el apartado de metodología de este proyecto de fin de carrera se ha analizado y adaptado a las necesidades de un proyecto de ingeniería lo contenido en este estándar y se ha ampliado con los conocimientos adquiridos en la planificación y control de costes de proyectos reales.

Se ha tratado de simplificar en la medida de lo posible el entramado de referencias, si bien se ha constatado la dificultad de aislar las áreas de planificación y control evitando el mencionado entramado. El resultado final es una metodología que presenta la mayor independencia posible respecto de otros procesos de la gestión de proyectos y cuyo contenido resulta muy útil en la gestión profesional de la planificación y el seguimiento de proyectos.

Sin embargo, esto no significa que se deba seguir de forma rígida la estructura de la metodología aquí expuesta, ni que se deba perseguir en su implantación la mayor de las precisiones. Tan sólo establece una serie de buenas prácticas que pueden flexibilizarse en función de las características del proyecto y del control que se desee ejercer sobre él por parte de la organización ejecutante. Si resultaría adecuado no obstante en el momento de realizar la gestión del proyecto dentro de una determinada organización, que esta disponga de una metodología rígida y una serie de informes, técnicas y herramientas software asociadas que determinen claramente cual ha de ser la metodología a seguir.

A continuación se analiza la capacidad para implementar esta metodología de algunas de las herramientas software más empleadas en la planificación y control de costes de proyectos actualmente.

3 Herramientas software empleadas

Hasta el momento se ha expuesto la metodología a emplear para la planificación y control de un proyecto tanto en coste como temporalmente. No obstante seguir esta metodología cuando el proyecto a tratar es de cierta envergadura es una tarea compleja. En las últimas décadas y prácticamente en paralelo se han producido importantes avances tanto en la gestión de proyectos como en el desarrollo de la informática, encontrado la primera en la segunda una herramienta que permite poner en práctica elaboradas metodologías gracias a su potencia de cálculo y su capacidad de gestión de datos.

Como se indico al comienzo de este documento, el desarrollo de este PFC ha sido soportado por una beca de trabajo donde se ha ofrecido acceso al software necesario para poner en práctica la metodología de gestión desde el punto de vista del usuario, el planificador de proyecto.

Por tanto en el presente apartado se van a describir levemente las herramientas y plataformas empleadas en lo referido a sus capacidades y manejo para realizar los procesos expuestos en la metodología de gestión.

Tipos de Herramientas

Como ya se explicó en la organización de la empresa de ingeniería, la realización del proyecto es llevada a cabo por un departamento (perteneciente a una división), en colaboración con diferentes áreas funcionales de modo que es necesario disponer de los métodos apropiados de comunicación que permitan poner en común las tareas o procesos llevados a cabo en la resolución del proyecto. Además el proyecto puede realizarse en colaboración con otras organizaciones (empresas) y se han de comunicar al cliente variaciones, estado del proyecto, etc....de modo que es importante disponer de la información de la manera más sencilla y universal posible.

Esto genera una división de las herramientas/plataformas a usar, de modo que unas serán de uso interno para la propia organización, y otras serán empleadas para comunicaciones exteriores o para facilitar la difusión de información en un formato sencillo:

- **De uso interno:** empleadas sólo para la planificación y control dentro del equipo formado por el departamento-división-área funcional, se apoyan en una base de datos, de modo que grandes cantidades de información son accesibles. En este apartado veremos una herramienta de planificación de recursos empresariales (ERP - *Enterprise Resource Planning*) llamada SAP y un herramienta de gestión de proyectos llamada Primavera.
- **De uso externo:** se emplean para facilitar la información en reuniones, o tomas de decisiones, especialmente si en estas participan personal ajeno a la organización. Se trata de herramientas software de uso muy extendido y sobre las que existe un conocimiento generalizado: Microsoft Excel (hojas de cálculo) y Microsoft Project (software de gestión de proyectos). Estas recogen la información de las herramientas de uso interno y le dan un valor añadido, tratándola y facilitando su interpretación. No se realizará una explicación extensa de las mismas.

3.1 SAP

3.1.1 Introducción

3.1.1.1 Historia de SAP

La primera versión de la compañía de software SAP (Sistemas, Aplicaciones y Procesamiento de datos) fue un sistema de contabilidad financiera llamado R/1 ("Real time data processing 1") que a finales de los setenta fue remplazado por R/2. SAP R/2 fue una aplicación basada en mainframe (grandes computadores) de gran éxito hasta primeros de los noventa, especialmente entre las grandes multinacionales europeas que necesitaban aplicaciones software en tiempo real, con capacidad para manejar variedad de divisas e idiomas. Más tarde, en 1992, aparecería **SAP R/3** que podría ser manejado por múltiples plataformas y sistemas operativos como Windows o Unix. Desde ese mismo año SAP domina el mercado de aplicaciones de gestión de negocios.

Por último podemos apuntar que SAP recientemente se ha expandido en mercados verticales. En estos mercados, SAP produce módulos especializados en diferentes sectores específicos, tratando de proporcionar un mejor servicio a corporaciones que podrían estar tentadas de desarrollar y mantener sus propias aplicaciones.

3.1.1.2 Generalidades de SAP R/3

SAP R/3 es un sistema de planificación de recursos (ERP) [7]. Estos son sistemas de gestión de información que permiten la integración y automatización de muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa.

Los sistemas ERP son sistemas integrales de gestión para la empresa. Se caracterizan por estar compuestos por diferentes módulos integrados en una única aplicación. En el caso de SAP los módulos mas extendidos son Financiero y de Control (Financials and Controlling - FICO), Recursos humanos (Human Resources - HR), Compras y Materiales (Materials Management - MM), Ventas (Sales & Distribution - SD), y Producción (Production Planning - PP). Cada uno de estos módulos maneja diferentes tareas de negocio, pero manteniendo relaciones con otros.



Figura 25. Módulos de SAP R/3

Una modificación en un módulo del sistema, afecta de forma instantánea a otras partes del mismo, consiguiéndose la máxima velocidad y sinergia informativa por ejemplo:

- una compra realizada por un departamento concreto, además de reflejarse inmediatamente en el modulo de compras y dentro de un determinado proyecto, también modifica de modo instantáneo la cuenta de resultados de la empresa.
- una factura del módulo de Ventas pasará a Contabilidad, donde aparecerá como cuentas facturables y costes de bienes/servicios vendidos.

Solo puede definirse un ERP como la integración de todos los módulos, no se puede hablar de ERP en el momento que tan sólo se integra uno o una pequeña parte de los procesos de negocio. La propia definición de ERP indica la necesidad de "Disponibilidad de toda la información para todo el mundo todo el tiempo".

Dada esta modularidad, el cliente puede contratar uno, varios módulos o un paquete ya elaborado de ellos, que le permita cubrir la totalidad de actividades de la organización. SAP R/3 además es de fácil manejo dado que dispone de un entorno gráfico (con botones, menús...) similar al de sistemas operativos tan extendidos como Windows.

Las soluciones ERP en ocasiones son complejas y difíciles de implantar debido a que necesitan un desarrollo personalizado para cada empresa partiendo de una parametrización inicial de la aplicación común. Las personalizaciones y desarrollos particulares para cada empresa suelen requerir la actuación de una empresa especializada o consultora que analice las necesidades, instale la aplicación, instruya a los usuarios y se ocupe del mantenimiento de la misma.

3.1.1.2.1 Módulos funcionales de SAP R/3

El sistema como ya hemos dicho se divide en diversos módulos entre los que caben destacar los siguientes:

- *FI : Gestión Financiera*
- *AM : Activos Fijos*
- *CO : Controlling*
- *SD : Comercial (Ventas)*
- *MM : Gestión de Compras*
- *HR : Recursos Humanos*
- *PS : Gestión de Proyectos*

Los módulos de Gestión financiera, Activos fijos y Control suelen ser utilizados por los departamentos económicos de la organización; Ventas, compra y Recursos Humanos son empleados por sus correspondientes departamentos.

El módulo PS, de gestión o dirección de proyectos, actúa como nexo de unión entre el resto de módulos de modo que recibe información de, y a su vez genera otra información que se guarda en otros módulos o activa procesos en ellos.

3.1.1.2.2 Ventajas de la implantación de SAP

Cuando se implanta SAP R/3 en una organización son varias las ventajas que suele proporcionar:

- *Un sistema de gestión integrado:* una herramienta moderna y tecnológicamente avanzada que integra todas las funciones corporativas mediante sus correspondientes módulos: gestión de proyectos, compras, ventas, control de gestión, contabilidad y recursos humanos: permite el acceso a toda la información de forma fiable, precisa y oportuna mediante una base de datos; y evita la duplicación operaciones.
- *Un sistema productivo a corto plazo y a coste mínimo:* dada su modularidad en poco tiempo puede realizarse una implantación inicial estándar con las modificaciones imprescindibles para soportar el anterior modelo de gestión de la organización.
- *Optimización de los procesos empresariales:* incremento del rendimiento y optimización de sus procesos.
- *Dota a la organización de un Sistema de Información que garantiza validez y unicidad de datos:* de esta forma se eliminan bases de datos paralelas y todo el personal tiene acceso a una misma información, introducida en el sistema por quién la genera, y garantizada gracias a la existencia de perfiles individuales de usuario.

En definitiva el propósito fundamental de SAP es otorgar apoyo a sus usuarios, tiempos rápidos de respuesta a sus problemas así como un eficiente manejo de información que permita la toma oportuna de decisiones y disminución de los costes totales de operación.

3.1.1.3 Tecnología

SAP emplea desde su versión R/2 bases de datos para su funcionamiento, siendo dos los niveles en los que se implantaba el sistema: 1) servidor 2) cliente. El sistema junto con la base de datos (conteniendo la información generada por los procesos de la empresa)

se encontraban instalados en un ordenador central (mainframe), mientras que los usuarios se conectaban al sistema utilizando un programa cliente en sus computadoras personales, las cuales se vinculaban al mainframe mediante una red.

La evolución del sistema atendiendo a las necesidades de sus clientes, hizo que R/3 pasase a utilizar un sistema que opera en tres niveles o capas:

- *Nivel de presentación o cliente: interfaz de usuario.*
- *Nivel de aplicación: alberga toda la lógica específica de negocios.*
- *Nivel de base de datos: almacena toda la información sobre el sistema, incluyendo datos de transacción y configuración.*

En ocasiones a pesar de la modularidad y capacidad de adaptación de SAP, es necesaria la creación de nueva funcionalidad. La funcionalidad de SAP R/3 está estructurada usando su propio lenguaje llamado ABAP (Advanced Business Application Programming). Es un lenguaje de cuarta generación dirigido a la creación de programas simples y potentes.

La principal interacción de ABAP con la base de datos es mediante Open SQL: conjunto de sentencias definidas por SAP para evitar conflictos entre las tablas de bases de datos y mantener los programas ABAP independientes del sistema de base de datos. Open SQL permite acceder a todas las tablas de bases de datos disponibles en R/3, sin importar el fabricante de la base de datos.

R/3 también ofrece un completo entorno de desarrollo donde los desarrolladores pueden modificar código ya existente en SAP o desarrollar sus propias funciones, o incluso informes o completos sistemas transaccionales en el marco de SAP. Para modificar o crear nuevos subprogramas dentro de R/3 es necesario no sólo el conocimiento técnico, sino una licencia otorgada por SAP, denominada “llave de desarrollador”.

3.1.2 Conceptos Básicos para la Gestión de Proyectos en SAP R/3

Plan de Estructura de Proyecto (PEP): se trata de un modelo jerarquizado en el que se presentan, las acciones y actividades que forman parte de un proyecto. Los elementos que lo conforman, elementos PEP, permiten tener una visión global del proyecto.

Una vez definidos el alcance (qué es lo que se quiere realizar) y desarrollada la estructura de desglose de actividades (cómo se llevará a cabo el proyecto), pueden emplearse los PEPs distribuidos en varios niveles para la estructuración del proyecto.

Las habituales actividades de un proyecto desglosadas en la EDT son en SAP los elementos PEP facturables sobre los que habitualmente se puede extender una factura y que supondrán un ingreso económico a la organización. A su vez, los desgloses de estas actividades se corresponden de igual forma con el desglose en SAP de los elementos PEP en niveles inferiores, que como se verá más adelante suelen ser elementos imputables, es decir, a los que se puede imputar un coste para la organización.

Los elementos PEP recogen tanto costes como ingresos relativos al proyecto y sobre ellos podrá realizarse el cálculo de la producción (dando por hecho que el cálculo de producción de la organización se calcule entorno a la realización de proyecto, como suele ocurrir en las empresas dedicadas a ingeniería).

Entre los elementos PEP puede diferenciarse varios tipos:

- **PA:** son aquellos que no tienen ni plan de ingresos ni plan de costes asociados, pero sin embargo pueden tener asignado un pedido de venta e ingresos reales (la facturación al cliente).
- **PB:** por el contrario, pueden tener plan de ingresos y plan de costes. Tienen asociados costes reales, pero no ingresos reales. Habitualmente se emplean para el cálculo de la producción dentro de las organizaciones.

Por norma general un elemento PEP será imputable (coste) si se haya en el nivel de máximo desglose; y será facturable (ingreso) en función de los términos en que se desarrolle el proyecto (contrato).

La mayoría de los proyectos de ingeniería pueden seguir la siguiente estructura:

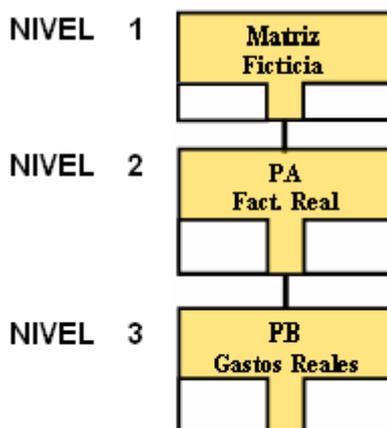


Figura 26. Niveles PEP de un proyecto de ingeniería

- **NIVEL 1:** En este nivel se tiene una matriz ficticia que permite acumular todos los gastos e ingresos de los niveles inferiores es el punto de partida (raíz) de la jerarquía. No dispone de la posibilidad de facturación de ingresos, ni imputación de costes dado que no se trata de una actividad real.
- **NIVEL 2:** En él se disponen los elementos PEP de tipo PA (facturable).
- **NIVEL 3:** compuesto por el desglose de elementos PEP de tipo PB (facturables e imputables). El número de PB facturables puede ser elegido por la organización, si bien, ha de tenerse en cuenta que estos son los que se emplean en el cálculo de producción.

No obstante, bajo un PB facturable, pueden colgar en un nivel inferior de desglose (nivel 4) varios PBs imputables. De esta forma se permite un mayor detalle de control de costes.

Centros de Coste: se trata de unidades organizativas de control de gestión que representan “dónde” se producen los costes, y en qué conceptos (pago de nóminas, formación de personal, compras, obtención de permisos legales, etc.). Es tarea de la

compañía establecer una estructura de centros de coste para recoger la dónde se producen los costes. Esta estructura servirá para los cálculos de costes parcial o global dentro de la empresa. Los elementos PEP sobre los que establece el control serán los imputables (PB).

Centros de Beneficio: análogamente a los centros de coste, los centros de beneficio “dónde” y “en qué” se producen los beneficios. En este caso también se ha de establecer una estructura de centros de beneficio paralela a la de centros de coste, y que permite el cálculo de beneficios parcial o globalmente. En este caso se actúa sobre los elementos facturables (PA).

Indicadores Operativos: son marcadores que determinan las dos características principales de un elemento PEP:

- **Facturación:** indica la posibilidad de facturación desde un elemento, o la posibilidad de planificar ingresos.
- **Imputación:** establece que se pueden imputar costes a este elemento, o la posibilidad de planificar costes.

En caso de que un elemento PEP (elementos de tipo PB no facturables) no esté identificado como facturable, se entiende que tiene un cálculo de producción por matriz, por lo que sus costes se acumulan a los del elemento PEP inmediatamente superior en la estructura PEP.

Workplace: Se trata de una bandeja de entrada para cada unos de los usuarios de SAP, una especie de correo interno de SAP desde el que recibir y enviar tanto documentos, como tareas a realizar. Estas tareas reciben el nombre de *workflows*, y son avisos, o alarmas, del sistema programables que se dirigen a los usuarios (uno o varios) en función de su misión o jerarquía dentro de la organización, y que en ocasiones habilitan al receptor para emprender una acción.

3.1.3 Traslación de EDT a SAP

Ya se ha tratado la Estructura de Desagregación del Trabajo (EDT) como herramienta fundamental para la planificación y el control del alcance, los plazos y los costes de los proyectos. Durante la fase de ejecución del proyecto será requisito imprescindible para el control del proyecto garantizar que la información real del mismo se registre en los sistemas de información (herramientas) respetando la estructura marcada por la EDT.

Una vez definida la estructura de desglose de actividades es interesante fijar la estructura apropiada y definir los criterios de la apertura de referencias (elementos PEP) del proyecto en SAP [12].

Por tanto, la estructura de referencias de SAP ha de fundamentarse en la EDT, ya que SAP es fuente de información básica de los costes del proyecto. En este apartado veremos cómo puede llevarse a cabo la traslación de la EDT de un proyecto de ingeniería.

3.1.3.1.1 Estructura y desarrollo de referencias

Por el registro de la información en SAP y dada su parametrización actual, existen dos condicionantes que nos van a marcar la forma de trasladar la EDT a las referencias de proyecto en SAP:

- *Los costes sin pedido previo:* como pueden ser horas/hombre, u otros costes directos sin pedido, se registran directamente en SAP sin existir información previa de los mismos en ningún otro módulo. Por tanto obliga a desarrollar en SAP el último nivel de desagregación definido en la EDT para aquellos paquetes de trabajo susceptibles de consumir este tipo de costes dado que no pueden ser englobados en ninguna otra categoría.
- *Los costes a través de pedidos previos o contratos:* en este caso ya existe referencia previa puesto que entran al proyecto a través del módulo de compras (MM) de SAP. Sin embargo las características de este módulo son incompatibles con una gestión ágil y eficaz de pedidos de alcances con imputación múltiple en la EDT. Por ejemplo un contrato cuyo alcance fuera 10 paquetes de trabajo de la EDT y una previsión de trabajo de 10 meses, obligaría a crear 100 posiciones en el pedido de compras para poder controlar los costes reales al nivel requerido en la EDT.

Por ello, para los paquetes de trabajo que requieran gran desglose, como pueden ser suministros y ejecución, se dejará la gestión de detalle para las herramientas específicas de control de plazos y costes (por ejemplo Primavera), desarrollando en SAP solo los primeros niveles de desagregación. En el ejemplo sólo habrían de realizarse 10 referencias.

Para realizar el desarrollo de las referencias las organizaciones establecen plantillas estándar que pueden ser consultadas y que ofrecen un listado de cada una de las partidas de la EDT y su correspondencia en la estructura PEP de SAP.

A continuación se detallan los criterios de desagregación de referencias (una referencia se corresponde con un elemento PEP, que a su vez se corresponde con un producto entregable o actividad de la EDT) por niveles:

Desarrollo de referencias en niveles de supraestructura

Se trata de los niveles superiores de la jerarquía de la estructura PEP, los de menor desglose.

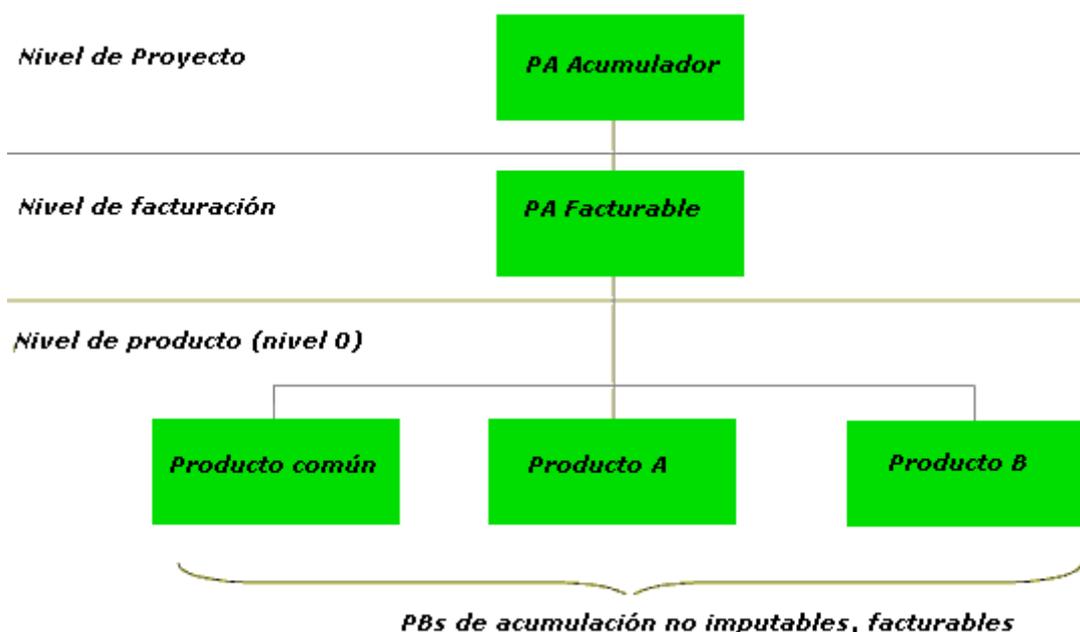


Figura 27. Niveles PEP de supraestructura

En la figura anterior podemos ver que:

- Se establecen dos niveles de PAs (elementos PEP facturables y en ocasiones imputables): El primer nivel, la raíz del árbol de jerarquía, será ficticio, un mero acumulador. El segundo nivel es el previsto para realizar la facturación, o por ejemplo contemplar la desagregación de países en proyectos internacionales en caso de haberlos (se replica la estructura en cada país adaptándola al alcance previsto a ejecutar en cada uno de ellos).
- El siguiente nivel de desagregación representa el producto de la EDT, serán PBs (elementos PEP imputables y en ocasiones facturables), por lo tanto, meros acumuladores de coste sobre los que realizar el cálculo de producción.

Desarrollo de referencias en niveles inferiores

En general dentro de los productos entregables de cada proyecto pueden distinguirse aquellos que suelen estar presentes en todos los proyectos, denominados comunes, y aquellos que son propios de cada proyecto. Estos a su vez pueden subdividirse en varias categorías que deberán recibir diferentes niveles de desglose para ofrecer la posibilidad de facturación e imputación de costes.

A continuación dado que el desglose de los niveles inferiores de la EDT depende en gran parte de las características del mismo, y para ilustrar la manera de desarrollar dichas referencias se ejemplificará la realización de este para diferentes productos entregables:

- En el caso de un producto común por ejemplo: contingencias, transporte, y de gestión de proyectos.

3. Herramientas software empleadas

Producto común	Consideraciones
Contingencia	<p>Se establecen dos elementos PEP (PB) a nivel 2: contingencias técnicas (un coste más del proyecto) y contingencias comerciales.</p> <p>Estas referencias se mantendrán siempre con <i>plan de ingresos igual al plan de costes</i>, ya que sus únicos movimientos durante la fase de ejecución del proyecto serán variaciones de costes e ingresos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Su aplicación en los paquetes de trabajo que los requieran. ○ Aflorar márgenes si así lo aconseja el análisis de las tendencias del proyecto.
Transporte	Es una actividad en si misma por lo que el nivel 1 será el único nivel de desagregación en SAP, serán elementos PEP facturables e imputables, en los que se calculará producción e imputarán los costes reales.
Gestión de proyectos	Este paquete de trabajo es un claro ejemplo de partidas con costes no referenciados desde otro módulo en SAP, por tanto requiere un desglose a último nivel de la EDT para registrar los costes reales (imputables). En el nivel 2 (grupos) mediante elementos PB puede realizarse la facturación y por tanto el cálculo de producción con los costes acumulados por los elementos PB, colectores de costes, del nivel inferior (áreas).

Tabla 9. Ejemplo de apertura de referencias producto común

- Y en el caso de un producto específico pueden ser:

Producto específico	Consideraciones
Ingeniería	<p>Requieren desglosarse hasta el nivel de actividad: Elemento PB situado en nivel 1 de desglose, no facturable y no imputable. Disciplina de ingeniería (nivel 2): elementos PEP facturables y no imputables. Será en este nivel donde se calcule producción y se realice el control de disponibilidad. Actividad concreta(nivel 3): colectores de coste (elementos PEP no facturables e imputables)</p>
Suministros	Subcontratados, serán dos elementos PB de nivel 1 que no se desglosarán en niveles inferiores, lo cual les convierte en elementos de cálculo de producción facturables e imputables.
Ejecución	<p>Elemento PEP no facturable y no imputable. En él se reflejan los costes propios de pedidos previos o contratos. Por tanto se emplea un último nivel de desglose dónde facturar e imputar costes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Obra Civil, montaje e infraestructuras: dada la cantidad de referencias necesarias, y con objeto de agilizar la gestión de los pedidos y contratos asociados a estos paquetes de trabajo, el desarrollo de referencias se limita a los niveles superiores de desagregación de la EDT, quedando los niveles inferiores de la misma para las herramientas específicas de control de costes y plazos como Primavera.

Tabla 10. Ejemplo de apertura de referencias producto específico común

Las tablas 9 y 10 tan solo ejemplifican una posible forma de apertura de referencias para un proyecto de ingeniería, que atendiendo a las características de este puede ser muy diferente. Siguiendo el desglose de la supraestructura de la figura 27 la traslación de la EDT a la estructura PEP quedaría de la siguiente manera:

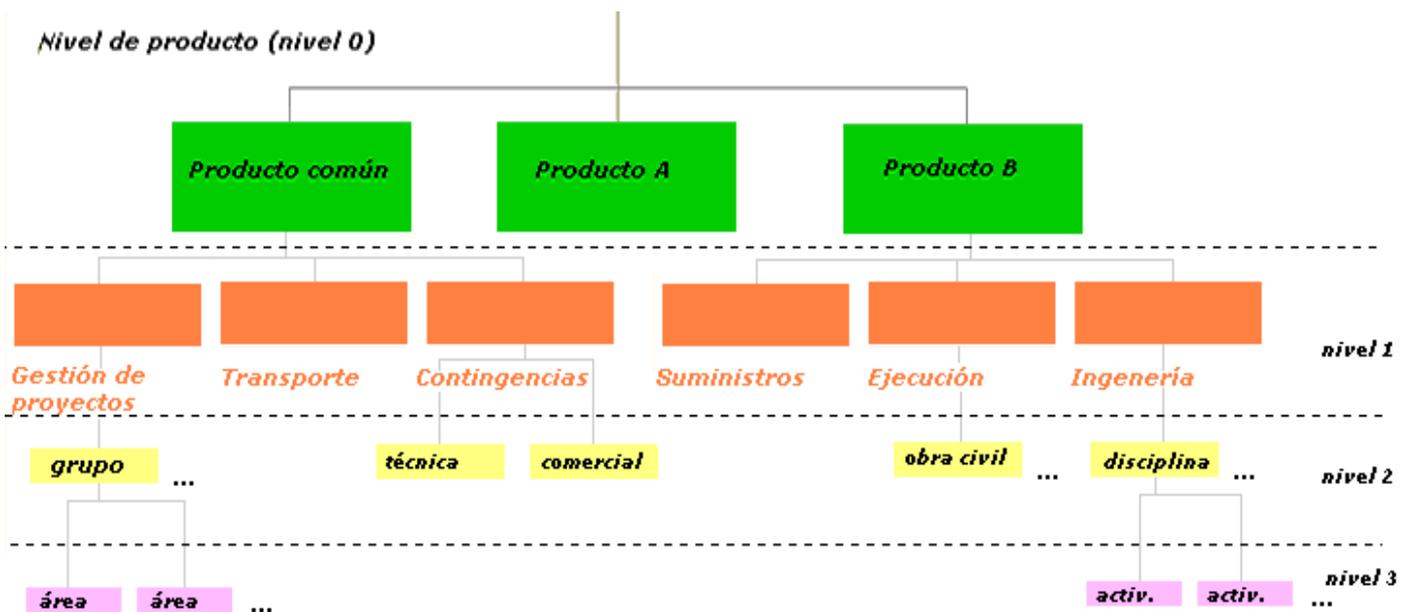


Figura 28. Ejemplo de niveles PEP inferiores

Responsables de Referencias

Por último es necesario establecer la responsabilidad de apertura de referencias dentro de SAP: los responsables de referencias serán los de cada paquete de trabajo conforme a lo dispuesto en la matriz de responsabilidades de la EDT. No obstante esta asignación obedece al sentido común, siendo cada responsable de producto entregable el responsable de las referencias relacionadas con el mismo. Esta responsabilidad viene respaldada por la aceptación de modificaciones mediante firma electrónica.

La aceptación de apertura de referencias o planificación en SAP R/3 sigue los siguientes pasos de firma electrónica:

- Modificación de datos en la versión de modificaciones
- Se lanza un workflow de replanificación de referencia
- El responsable de referencia firma
- El director de proyecto firma
- Los datos se copian en la versión oficial.

3.1.4 Creación de un proyecto

Una vez se han visto los criterios apropiados para una correcta construcción de la EDT veremos con un ejemplo a modo de tutorial, como realizar su implementación sobre el sistema. Una vez se ha accedido a SAP (mediante usuario y contraseña) se muestran el menú SAP y nuestros favoritos seleccionados de dicho menú. Este menú está compuesto por múltiples opciones (oficina, logística, gestión económica, recursos humanos, partes de trabajo y sistemas informáticos) entre las cuales se han de seleccionar aquellas tareas de la gestión de proyectos que se deseen llevar a cabo, como por ejemplo la planificación o creación de un proyecto en SAP. En este caso

3. Herramientas software empleadas

Seleccionamos dentro del menú SAP la tarea de creación de proyectos, que lanza el asistente Project Builder.

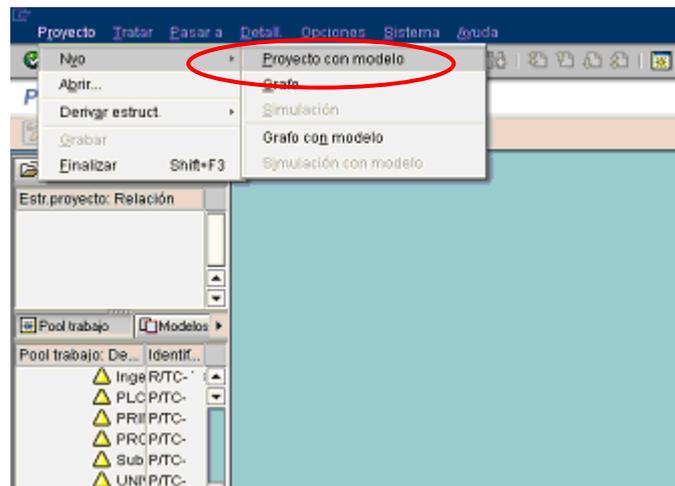


Figura 29. Creación de Proyecto SAP (I)

En primer lugar se ha de proporcionar al proyecto un nuevo código para la estructura (matriz) del proyecto y a continuación se ofrece la posibilidad de que sea productivo o no productivo. En el caso de los proyectos de ingeniería, lo habitual es elegir la opción “*Proyecto productivo*”. Se elegirá un proyecto improductivo por ejemplo en un proceso de oferta, pero la creación será igual que en el caso productivo:

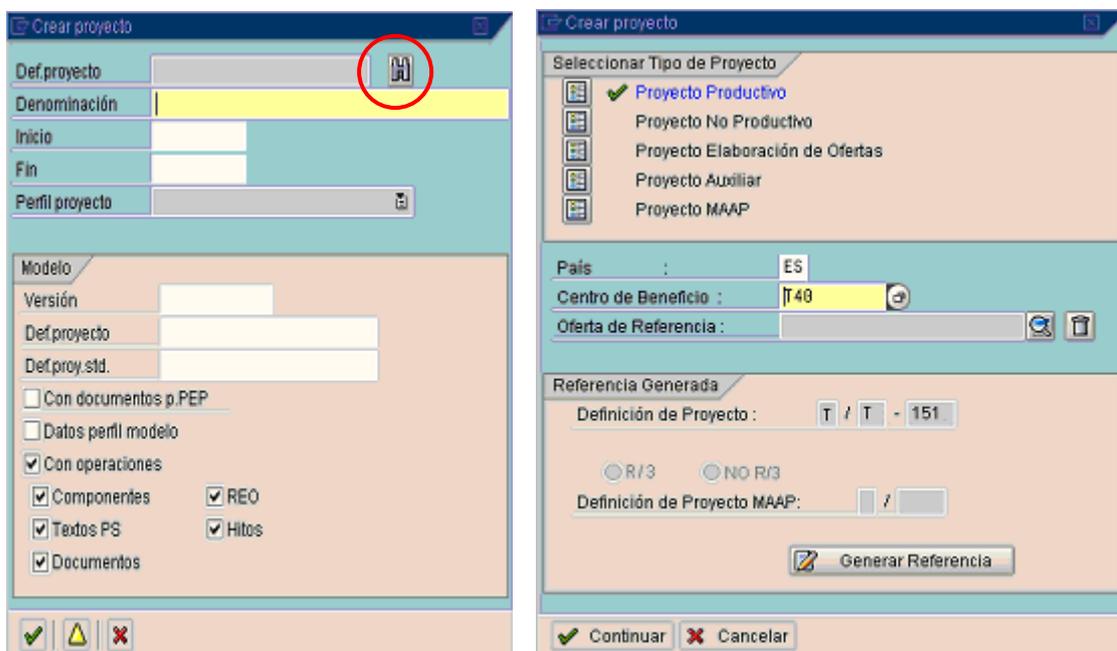


Figura 30. Creación de Proyecto SAP (II)

A continuación se nos pide la definición global del proyecto, el director del proyecto, el centro de beneficio (correspondiente al departamento de la organización que lleva a cabo el proyecto) y la fecha de inicio y fin de proyecto.

Seguidamente seleccionamos generar referencia y la etiqueta del proyecto será generada de forma automática por el sistema.

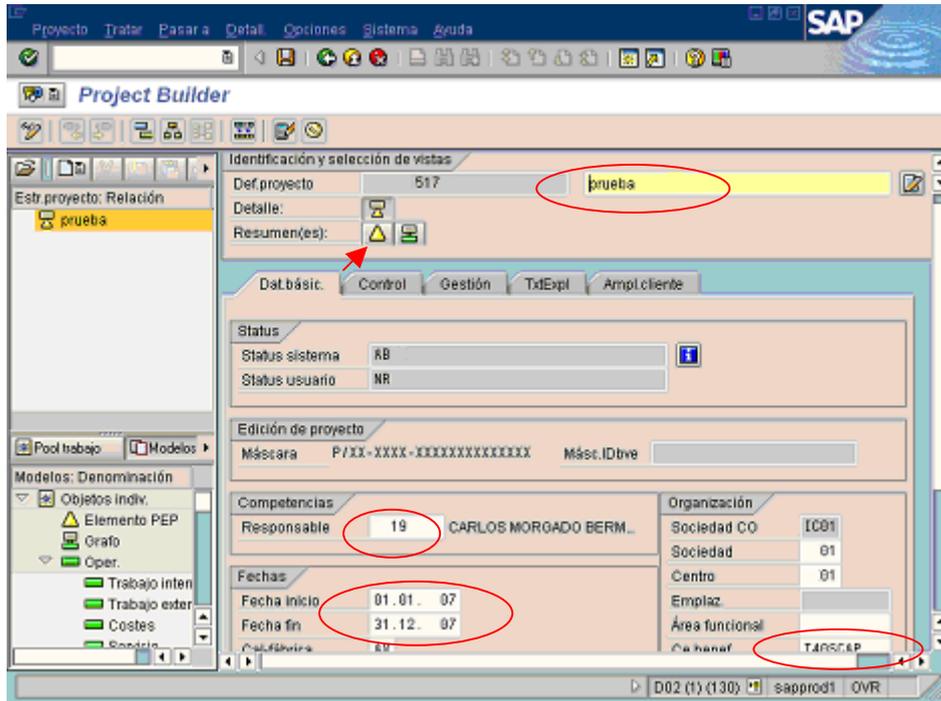


Figura 31. Creación de Proyecto SAP (III)

El siguiente paso es construir la estructura de desglose de trabajo del proyecto (click en triángulo amarillo, lo cual nos mostrará el resumen de la EDT). Bastará no obstante con crear un primer y único nivel:

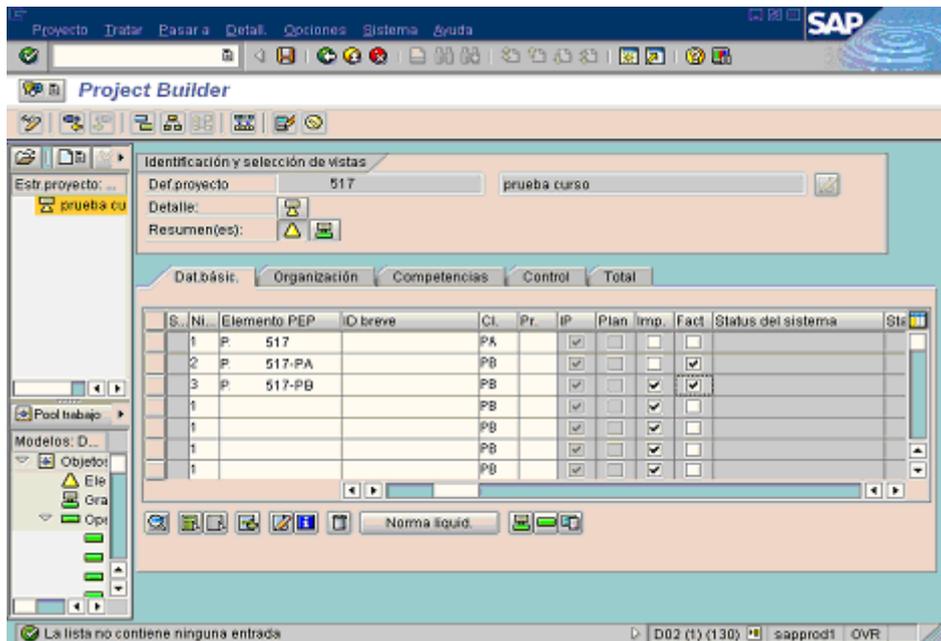


Figura 32. Creación de estructura PEP-EDT SAP (I)

Como ya hemos visto crearemos un primer nivel ficticio de nivel 1 acumulador de facturación y costes y que nos permitirá mas adelante ir generando una estructura mayor. Con esto el sistema daría por válida la EDT del proyecto, sin embargo, y a modo de ejemplo, se han creado una PA facturable (nivel 2) y una PB facturable e imputable (nivel 3) con lo cual el proyecto será facturable, imputable y permitirá el cálculo de producción. Para crear un elemento PEP basta con darle nombre, nivel y características de facturación e imputación (indicadores operativos), el resto de parámetros, de integración de referencias, son heredados del elemento PA de nivel superior que veremos más adelante. SAP respeta el orden en que se crean los elementos PEP y los jerarquiza según ese mismo orden de modo que un PEP de nivel 3 creado tras uno de nivel 2 “cuelga” directamente de este en el árbol de jerarquía.

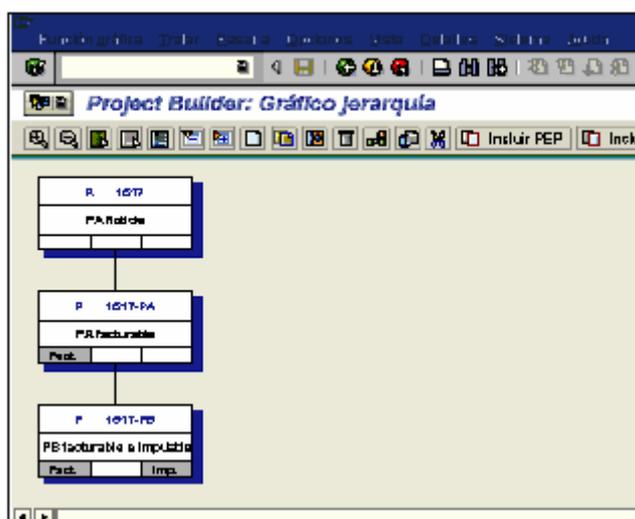


Figura 33. Creación de estructura PEP-EDT SAP (II)

Si se desea ver una representación gráfica de la EDT (figura 33) del proyecto, a modo de comprobación, puede hacerse mediante la selección del botón de la parte superior izquierda con forma de árbol jerárquico. El resto de la estructura se ira creando a medida que sea necesario, y en función de las necesidades y características del proyecto.

El siguiente paso es rellenar los datos de *integración de la referencia*, la referencia en la que hay que introducir los datos de integración es la PA facturable de nivel 2. Para pasar a la pantalla correspondiente pincharemos el botón derecho del ratón sobre la pantalla principal del proyecto y seleccionamos la opción de integración de proyecto.

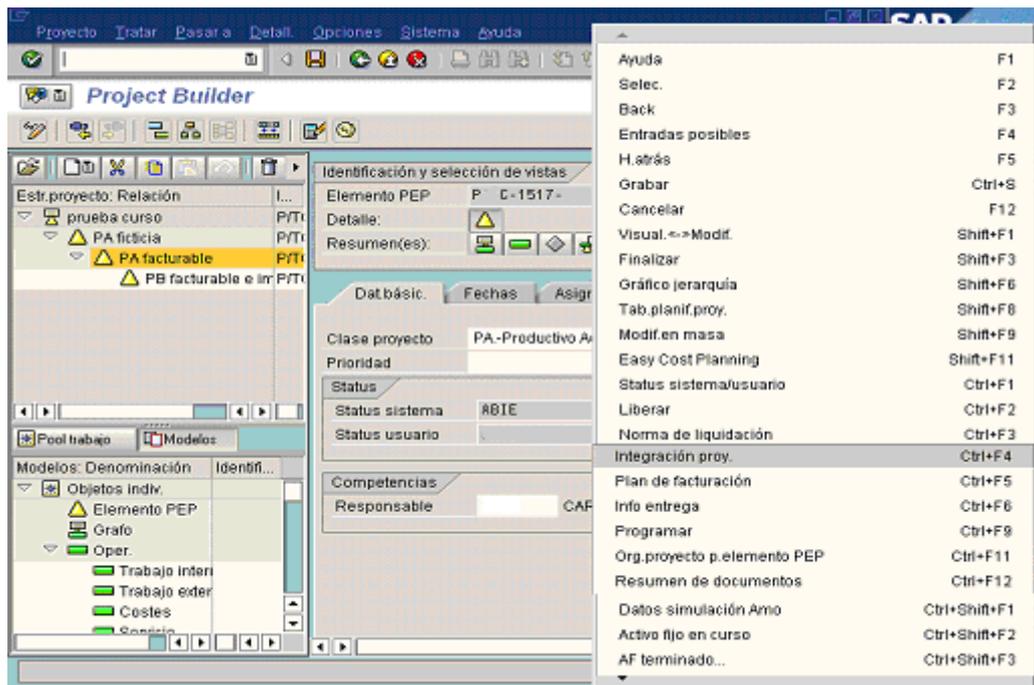


Figura 34. Integración de referencia SAP (II)

Los datos que se han de rellenar son los siguientes:

- *Cálculo de producción*: pueden seleccionarse aquellos métodos de cálculo definidos por la organización. Por ejemplo podremos seleccionar tanto alzado con estructura según haya sido definido por la organización.
- *Cliente*: codificado mediante un número por la organización y ya existente en los módulos SAP. Es el campo obligatorio.
- *Tipo de servicio*: por ejemplo ingeniería o llave en mano.

Una vez completados los campos, ha de grabarse la información al salir con lo que se concluye la creación de un nuevo proyecto.

3.1.5 Planificación de costes e ingresos

Mediante el uso de SAP se pueden planificar y controlar los proyectos llevados a cabo por la organización con gran nivel de detalle, gracias a su capacidad para reproducir la EDT del proyecto y albergar información referente a su disposición temporal (cronograma), y sobre todo a costes y facturación, acompañando esta capacidad con la posibilidad de poner en común la información procedente de diferentes módulos funcionales.

SAP R/3 permite disponer simultáneamente de múltiples versiones de planificación numeradas o nombradas mediante mnemotécnicos aunque de manera habitual en las organizaciones se suelen emplear tan sólo algunas. Las más representativas:

- **Versión inicial:** mantiene los datos originales de apertura de referencia de proyecto en SAP/R3. Es meramente informativa, un valor de referencia, y no influye para nada en el funcionamiento de SAP.
- **Versión oficial:** sobre la que se calculan las producciones del proyecto con los datos correspondientes a la última (re)estimación realizada, o en su defecto, los datos de apertura de referencia de la versión inicial.
- **Versión de modificación:** es la versión sobre la que se realizan los cambios oportunos según las necesidades del proyecto, como por ejemplo una replanificación, hasta que estos son aprobados (si ha lugar) y pasan a la versión oficial.

Los responsables de referencia, las personas que han de mantener unos determinados elementos PEP, serán los encargados de realizar los cambios necesarios en la versión 0, es decir, introducir las reestimaciones en el sistema. Una vez introducidos estos cambios, es necesario copiar esos datos a la versión oficial, para que sean los datos con los que se calcule la producción (datos oficiales). Mientras no se copien los datos en la versión oficial (proceso de firma electrónica), la reestimación de la planificación no se da por completada.

3.1.5.1 Planificación de costes e ingresos

Una vez se ha desarrollado la estructura de referencias PEP, puede realizarse la planificación de costes e ingresos del proyecto, que como ya vimos se realiza sobre diferentes elementos PEP imputables o facturables respectivamente.

3.1.5.1.1 Planificación de costes

Según lo visto en el apartado de traslación de la EDT a SAP/R3, la planificación de costes se realiza en el nivel correspondiente (nivel 2) sobre los elementos PB imputables. Accedemos a través del menú de usuario de SAP a la planificación de un proyecto en SAP, que encontraremos dentro del área de gestión económica:

- Costes elementos PEP/Modificar planificación costes elementos PEP
- Ingresos elementos PEP/Modificar planificación ingresos elementos PEP.

Con ello se accede a la modificación de planificación de costes de un determinado proyecto como puede verse en la figura inferior:

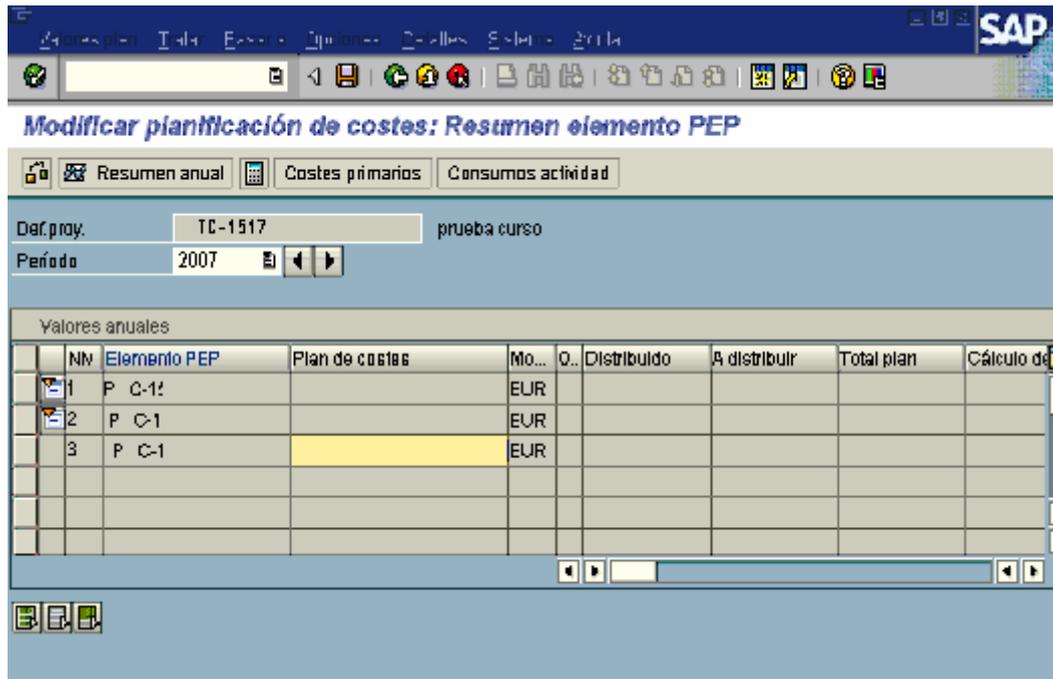


Figura 35. Planificación de costes SAP (I)

A continuación se selecciona (doble click) sobre el elemento PEP sobre el que se desea planificar, y al hacerlo se muestra la planificación de costes (en la figura 36 no se ha planificado nada), de elementos PEP que acumulan planificación a lo largo de varios años.

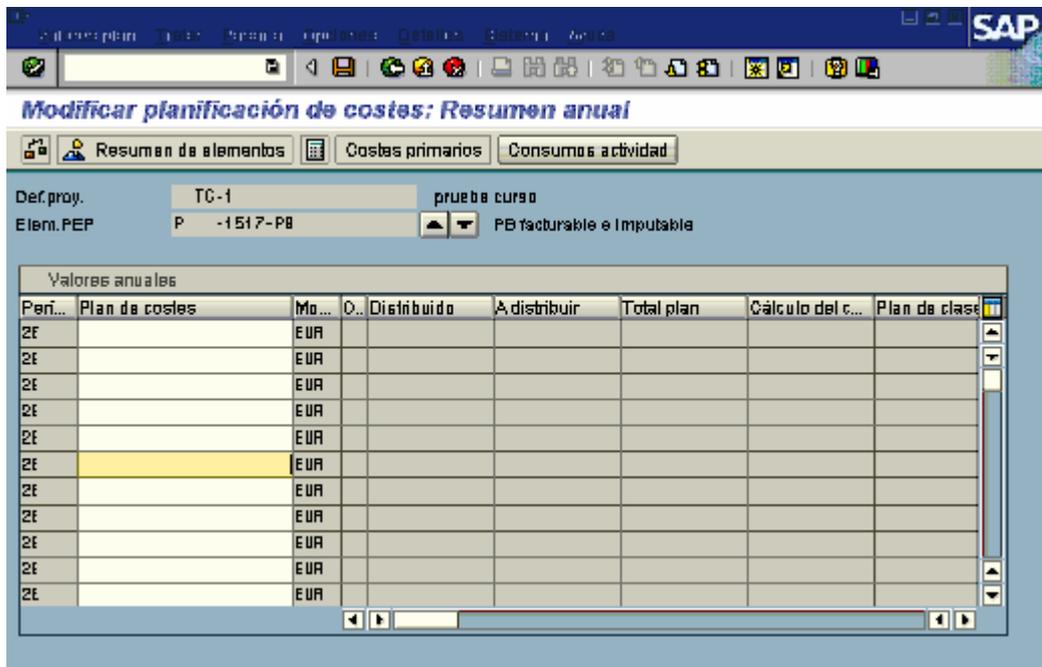


Figura 36. Planificación de costes SAP (II)

Pueden seleccionarse dos opciones de planificación:

- *Costes primarios*: se corresponde con la planificación de OCD (otros costes directos): subcontratación, gastos de viaje, gastos diversos, aprovisionamientos, etc.
- *Consumos de actividad*: se corresponde con la planificación de MOD (mano de obra directa): salarios y retribuciones del personal de la organización.

Para realizar la planificación de cada una de estas 2 opciones basta con situarse sobre el año del que se quieran planificar costes y pulsar la opción deseada: costes primarios (OCD) o consumos de actividad (MOD).

Planificación de Consumos de actividad (MOD)

En la pantalla emergente se solicitará rellenar el centro de coste sobre el que se realizará la planificación. Este dato vendrá determinado por la organización (listado o codificación de centros de coste) y dependerá del departamento que realice la planificación que estará representado por su correspondiente centro de coste:

Clase de actividad	Denominación de clase de actividad
Tx.bve.cl.actividad	junio
Clave de idioma	ES
Sociedad CO	IC0101
Tipo clase actividad	
Clase de actividad	
Ctd.máxima aciertos	5500

Figura 37. Planificación de costes MOD SAP (I)

A continuación se ha de introducir la categoría de mano de obra que se quiere planificar que igualmente vendrá determinada por la organización mediante un listado o codificación específicos. La MOD se puede distribuir automáticamente durante el año o planificar en uno o varios meses, a elección del usuario, en concreto.

Planificar consumos de actividad Modif.: Pantalla de periodos

Partidas Individuales Modificar valores

Versión: 0 Versión planreal
 Ejercicio: 2007
 Elemento PEP: P/TC-1517-P8 PB facturable e Impu
 CcCo emisor: 2TC918042 NOMINA CONTROL Y T..
 Cia emisora: 108 IngeniConsultTecnit

P...	Consumo plan tot...	U...	Total CP en MO	Cl.coste Im...	Tra.plan Cen MS CO	E... Tra.pla
1	1,0	HRA	25,17	0 100	25,17	<input type="checkbox"/>
2	2,0	HRA	50,34	100	25,17	<input type="checkbox"/>
3	10,0	HRA	251,70	000100	25,17	<input type="checkbox"/>
4	15,0	HRA	377,55	0	25,17	<input type="checkbox"/>
5	20,0	HRA	503,40	0001	25,17	<input type="checkbox"/>
6	20,0	HRA	503,40	0001	25,17	<input type="checkbox"/>
7	10,0	HRA	251,70	00010	25,17	<input type="checkbox"/>
8	20,0	HRA	503,40	00010	25,17	<input type="checkbox"/>
9	10,0	HRA	251,70	0 100	25,17	<input type="checkbox"/>
10	10,0	HRA	251,70	0001	25,17	<input type="checkbox"/>

Figura 38. Planificación de costes MOD SAP (II)

Existe la posibilidad de realizar la planificación de forma anual o mensual siendo las opciones disponibles en ambas muy similares. Para finalizar tan solo debemos guardar los cambios realizados en la planificación de costes MOD. Y si se desea salir del proceso de planificación guardar nuevamente los datos.

Planificación de Otros Costes Directos (OCD)

El proceso de planificación de OCD es muy similar al de MOD, de hecho idénticos salvo por una diferencia: cuando se selecciona el elemento PEP y se elige la planificación de OCD se nos requerirá el centro de coste, pero no la categoría puesto que todas las categorías de coste directo se mostrarán simultáneamente.

Planificar costes primarios Modif.: Pantalla de resumen

Partidas Individuales Modificar valores

Versión: 0 Versión planreal
 Periodo: 1 a 12
 Ejercicio: 2007
 Elemento PEP: TC-1517-P8 PB facturable e impu
 Moneda trans.: EUR EURO6

Clase de c...	Total CP en NT	CD	Consumo plan tot...	CD	U...	G...	E...
770001	INGRESOS EXTRAORDIN.	1		1			<input type="checkbox"/>
6020	Aprovisionamientos	158.289,00	1				<input type="checkbox"/>
6	Subcontr. Ext. Ingen.	1		1			<input type="checkbox"/>
6 2	Subc. Externa Cons/Mo	1.000,00	1				<input type="checkbox"/>
6 3	Subcontr. Extern. Otro	500,00	1				<input type="checkbox"/>
E 2	Gastos de viaje	48.523,00	1				<input type="checkbox"/>
6	Gastos financieros	1		1			<input type="checkbox"/>
6700	Gastos extraordinari	1		1			<input type="checkbox"/>
6203	Formación	1		1			<input type="checkbox"/>
6250	Seguros	1		1			<input type="checkbox"/>

Figura 39. Planificación de costes MOD SAP (III)

Tras introducir el coste planificado para el elemento PEP, de nuevo al salir, se deben grabar por dos veces los cambios realizados.

3.1.5.1.2 Planificación de ingresos

El acceso es igual al de planificación de costes: se selecciona (mediante doble click) un elemento PEP, que en este caso habrá de ser un PB facturable, y aparece la pantalla de planificación por años.

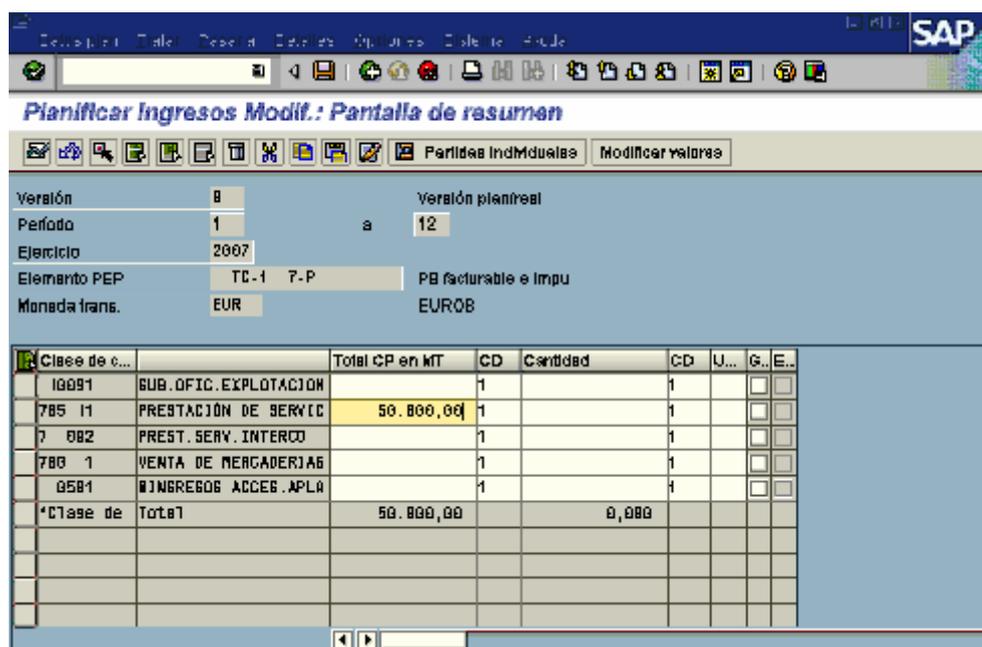


Figura 40. Planificación de ingresos SAP

En este caso las clases de ingresos a seleccionar son determinadas también por la organización. En el caso de una organización dedicada a la ingeniería con varias empresas o departamentos de la misma organización colaborando en la realización de un proyecto, se tienen:

- prestación de servicios: facturación a clientes exteriores.
- prestación de servicios inter-organización: si el servicio ha sido prestado dentro de la organización (por ejemplo a otro departamento).

De igual modo que se vio en la planificación de costes, la planificación puede ser automática (equitativa) a lo largo del año, o planificarse manualmente la facturación mensual. Es importante planificar los ingresos según los hitos previstos de facturación, ya que los hitos de facturación reales del pedido se crean en base a la planificación que se realizan durante la planificación.

Una vez finalizada la planificación, o replanificación, de la estructura PEP, y una vez se han comprobado los la corrección de los datos introducidos, se han de copiar los datos en la versión oficial siguiendo el proceso de firma electrónica.

3.1.6 Control de costes e ingresos

Gracias a las posibilidades de planificación de SAP, a su ya mencionada modularidad, y a la unicidad de datos que proporciona el control de los mismos se facilita en gran medida. De esta forma los responsables de referencias pueden dar entrada a flujos de información que pueden ser consultados de forma instantánea por los miembros de la organización encargados del seguimiento y control del proyecto.

El control puede realizarse bien mediante consultas detalladas de hechos puntuales (por ejemplo la verificación de que se ha incurrido un determinado coste o ingreso), o mediante la extracción de grandes cantidades de datos mediante extracción de informes.

Extracción de informes

Desde el menú de SAP puede accederse al sistema de información donde se recogen todos los informes programados en el sistema hasta el momento. Como se puede ver en la figura 41, la estructura de informes está desarrollada en forma de árbol.

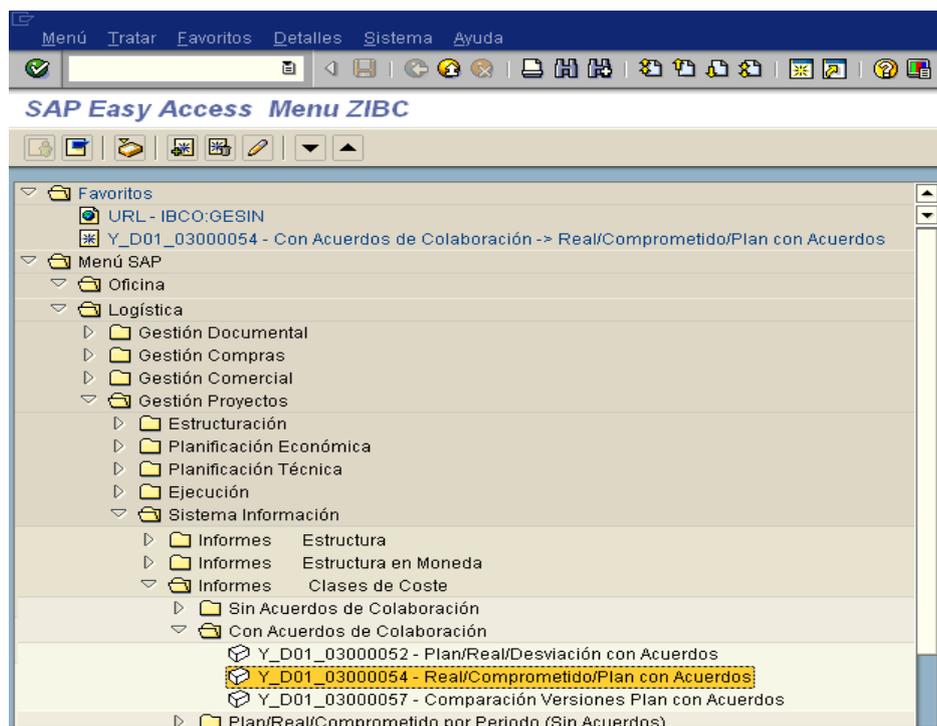
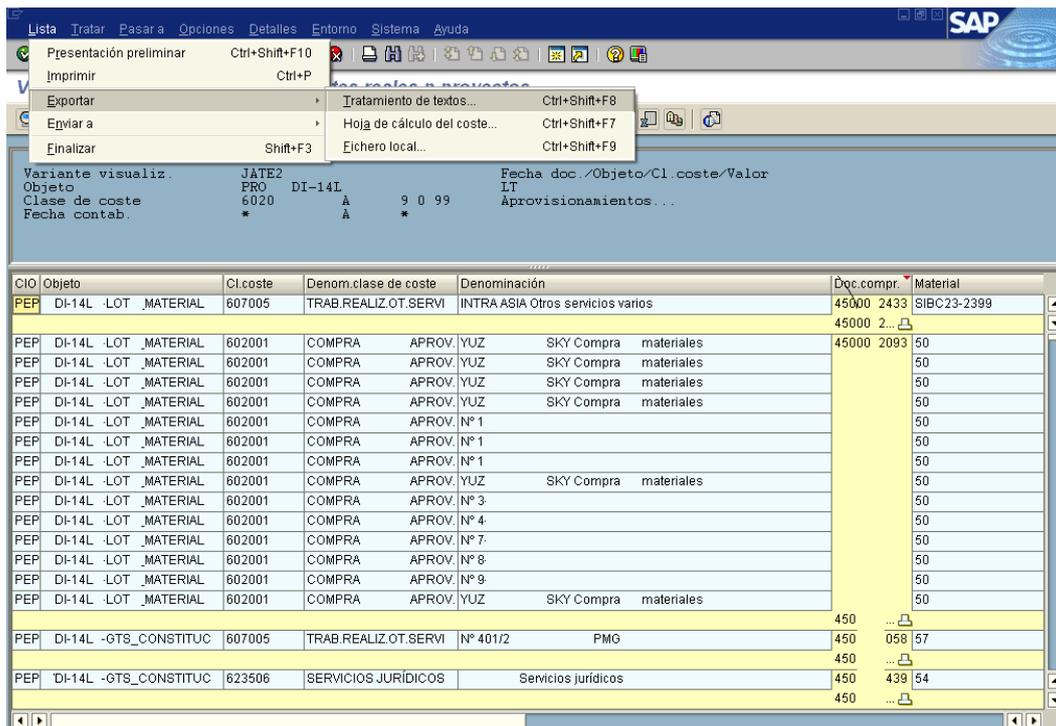


Figura 41. Extracción de informes SAP (I)

Una vez seleccionado un tipo de informe, por ejemplo un informe de planificación (Figura 42), se solicitan al usuario la referencia del proyecto y la versión sobre la que se desea obtener el informe.

3. Herramientas software empleadas



The screenshot shows the SAP interface with a menu open. The 'Exportar' option is selected, and the sub-menu 'Hoja de cálculo del coste...' is highlighted. Below the menu, a table displays cost data for various objects and materials.

CIO	Objeto	Cl.coste	Denom.clase de coste	Denominación	Doc.compr.	Material
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	607005	TRAB.REALIZ.OT.SERVI	INTRA ASIA Otros servicios varios	45000 2433	SIBC23-2399
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	YUZ SKY Compra materiales	45000 2093	50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	YUZ SKY Compra materiales		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	YUZ SKY Compra materiales		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	YUZ SKY Compra materiales		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	Nº 1		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	Nº 1		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	Nº 1		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	YUZ SKY Compra materiales		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	Nº 3		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	Nº 4		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	Nº 7		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	Nº 8		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	Nº 9		50
PEP	DI-14L .LOT .MATERIAL	602001	COMPRA APROV.	YUZ SKY Compra materiales		50
PEP	DI-14L -GTS_CONSTITUC	607005	TRAB.REALIZ.OT.SERVI	Nº 401/2 PMG	450	058 57
PEP	DI-14L -GTS_CONSTITUC	623506	SERVICIOS JURÍDICOS	Servicios jurídicos	450	439 54
PEP	DI-14L -GTS_CONSTITUC	623506	SERVICIOS JURÍDICOS	Servicios jurídicos	450	...

Figura 42. Extracción de informes SAP (II)

El informe se muestra según las características del Layout seleccionado que puede ser modelado al gusto del usuario. Esta información no puede ser tratada en SAP, sino que se exporta a otra herramienta (SAP ofrece varias opciones de exportación de datos) donde se tratará y se le dará valor añadido, por ejemplo un hoja de cálculo sobre la que pueden seguirse cualquiera de las técnicas o métodos vistos en el apartado de herramientas y técnicas de control de costes: cálculo de márgenes, producción, técnica del valor ganado...

3.2 Primavera

3.2.1 Introducción

Como compañía Primavera comenzó su andadura en 1983 con el lanzamiento de un software destinado a los sectores de ingeniería y construcción. Hoy es una compañía con software muy diverso para la gestión de proyectos en muy diferentes sectores: aeroespacial, defensa, financiero, alta tecnología, energético, etc.

En la actualidad sus productos son empleados por más de de 75.000 clientes en todo el mundo, y su software más extendido y solicitado es Primavera Project Management, versión 5.0, que fue precedida de P3 3.1.

3.2.1.1 Generalidades y tecnología de Primavera Project Management

Tanto Primavera Project Management 5.0 como P3 3.1 son herramientas de gestión de proyectos que permiten a sus usuarios planificar y controlar proyectos con un alto grado de eficiencia, manteniendo la realización de estos a tiempo y bajo presupuesto.

La principal diferencia, a parte de una serie de funcionalidades añadidas, entre P3 y Primavera 5.0 es que mientras P3 considera los proyectos completamente independientes entre sí, la versión 5.0 es capaz de almacenarlos y manejarlos, visualizarlos o analizarlos conjuntamente (multiproyecto) como parte de un programa o proyecto maestro (EPS). Además el uso de la base de datos única incrementa la eficiencia permitiendo así ahorrar tiempo y dinero. Los datos del proyecto se guardan en una base de datos relacional centralizada que reside en un servidor soportada por Microsoft SQL Server, Microsoft SQL Server Desktop Engine (MSDE), u Oracle ⁵.

Primavera permite un número “ilimitado” de accesos de usuarios y de manejo de proyectos simultáneos, a excepción de la implementación con MSDE que está orientada a pequeños proyectos, donde el uso de una base de datos no es necesario. En este caso el número de usuarios está limitado a 8 y la base de datos manejada por MSDE tiene un tamaño de 2 GB (no obstante la migración a SQL Server es sencilla).

Primavera provee una solución integrada de gestión de proyectos mediante herramientas específicas para cada miembro del equipo de trabajo, ajustándose a sus necesidades, responsabilidades y habilidades. Además ofrece interfaces estándar Windows, arquitectura cliente-servidor, posibilidad de conexión vía Web

Para facilitar la planificación y control Primavera 5.0 emplea diferentes módulos, perfectamente integrados entre sí, que aportan diferentes posibilidades y características, entre otros:

- **Gestión de proyectos:** el módulo más importante puesto que define el funcionamiento del programa, consiste en un sistema multiusuario y multiproyecto que permite seguir y analizar el transcurso de los proyectos mediante planificación temporal y control de recursos. Es capaz de soportar complejas estructuras de desglose de tareas, estructuras organizativas, calcular caminos críticos y manejar recursos asociados a un proyecto. Dispone de gran capacidad de personalización de vistas (layouts) para facilitar el seguimiento del proyecto.
- **Comparador:** provee la capacidad de establecer una serie de líneas de base, que permiten la comparación de proyectos entre sí, o de un proyecto consigo mismo, en diferentes etapas de desarrollo o ante diferentes situaciones o decisiones. Se trata de un módulo estrechamente relacionado con el de gestión de proyectos y por tanto su instalación suele realizarse de modo conjunto.
- **Project-Link:** este modulo establece una unión entre Microsoft Project y Primavera de modo que se pueda trabajar en Project desde Primavera, o bien invocar a

⁵ P3 usaba bases de datos con el motor Btrieve desde 1985.

Primavera desde la aplicación Microsoft Project. Es útil para organizaciones que posean gran cantidad de información almacenada en Microsoft Project.

- **Gestión de metodología:** este módulo autoriza y almacena diferentes metodologías aplicables a proyectos de modo que éstas sean accesibles para la creación de nuevos proyectos, se puedan guardar nuevas metodologías o personalizarlas según las necesidades de un nuevo proyecto.
- **Análisis de cartera:** este módulo recoge y resume información dirigida a directores de proyecto, o personal ejecutivo, de uno o varios proyectos, permitiendo así un rápido seguimiento, análisis o comparación de los datos ofrecidos.

Existen además otros módulos que permiten establecer horarios de organización entorno a Primavera, posibilidad de accesos vía Web (myPrimavera), o desarrollo de software integrado con Primavera, entre otras cosas.

Al igual que se hiciese con SAP/R3 a continuación se detalla el funcionamiento de algunas de las operaciones que permiten la planificación y control de proyectos en Primavera [10] mediante sus módulos de Gestión de proyectos, y Comparador, que como ya se ha visto, constituyen la base de funcionamiento del programa.

3.2.2 Creación y planificación temporal del proyecto

La creación de un proyecto nuevo es guiada por un sencillo asistente, similar al de cualquier otra aplicación técnica: guiado por pasos, con abundante información e intuitivo. Para ello accederemos mediante Enterprise→Projects y seleccionaremos dentro la estructura de proyectos de la empresa EPS (estructura que resume los proyectos que se llevan a cabo en la empresa) el nodo de esta estructura en que generaremos el nuevo proyecto. A continuación (Add) un asistente nos guiará en la creación del nuevo proyecto.

Como ya se ha comentado, Primavera 5.0 maneja los proyectos dentro de una estructura común que se corresponde con un proyecto maestro o programa de la organización denominado EPS (ver figura inferior).

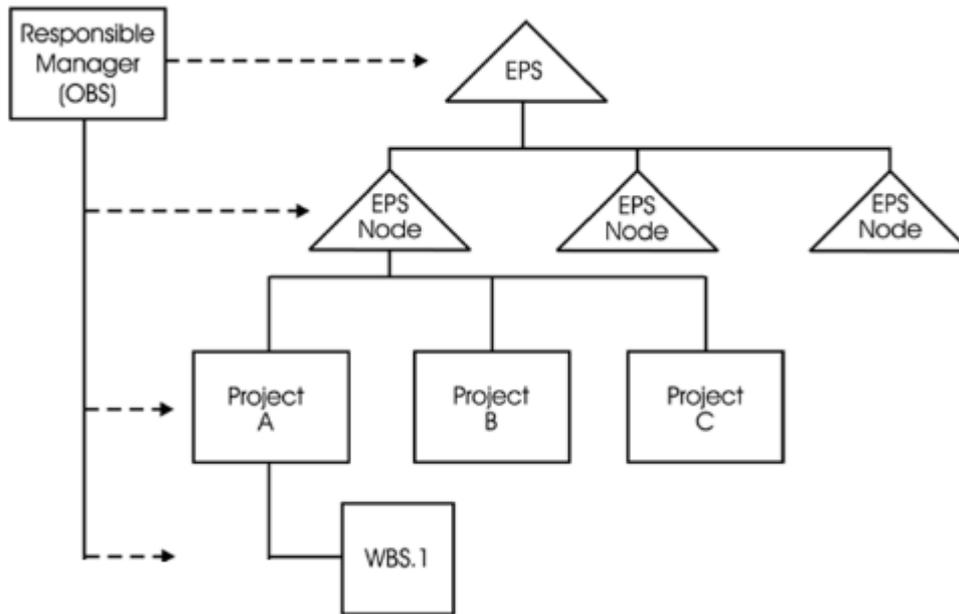


Figura 43. Esquema de relación entre estructuras de responsabilidad (OBS), de proyectos (EPS) y de desglose de tareas (WBS)

Primavera requiere abundante información para la creación de un proyecto, y a su vez permite realizar potentes filtrados y clasificaciones en función de esta: nombre, título, compañía, responsable del proyecto, unidades de planificación, *fechas de inicio y fin*, *comienzo de la semana laboral*, y código de identificación de proyecto.

La imagen muestra la interfaz de usuario de Primavera. En la parte superior, hay una barra de herramientas y un menú. El área principal muestra una lista de proyectos con columnas para 'Project ID', 'Project Name' y una tabla de calendario. Seleccionado está un proyecto con el nombre 'Hydra Corp. CI Capital Improve...'. A la izquierda de la lista, hay una estructura de árbol con nodos como 'Assembly Lines' y 'Facilities'. En la parte inferior, hay un formulario de creación de proyecto con campos para 'Project ID', 'Project Name', 'Status', 'Responsible Manager', 'Risk Level', 'Priority Level/Priority', 'Check. Out Status', 'Checked Out By', 'Date Checked Out' y 'Project Level Site URL'. Hay un botón 'Launch' a la derecha del formulario.

Se selecciona el nodo de la EPS en que se desea crear el nuevo proyecto

Identificación del nuevo proyecto mediante código y nombre

Puede emplearse la información por defecto o personalizarse para el proyecto

Figura 44. Creación de un proyecto sobre un nodo seleccionado de la EPS en Primavera

Una vez se han completado los pasos básicos de creación del proyecto, Primavera ofrece la posibilidad de emplear el Project Architect Wizard que permite copiar parámetros característicos (EDT, nombrado de actividades, presupuestos, relaciones entre paquetes de trabajo...) o metodologías completas (módulo de gestión de metodología) ya empleados en proyectos similares dentro de la misma estructura de

proyectos de la empresa. Es de gran utilidad si se han realizado proyectos similares con anterioridad.

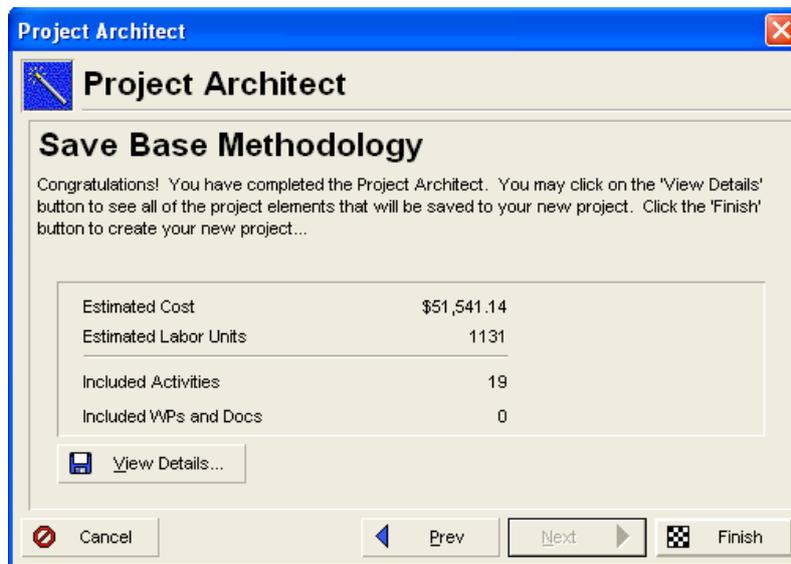


Figura 45. Empleo de Project Wizard en Primavera

3.2.2.1 Estructura de desglose de trabajo y planificación del proyecto

El siguiente paso es la creación dentro del nuevo proyecto de la estructura de desglose de trabajo mediante la introducción de las actividades que componen el proyecto. Al contrario de lo visto en SAP, en Primavera es factible y útil realizar un desglose pormenorizado de cada una de las actividades del proyecto (nivel de paquete de trabajo de la EDT) sin necesidad de agrupar ninguno y llegando por tanto al nivel de mayor detalle explicado en el apartado de metodología. Sin embargo en Primavera, para facilitar la entrada y organización de estas actividades existen dos pasos previos: la introducción de un listado de códigos de actividad; y la creación de las ramas principales, productos entregables, de la EDT.

- *Esquema de la EDT*: se trata de la creación de las ramas principales de la jerarquía de la EDT y que contendrán cada una de las actividades que se introducirán más tarde. Cada rama se creará indexándola por debajo del nivel de la estructura de desglose de tareas que seleccionemos (Project→WBS→Add).

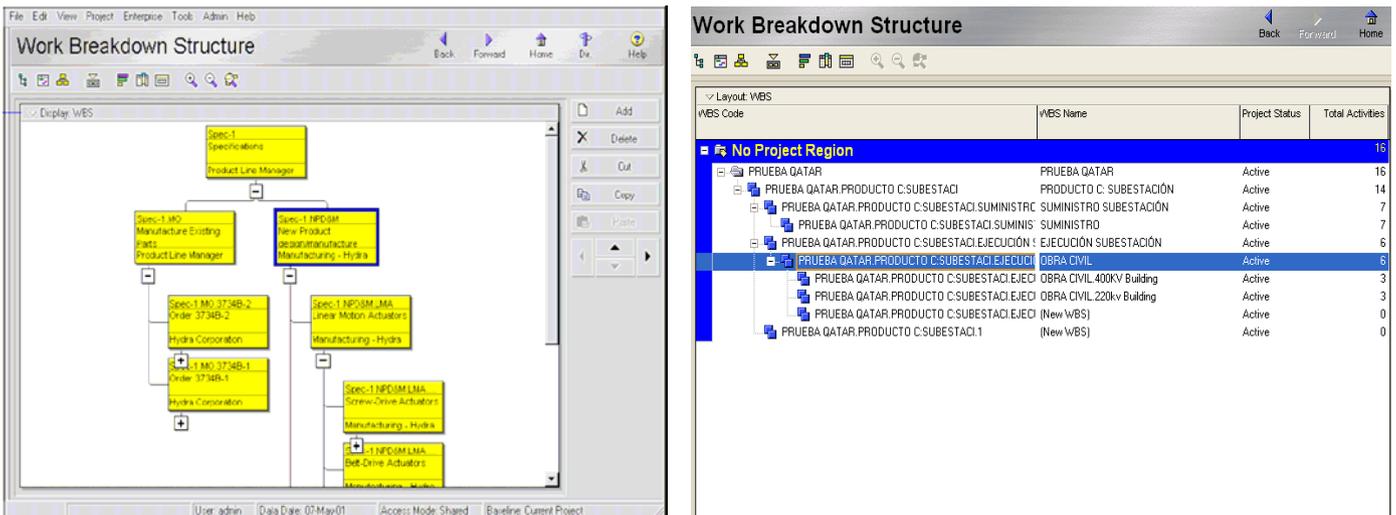


Figura 46. Esquema EDT introducido en Primavera

- Listado de códigos de actividad:* se tratará de introducir un listado de codificación para las diferentes categorías dentro de la organización (responsabilidad, calidad, departamento, diseño, localización, fase del proyecto) que caracterizan a las actividades, y permitirán su posterior filtrado, agrupado o resumen atendiendo a características comunes. El listado se introducirá mediante Data → Activity Codes. Habrán de introducirse la longitud en caracteres deseada y una descripción de cada código. Estos códigos pueden ser de tres tipos:

 - Globales:* códigos que clasifican actividades tanto a nivel de estructura de proyectos de empresa como a nivel proyecto.
 - Nivel de Proyecto:* tan sólo clasifican las actividades dentro del proyecto al que pertenecen. Resultan los más interesantes cuando se trata de gestionar un solo proyecto sin interactuar con ningún otro.
 - Nivel de EPS:* clasifican actividades a nivel de estructura de proyectos de empresa.

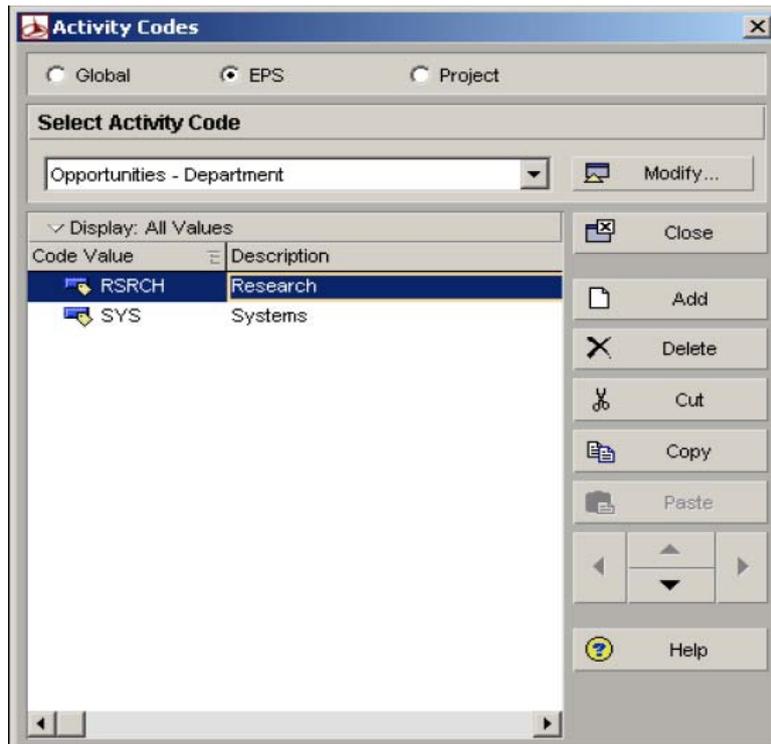


Figura 47. Creación del listado de códigos de actividad en Primavera

No obstante si se desea cambiar el tipo de un código, tanto los códigos de proyecto, como los de EPS pueden ser convertidos en códigos globales.

Como ya se ha dicho la finalidad última de estos códigos es permitir el filtrado (View→Filters/Group and Short), agrupamiento o resumen de actividades en función de sus características comunes.

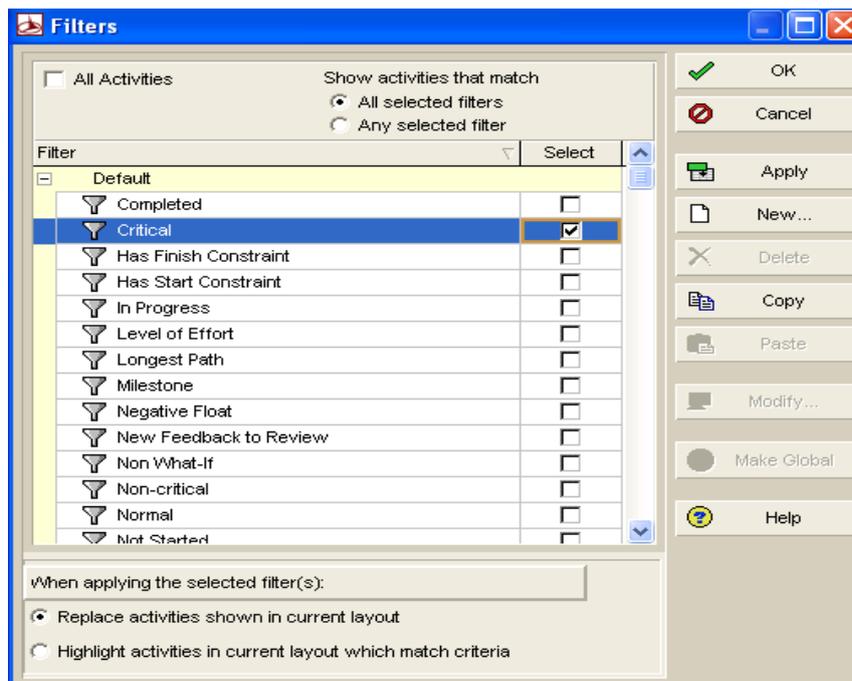


Figura 48. Filtrado en Primavera

3.2.2.2 Creación de actividades

Una actividad es la unidad de trabajo con mayor grado de detalle que tendremos en la EDT (paquete de trabajo), y como tal, contiene gran cantidad de información sobre sí misma: código, duración, calendario, tipo, identificación, descripción, predecesoras, sucesoras, presupuesto, fuentes presupuestarias, restricciones, posición en la EDT, pasos que la componen, modo en que se va a calcular su avance, responsable, principal trabajador que la llevará a cabo, y coste unitario o material.

Entre los parámetros que se han de introducir, intuitivos en general, cabe explicar uno de ellos, el tipo de actividad, puesto que se trata de una clasificación propia de Primavera:

- *Tipo de actividad:* define nueve posibles tipos (tarea, independiente, reunión, inicio de hito, fin de hito, bandera de inicio, bandera de finalización, calendario, o EDT) de actividades que a su vez definen algunas características de tratamiento del sistema, como por ejemplo que sean independientes de cualquier otra, que tengan un presupuesto asociado, que formen parte de las ramas principales de la EDT o que formen parte de un hito del proyecto, bien sea de inicio o de finalización

La introducción de actividades se realiza mediante el botón derecho del ratón, *New Activity*, de forma que tras su creación esta ya aparecerá en su localización correcta dentro de la EDT gracias al campo de código asignado denominado *Código de Identificación de actividad*. Se trata de un código alfanumérico único para cada actividad que por tanto la identifica unívocamente dentro del proyecto.

La diferencia entre un código de actividad y un código de identificación es clara, mientras el primero informa sobre la naturaleza de la actividad que puede ser común con otras actividades, el segundo la identifica de forma única.

No obstante tanto la lista de códigos como el código asignado por actividad podrán ser modificados en cualquier momento de la planificación o control del proyecto si fuera necesario. La numeración (código de identificación) de la actividad puede ser automatizada (con incrementos iguales definidos), o manual. Si deseamos eliminar una actividad realizaremos la misma operación, pero en este caso seleccionaremos *Delete Activity* (o la opción *Dissolve* que veremos más adelante).

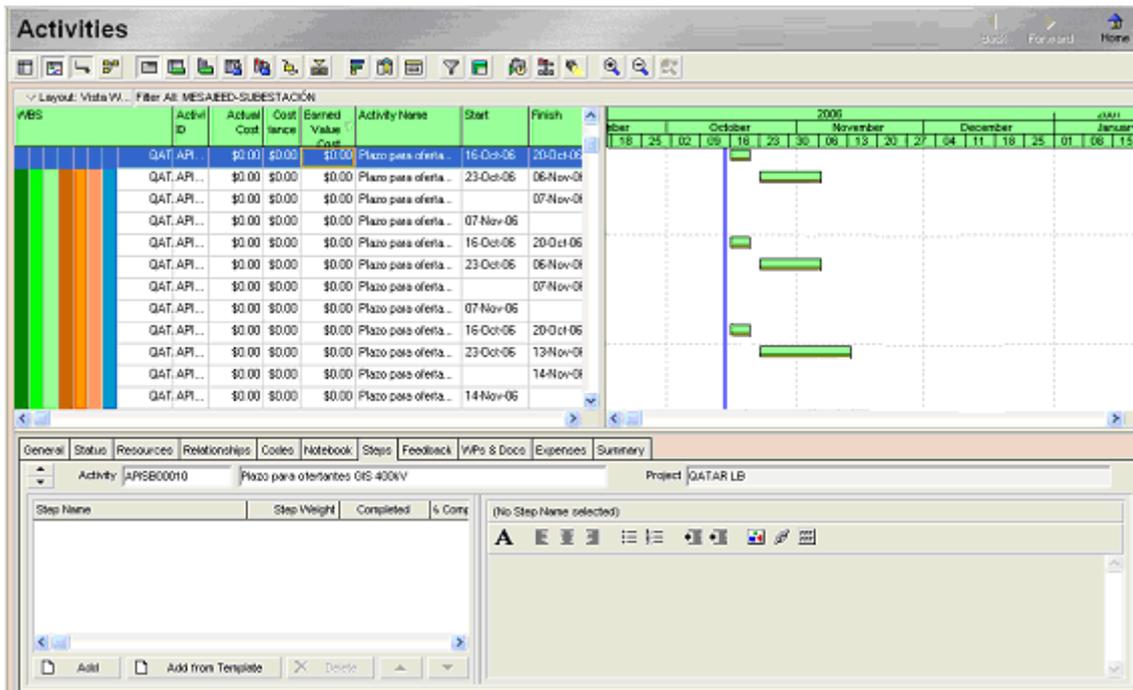


Figura 49. Actividades de proyecto en visualización con diagrama de Gantt en Primavera

En la figura anterior pueden verse el listado de actividades recogidos en la EDT y en la parte inferior los parámetros de la actividad seleccionada.

3.2.2.2.1 Red de precedencia: Visualización mediante Red de actividades y Traza lógica

La visualización habitual de Primavera para el seguimiento de un proyecto es mediante un listado de las actividades indexadas en la EDT, que a su vez puede ser acompañada de su correspondiente diagrama de Gantt (ver figura 49). Sin embargo para la introducción de actividades, o seguimiento del proyecto, Primavera dispone de un modo de visualización (Red de actividades) mediante redes de precedencia que puede seleccionarse a través del botón  y desde el que se puede trabajar de igual manera.

Una vez hecho esto se pueden introducir, en la parte inferior de la ventana, los parámetros que caracterizan la actividad y se representan mediante cajas, Activity box: el formato de estas cajas puede ser modificado eligiéndose los campos que queremos sean visibles.

La ventaja de este método de visualización es que muestra la secuencia de actividades de forma muy gráfica, sin embargo esto puede tornarse una desventaja si el proyecto es de elevada complejidad puesto que el número de relaciones será elevado y requerirá gran capacidad de procesamiento.

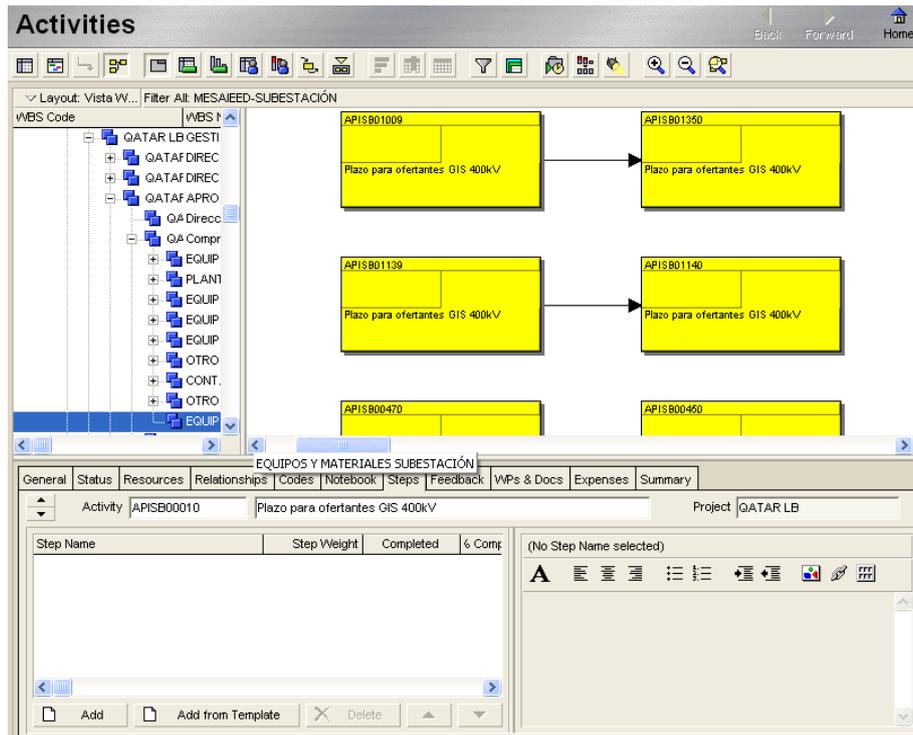


Figura 50. Actividades de proyecto en visualización con traza lógica en Primavera

Por último Primavera ofrece otra opción de visualización: un diagrama de Gantt que a su vez muestra las relaciones de precedencia entre ellas: se trata del detalle de actividades  .

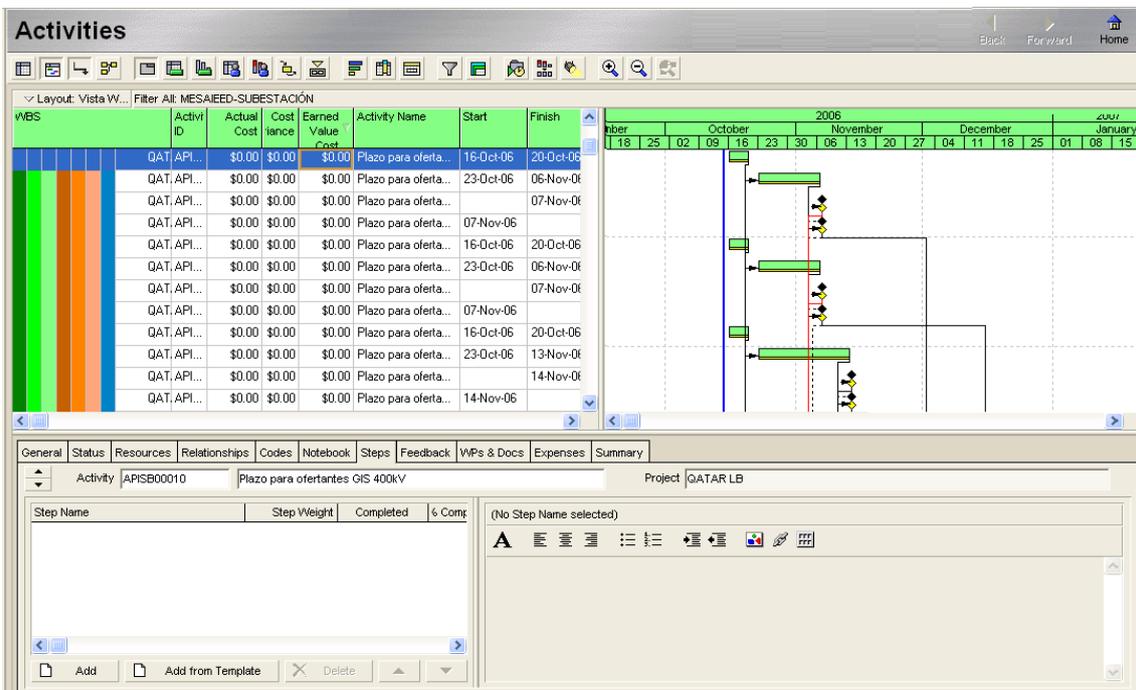


Figura 51. Detalle de actividades en Primavera

3.2.2.2 Relaciones entre actividades y retrasos

Primavera soporta los cuatro tipos de relaciones de precedencia entre actividades que se explicaron en el apartado de metodología (sistemas reticulares), y además incluye la posibilidad de introducir retrasos (Lag) entre una actividad y su sucesora sea cual sea la relación entre ambas. Por ejemplo si tenemos una actividad B que comienza al finalizar la actividad A, y a esta condición se le incluye un retraso de siete días, esto indica que la actividad B comenzará a realizarse tras haber transcurrido siete días de la finalización de la actividad A.

Para establecer estas relaciones en la visualización de red de precedencia podremos hacerlo escribiendo predecesores, sucesores, y el tipo de relación, o bien seleccionando con el ratón el final de una actividad y arrastrándolo hasta el comienzo de la siguiente. Este segundo método establece por defecto una relación fin-inicio, pero puede ser modificado mediante doble click sobre la flecha entre actividades (esta flecha puede personalizarse en lo referido al estilo mediante *Format*→*Relationships*).

Si no se desea emplear la visualización de red de precedencia, se habrán de introducir los parámetros característicos de la actividad en el cuadro de la parte inferior de la pantalla que muestra las características de la actividad.

Un problema que puede plantearse es la necesidad de eliminar una actividad que forma parte de la secuencia lógica del proyecto. Si durante la planificación o control del proyecto se desea eliminar una actividad pero no perder las relaciones con sus predecesoras y sucesoras, puede emplearse la opción de disolver la actividad (*Edit*→*Dissolve*) de modo que Primavera eliminará la actividad al tiempo que establece una relación fin-inicio entre las actividades predecesora y sucesora, manteniendo bajo este criterio la secuencia lógica de actividades.

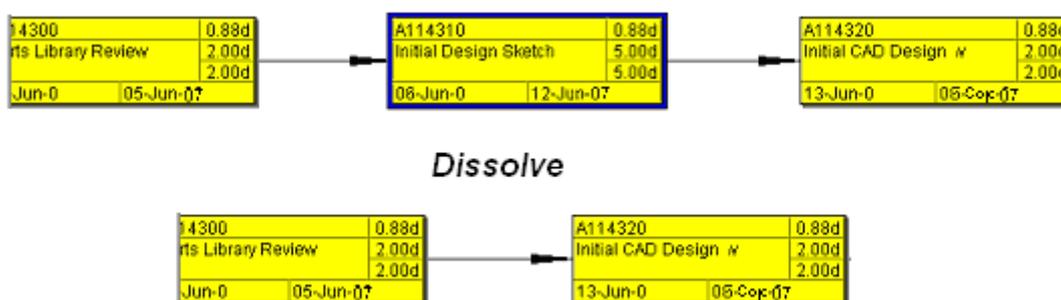


Figura 52. Detalle de actividades

3.2.2.3 Calendarios

Otra de las virtudes de Primavera es la posibilidad de diseñar el calendario de trabajo de cada proyecto, o incluso varios calendarios para un mismo proyecto, pudiéndose seleccionar cada uno de ellos para una determinada actividad.

Para acceder a la configuración de calendarios lo haremos a través de *Enterprise* → *Calendars*, donde podremos seleccionar si queremos crear o editar un calendario global de recursos, o bien el calendario del proyecto:

- *Global*: se emplea por defecto por todas las actividades del proyecto.
- *Recursos o Proyecto*: se trata de un calendario específico de proyecto que se aplicará tan sólo a las actividades que se seleccionen.

En la pantalla de configuración podremos seleccionar día de comienzo de la semana, unidad de medida temporal, vacaciones, días laborables o no laborables, horas de trabajo diario...Por último, si se desea eliminar un calendario se realizará de la misma forma que se creó (seleccionando Delete) y determinando cual será el nuevo calendario para las actividades que tuvieran asignado el que se desea eliminar.

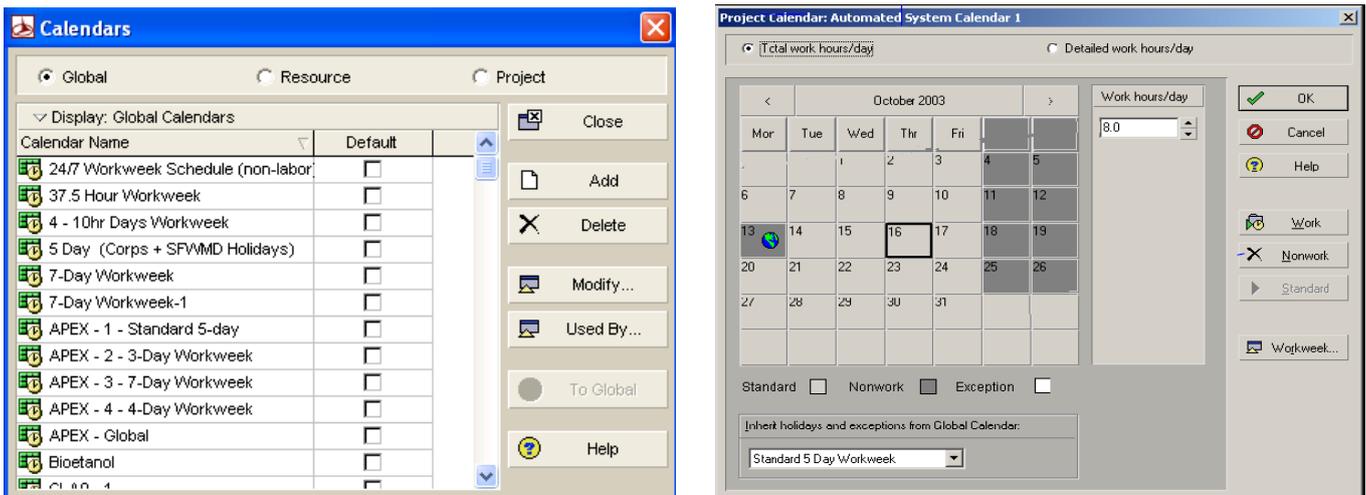


Figura 53. Calendario Global en Primavera

3.2.2.2.4 Restricciones temporales

Cuando se planifican las actividades de manera secuencial, mediante la asignación de sucesoras y predecesoras no todas las relaciones lógicas de dependencia temporal pueden ser detalladas. Por ejemplo la imposibilidad de comenzar “antes de” o acabar “no más tarde de” una determinada fecha.

Estas restricciones se aplican sobre cada actividad (Activity→Status) de forma individual y afectan a las fechas de inicio y fin establecidas como características de las actividades imponiendo su criterio sobre estas y sobre la duración total de la actividad, aunque sin modificarlas.

The screenshot displays the configuration window for an activity named 'Field Painting' under project 'Conv'. The window is divided into several sections:

- Activity:** CS760
- Project:** Conv
- Duration:** Original (4.0d), Actual (0.0d), Remaining (4.0d), At Complete (4.0d), Total Float (0.0d), Free Float (0.0d).
- Status:** Includes checkboxes for 'Started' (06-Jan-05 09:00) and 'Finished' (12-Jan-05 09:00), along with 'Duration %' (0%), 'Suspend', and 'Resume' buttons.
- Exp Finish:** A date field.
- Constraints:** Fields for 'Primary' and 'Secondary' constraints, and 'Date' fields.
- Labor Lmts:** Budgeted (4d), Actual (0d), Remaining (4d), At Complete (4d).

Figura 54. Configuración del estado temporal de una actividad en Primavera

Las restricciones posibles son “No comenzar antes de”, “No acabar antes de”, “Empezar en”, “Comienzo y fin obligatorios”, “Holgura cero” y “Holgura total cero”. Pueden seleccionarse varias restricciones para una única actividad y jerarquizarlas como primaria, secundaria...de modo que en estas se cumplirán siguiendo el orden establecido y siempre que sea posible sin desobedecer una restricción anterior.

3.2.2.3 Administración de costes y expensas

Los costes se manejan en Primavera mediante la utilización de cuentas de control, al igual que ocurría en SAP, y expensas. Las expensas son costes asociados a un proyecto y asignados a una actividad no relacionados con recursos, que generalmente sólo se incurren en una ocasión: no tienen continuidad temporal. Las cuentas de control constituyen una estructura jerárquica que permiten seguir los costes y valor ganado de una actividad (o de los recursos asignados a esta) mediante un código de cuenta de control.

3.2.2.3.1 Cuentas de control

La creación de esta jerarquía se realiza de igual manera que la EDT del proyecto (en este caso mediante Enterprise → Cost accounts) indexando uno tras otro los niveles de la estructura. Una vez realizado esto puede establecerse por defecto la estructura de cuentas de control sobre un proyecto editando las opciones de este (Enterprise → Projects → Project Details → Defaults), pero sólo tendrá efecto sobre las actividades que se introduzcan a continuación.

La cuenta de control puede ser borrada, asignando previamente una cuenta de reemplazo para las actividades a las que estuviese asociada; y de igual forma puede ser copiada y pegada (llevando consigo los niveles jerárquicos inferiores).

3.2.2.3.2 Expenses

Las expensas no disponen de estructura jerárquica, sino que se asignan a una determinada actividad dentro del proyecto si más. Para crear una expensa (Project→Expenses) se han de introducir:

- Un presupuesto mediante el producto de dos parámetros: unidades asignadas y precio de cada unidad,
- Una distribución del coste durante el desarrollo de la actividad: puede seleccionarse si se incurrirá al principio, final o de forma homogénea.
- Categoría de la actividad: Primavera dispone de una serie de categorías según las cuales pueden realizarse filtrados de cuentas de control.
- Descripción de la expensa

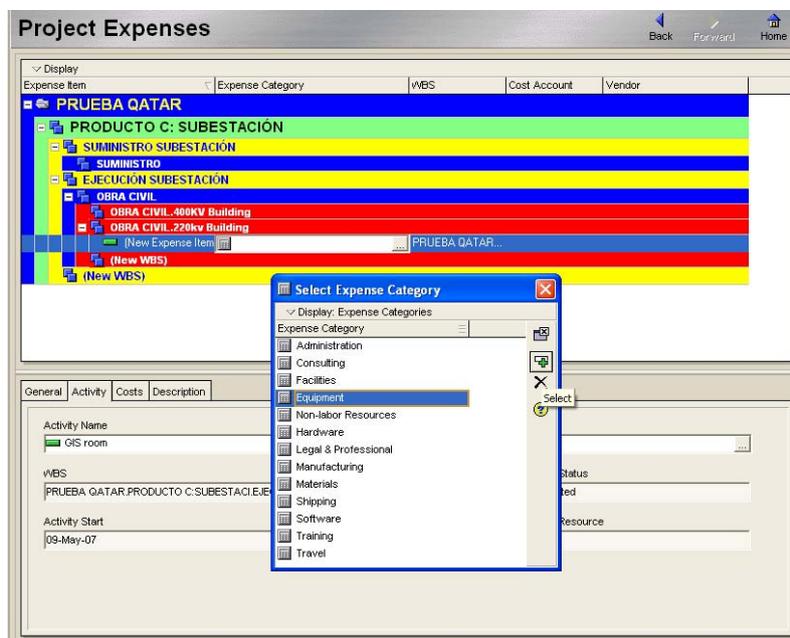


Figura 55. Esquema de expensas en Primavera

La asignación de la expensa a una actividad se realiza de forma inversa, es decir, se selecciona la expensa y se le asigna una actividad.

3.2.3 Líneas de base

Una vez se ha estructurado el proyecto en sí, y con objeto de establecer referencias para medir el avance del proyecto y realizar así su control será necesario establecer las líneas de base.

Una línea de base es una “fotografía” del proyecto, es decir, la situación de un proyecto en un determinado instante, de modo que se puedan comprobar dos instantes diferentes para variar alcances, presupuestos, fechas...en definitiva para controlar el avance del

proyecto y tomar decisiones. Emplearemos en este caso “Línea de base” en su sentido más extenso, incluyendo factores temporales y económicos.

Un proyecto puede tener asignados simultáneamente hasta tres 3 líneas de base, que definen estados o condiciones del proyecto. Primavera ofrece la posibilidad de diferenciar cada una de ellas en función de la información que nos facilite con tres tipos: inicial, condicional, o estado intermedio. Estas líneas pueden ser creadas a partir del proyecto sobre el que se quiere ejercer control o a partir de otro proyecto con el que se desea realizar una comparación. Para modificarlas se han de desligar de los proyectos con los que estuvieran relacionadas.

Para crear una línea base (Project→Maintain Baselines) se ha de seleccionar el proyecto a partir del cual se desea establecer (el proyecto que se desea “fotografiar”), sin que éste siendo usado por el sistema en ese momento y elegir guardarlo como una línea base de modo que quedará registrado como *NombreDelProyecto* –BX siendo X un número consecutivo, y con fecha de datos igual a la del proyecto del que procede.

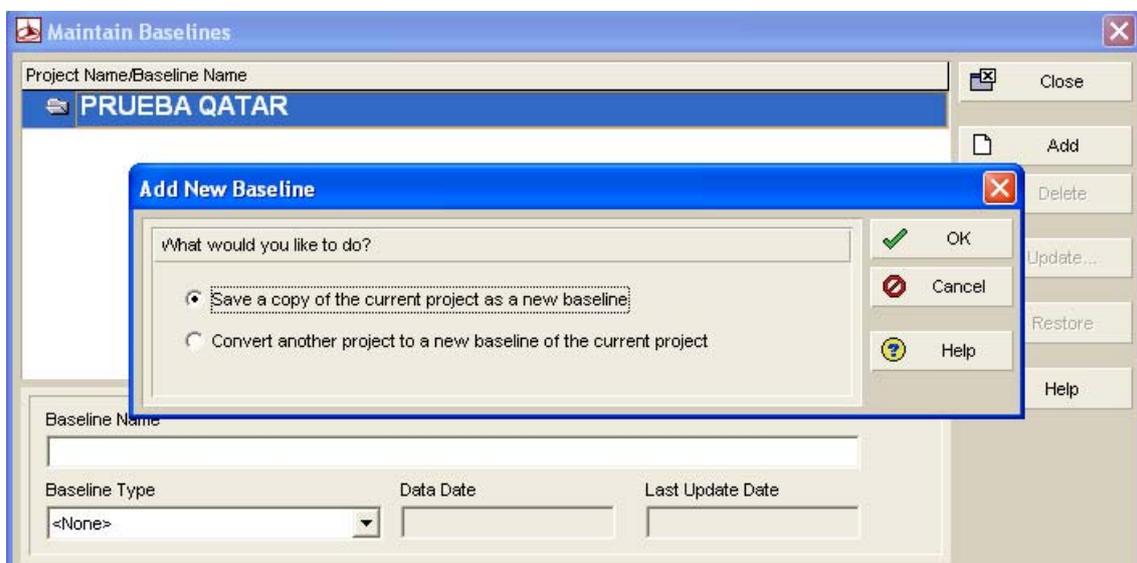


Figura 56. Añadir Línea de base en Primavera

Al asignar una línea base (Project→Assign Baselines) podemos hacerlo como primaria, secundaria o terciaria. Las líneas de base permiten una rápida comparación mostrando parámetros seleccionables, el proyecto y la línea base en pantalla. Por ejemplo puede visualizarse el listado de actividades mostrando las columnas de fechas de inicio y fin de las actividades en el proyecto actual y en su línea base.

Si durante el desarrollo del proceso se han producido cambios de importancia que se desean trasladar a la línea de base: por ejemplo realizar más o menos actividades o modificar las existentes, modificar calendarios..., es necesaria una actualización de la línea de base, bien en su totalidad o tan sólo de determinadas actividades que pueden seleccionarse mediante filtrado.

Esto puede llevarse a cabo actualizando la línea base, no obstante las actualizaciones en Primavera son críticas, puesto que se produce un avance temporal en el diagrama lógico de actividades que provoca cambios en el estado de estas (pendiente, en progreso, o

terminada); la asignación de recursos y presupuestos; etc. No obstante existen 2 opciones que pueden facilitar esta tarea:

- *Ejecución Optimizada:* en que se permite que sea Primavera quien actualice y tome las decisiones oportunas en la línea base
- *Ignorar la última actualización:* útil cuando se realizan actualizaciones de actividades parciales, y no en su totalidad, lo cual puede generar errores o malas interpretaciones al realizar una comparación respecto de la línea base. Es una opción recomendada, aunque no obligatoria.

Por ultimo puede señalarse que el modificado o borrado de líneas de base se realiza en el mismo menú de creación de modo similar al que se realiza con proyectos, actividades o costes.

3.2.4 Control del proyecto

Una vez se ha terminado de estructurar el proyecto y este se pone en ejecución será necesario acompañarlo con un seguimiento periódico, con una frecuencia determinada por la organización, mediante la recolección de datos del avance del proyecto y determinando un modo adecuado para realizar esta actualización.

Se presentan varios métodos para realizar esta operación:

- **Actualización automática:** se desea un proceso global de avance y cálculo de la lógica de la red de actividades (idílico e idóneo para proyectos que cumplen las condiciones planificadas. Se realiza mediante F9).

Esta actualización además realiza de forma automática el cálculo del camino crítico mediante un pase hacia adelante y hacia atrás, que como ya vimos arrojan fechas inicio y fin (temprano y tardío) y las holguras a que están sujetas las actividades; Además incluye numerosas opciones para la aplicación del método:

- Ignorar relaciones con otros proyectos
- Empleo de las fechas de finalización esperadas (restricciones)
- Recalcular automáticamente con cada variación de fecha
- Recalcular costes y recursos
- Emplear la lógica de red u obviar ésta.
- Determinar límites de holgura
- Etc.

De esta forma, Primavera establece los vínculos lógicos y planifica la realización de las actividades asignando fechas de inicio y fin para cada actividad ajustándose a los parámetros (restricciones, calendarios, relaciones de precedencia) con que se ha diseñado la estructura del proyecto. Realiza además el cálculo de costes incurrido, valor actual, valor ganado...tanto para los paquetes de trabajo como para productos

entregables (o a nivel de proyecto). Puede seleccionarse visualizar estos datos mediante .

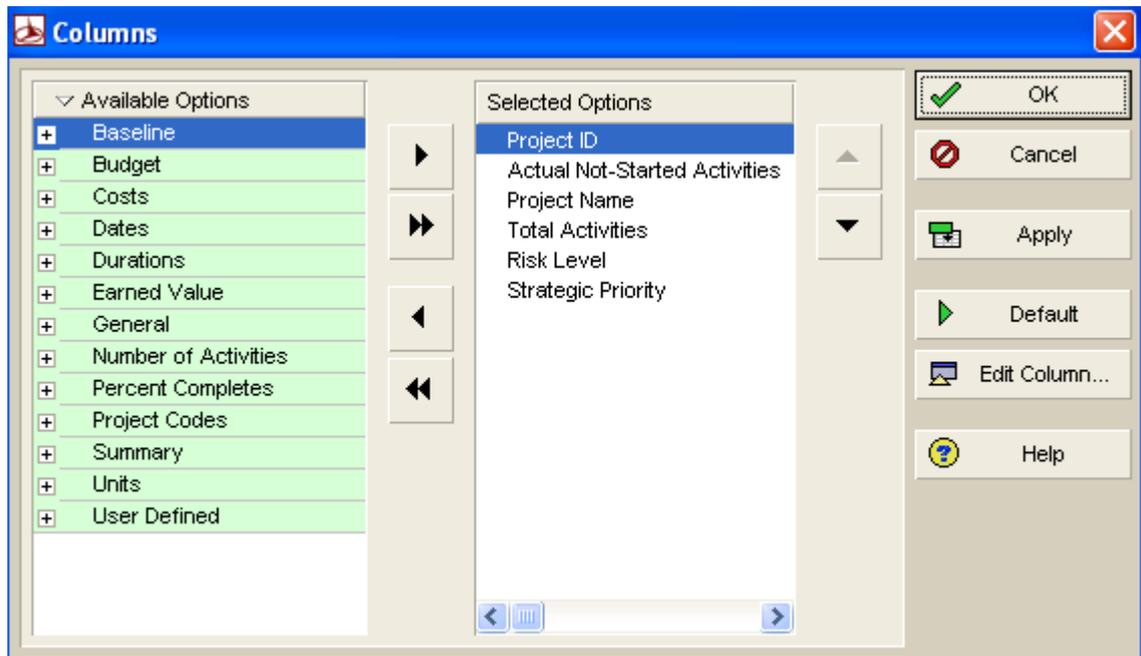


Figura 57. Parámetros visualizables por columnas en Primavera

- **Actualización manual:** actividad por actividad, en la que un miembro del equipo de trabajo se encargue de verificar los avances y de introducirlos en Primavera. Para ello se emplearán:

- La *aplicación de actuales* (Tools→Apply Actuals), que supone la actualización automática según lo planificado, a la fecha actual de todas las actividades que dispongan del parámetro de cálculo de actuales automático (parámetro configurable característico de la actividad).
- La posibilidad de elegir el grado de avance de la actividad mediante:
 - un porcentaje a introducir ;
 - un porcentaje ponderado del tiempo restante para completar la actividad

$$(duración_{\%} = \frac{\text{tiempo}_{total} - \text{tiempo}_{restante}}{\text{tiempo}_{total}} \cdot 100)$$

- una unidad de medida de trabajo

$$(unidades_{\%} = \frac{\text{unidades}_{actuales}}{\text{unidades}_{total}} \cdot 100)$$

- **Combinación de ambos métodos:** de modo que se actualice el proyecto en general y a continuación se corrijan manualmente algunas actividades.

Independientemente del método elegido y con las posibilidades que ya hemos visto los pasos a seguir para el control periódico del proyecto serán:

1. Establecer el método de actualización: manual, o automatizado.

2. Crear una línea base, o varias, que permitan establecer comparaciones de avance.
3. Actualizar estructura del proyecto: EDT, actividades, líneas base, cuentas de control...
4. Aplicar los cambios actuales.
5. Recalcular la planificación temporal y lógica (F9).
6. Realizar la comparación con la línea base.
7. Analizar los datos.
8. Tomar decisiones y replanificar el proyecto (y línea base).

Si se emplea Primavera como herramienta de gestión, se deberán realizar estos pasos para cada ejercicio de control durante la ejecución del proyecto. Además Primavera permite la exportación de datos a otros formatos (Project, Hojas de cálculo, P3...), que como ocurriría con SAP, pueden ser tratados posteriormente.

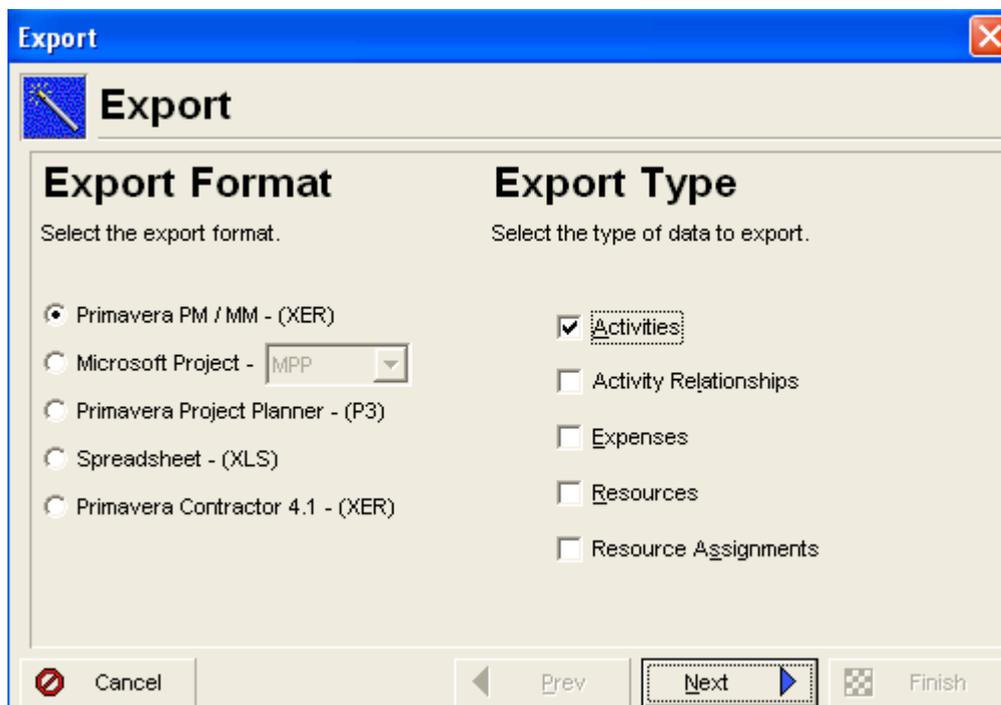


Figura 58. Exportación de datos en Primavera

Por último cabe señalar que Primavera ofrece la posibilidad de generar diversos reportes (referentes al avance del proyecto, a los costes, valor ganado...) bien preconfigurados, o bien personalizados mediante los cuales puede realizarse un rápido análisis de datos

Report Date 26-Jul-07 09:40

Project Start 15-May-06
 Project Finish 17-May-10
 Data Date 15-Oct-06

AC-01 Activity Earned Value

WBS

Activity ID	Activity Name	Activity Status	Planned Value	Earned Value	Actual Cost
QATAR LB					
COOC101367B0	Restitución paisajística	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
H100000015	FNTP	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
H100000030	Subestación GIS 400kV disponible para evacuación	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
PMH 35B1	Pruebas en caliente HRSG1_B1	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
PMH 35B2	Pruebas en caliente HRSG1_B2	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
PMH 35B3	Pruebas en caliente HRSG1_B3	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
PMH 37B1	Pruebas en caliente HRSG2_B1	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
PMH 37B2	Pruebas en caliente HRSG2_B2	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
PMH 37B3	Pruebas en caliente HRSG2_B3	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
QATAR LB.PR PROYECTO					
H10I 0000	Inicio actividades del proyecto	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
H10I 0010	LNTP	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
H10I 0020	Inicio ODM TG	Completed	\$0.00	\$0.00	\$0.00
H10I 0030B1	Llegada emplazamiento turbogrupos gas 1-1	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
H10I 0030B2	Llegada emplazamiento turbogrupos gas 2-1	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
H10I 0030B3	Llegada emplazamiento turbogrupos gas 3-1	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00
H10I 0040B1	Llegada emplazamiento turbogrupos gas 1-2	Not Started	\$0.00	\$0.00	\$0.00

© Primavera Systems, Inc.

Page 1 of 2122

Figura 59. Reporte de valor ganado en Primavera

3.3 Microsoft Excel y Microsoft Project

Ambos programas forman parte de **Microsoft Office**, una suite ofimática (conjunto de software para el uso en oficinas o entornos profesionales) considerado el estándar "de facto" en programas de productividad, siendo la interoperabilidad con Office uno de los principales escollos para la competencia, ya que los documentos creados por defecto utilizan formatos propios cerrados.

En principio Microsoft Office era sólo la versión "todo en uno" de una serie de programas que ya existían, pero el éxito de su venta en un único paquete hizo que dejaran de venderse por separado. Su éxito comercial y dominio del mercado comenzó a mediados de los 90 con lanzamiento de Office 95 en paralelo con Windows 95.

De entre los componentes de Microsoft Office, nos fijaremos en dos de ellos debido a su facilidad de uso, su capacidad para facilitar la comprensión rápida de información y

datos y la universalidad de su uso: Microsoft Excel y Microsoft Project. A continuación expondremos unas generalidades sobre ambas, sin entrar en detalle dado o extendido de su uso.

Microsoft Excel

Se trata de un programa basado en hojas de cálculo. Desciende de una primera hoja de cálculo de Microsoft (Multiplan⁶ en 1982) y lanzada en 1985. En Excel la información se organiza en libros que a su vez contienen una o más hojas de cálculo (que almacenan y manejan datos) que a su vez consta de celdas que se organizan en filas y columnas. Esto permite que la información pueda organizarse de forma estética y de fácil interpretación.

Excel permite introducir, modificar y realizar cálculos sobre datos simultáneamente en varias hojas de cálculo y realizar. Incluye gran número de funciones matemáticas y financieras para el tratamiento de datos siendo la evaluación de funciones con diferentes valores una de sus características más empleada; y permite realizar rápidos y variados tipos de gráfico.

Por tanto Excel puede emplearse para el tratamiento de datos extraídos de informes, reuniones u otras herramientas software con gran elasticidad.

Microsoft Project

Es un programa dirigido a la gestión de proyectos como lo es Primavera, con el que de hecho comparte muchas similitudes y capacidades. Aplica algunos de los procedimientos ya descritos en el apartado de metodología como por ejemplo la planificación mediante el uso de diagramas de barras (Gantt) o el *método del camino crítico* (CPM).

Permite la creación de la EDT del proyecto, y la asignación sobre esta de diferentes parámetros como fechas de inicio y fin, costes e ingresos presupuestados, restricciones a la aplicación del CPM, manejo de recursos...

Aun que su uso nos esta tan extendido como el de otros componentes de Microsoft Office, la similitud de uso con aquellos hace que su manejo resulte sencillo y eficaz, especialmente en el manejo del cronograma (planificación temporal del proyecto).

3.4 Conclusión Herramientas

Hasta el momento en los apartados anteriores, se han visto las generalidades de los proyectos de ingeniería, una metodología de la planificación y el control de costes de los mismos, y cómo emplear una serie de herramientas software: SAP R/3 y Primavera

⁶ La primera hoja de cálculo se llamaba VisiCalc creada por Dan Bricklin, introduciendo filas y columnas

Project Management (5.0) para el uso interno de la organización; y los programas del paquete Microsoft Office, Excel y Project, para uso externo.

Podemos por tanto establecer el análisis de la utilidad y necesidad de estas herramientas en función de sus capacidades por una parte para la planificación y control temporal del proyecto, y por otro para la planificación y control de costes (y también ingresos, o recurso en un sentido más amplio). Hagamos un breve repaso de cada una de las herramientas:

SAP R/3: un ERP capaz de gestionar todas las actividades de la organización a través de sus diferentes módulos en tiempo casi real, y proporcionando un rico flujo de información. Se apoya en una base de datos y dispone de su propio lenguaje de programación lo cual le permite alto grado de personalización. En su módulo PS, permite además la introducción de la estructura de desglose de tareas del proyecto, asociando a cada actividad sus correspondientes costes e ingresos que puede ser planificados o replanificados tantas veces como sea necesario. Permite el cálculo de la producción del proyecto en cada momento, y es capaz de ofrecer grandes informes con abundante información que pueden ser tratados en hojas de cálculo. Pero sin embargo deja de lado la planificación temporal de actividades, no tratando con detalle sus duraciones, relaciones, o aplicando métodos de planificación temporal como CPM o Cost.

Primavera Project Management: se trata de un software de gestión de proyectos que también emplea bases de datos para su funcionamiento. Al igual que ocurriese con SAP R/3 es capaz de manejar complejas estructuras de desglose de tareas, en las que los paquetes de trabajo (actividades) pueden recibir gran cantidad de parámetros: fechas de inicio y fin, complejas relaciones entre ellas, asignación de costes. Además permite la actualización de datos de modo automatizado, realizando simultáneamente cálculos que permiten el control temporal y de costes como por ejemplo el método CPM o el valor ganado. Dispone de la posibilidad de realizar reportes sobre parámetros seleccionados y de exportar información a diferentes formatos.

Microsoft Excel: programa basado en hojas de cálculo que permite el tratamiento rápido y eficaz de todo tipo de datos. Facilita gran número de funciones matemáticas y financieras y permite editar otras personalizadas. Se trata de un programa en funcionamiento desde 1985 y muy extendido, lo cual facilita su interpretación por personas ajenas (genera confianza) a la organización o su uso en reuniones. Se emplea de forma habitual para crear todo tipo de informes o tablas.

Microsoft Project: software de gestión de proyectos capaz de replicar la estructura de desagregación de tareas, y de asignar costes, fechas y restricciones a cada uno de sus componentes, aplicación del CPM. Su uso resulta intuitivo.

En primer lugar fijándonos en el aspecto de la planificación temporal observaremos que mientras SAP no ofrece opciones para el seguimiento temporal, sí que lo hacen Primavera y Microsoft Project. Al realizar una comparación entre ambos puede apreciarse de forma general que mientras Primavera ofrece soluciones más completas y potentes, Microsoft Project ofrece mayor sencillez y versatilidad. En la siguiente tabla

se establece una comparativa entre algunas de las cualidades (temporales y de costes) útiles en la planificación y control de costes del proyecto:

Primavera Project Management		Microsoft Project
V	Facilidad de uso	X
V	Programación sin recursos	X
X	Programación con recursos	V
X	Introducción de la EDT	V
X	Informes	V
X	Filtrado de información	V
X	Manejo multiproyecto	V
X	Valor ganado	V
X	Aplicación CPM	V

Tabla 11. Comparación Primavera 5.0 vs. Microsoft Project

Como puede verse la principal ventaja de Microsoft Project es la facilidad de uso frente a Primavera. Por tanto el uso de este último es el más aconsejable para un seguimiento detallado del proyecto. El uso de Microsoft Project quedaría por tanto relegado a la creación de informes de fácil interpretación (un cronograma de proyecto por ejemplo) o al uso en proyectos cuya sencillez no requiera un alta grado de detalle en su planificación y seguimiento.

Si en segundo lugar nos fijamos en el apartado de planificación y control de costes, podemos centrarnos en SAP R/3 y Primavera (que salió victoriosa de su comparación con MS Project). En este caso y dejando completamente de lado la planificación temporal cabe destacar la capacidad de SAP frente a Primavera para realizar un control en tiempo casi real, sin necesidad de actualizaciones; y con mayor versatilidad para la planificación y control de recursos dado su, recordemos, menor desglose en la estructura de desglose de tareas; y su capacidad de realizar cálculos de producción. Sin embargo no presenta tantas capacidades para realizar planificación o control temporal tan exhaustivo (relaciones entre actividades, CPM, valor ganado...), como lo hace Primavera.

Por tanto resulta adecuado el uso de ambas herramientas de forma conjunta para proveer sinergias de información de recursos y progreso del proyecto en tiempo real. Esto ofrecería planificación y control detallados, en tiempo real, y con posibilidad de cálculos de producción o valor ganado. (Incluso podrían integrarse ambas herramientas mediante el uso de ABAP).

Sin embargo ninguna de estas dos últimas herramientas presenta gran facilidad de uso, ni su utilización está extendida como por ejemplo si lo hace Excel. Excel no presenta ninguna capacidad específica para planificación y control pero sin embargo gracias a su capacidad para tratamiento de datos, su facilidad para dar formato o generar gráficas lo hacen indispensable para el uso como herramienta externa. Su misión es por tanto dar valor añadido a los datos planificados y controlados mediante otras técnicas o herramientas.

Todas estas herramientas se han mostrado útiles en su cometido, lo cual se ha probado empíricamente durante la planificación y control de proyectos reales de un proyecto de ingeniería. No obstante a pesar de su utilidad cabe la posibilidad de mejorarlos mediante la integración de todos ellos en una única herramienta ERP (como lo es SAP) que elimine la transición de información entre uno y otro, que ha de realizar el usuario.

Centrándonos en SAP R/3 y Primavera 5.0 existen empresas de consultoría e incluso Primavera Systems Inc. que, aprovechando la posibilidad de programación mediante ABAP en SAP, ofrecen la integración de ambas herramientas de modo que no se ha de duplicar la recreación la estructura de desglose de trabajos en ambas herramientas, y se aprovechan al máximo las sinergias informativas de SAP y la capacidad de gestión temporal de Primavera.⁷

Una herramienta integrada que reúna estas características es sin duda la ideal para la tarea de gestión de proyectos de ingeniería.

⁷ Para más información sobre esta integración pueden verse:

- <http://www.primavera.com/partners/sap.asp>
- <http://www.sapprimavera.com>

4 Ejemplo de planificación y control de costes

En este último apartado se va a tratar de poner en práctica lo visto hasta el momento mediante un ejemplo simplificado que se corresponde con la actividad realizada [12] en la beca que soporta este Proyecto de fin de carrera. Para ello en primer lugar se han de definir las características del proyecto sobre el que se ha de aplicar la planificación y control de costes, y a continuación se aplicará la metodología y se emplearán las herramientas software descritas.

Características del proyecto a resolver

El planteamiento de las características del proyecto, no busca la mejor resolución de un problema determinado, sino la mejor planificación y control de costes de una solución (proyecto) que ya ha sido establecido y para el que ya se han fijado unas restricciones temporales, de coste y de calidad.

El proyecto a gestionar consistirá en el tendido de una red de fibra (OPGW), asociado a la construcción de un tendido eléctrico aéreo (torres), de modo que se aprovechen las cualidades de la fibra óptica en un entorno con fuertes campos electromagnéticos.

El proyecto por tanto comprenderá el diseño de la red, la compra de suministros y materiales necesarios (torres, fibra), la obra civil necesaria para realizarlo, el montaje de la red y los correspondientes test necesarios para asegurar la calidad y requerimientos del cliente. Parte de estas tareas serán subcontratadas. Todos estos trabajos deberán haberse recogido primeramente en los pliegos de condiciones del cliente, y en segundo lugar en el contrato firmado con él.

Los plazos para la realización de cada tarea de este proyecto son conocidos por el cliente, quien por su parte tan sólo establece un plazo máximo de dos años para la entrega de la red.

El precio de venta del proyecto será de diez millones de euros, y el precio estimado de coste por parte de la organización es de cinco millones de euros (correspondiente a compras, realización de trabajos y coste estructural, aumentando este último en un 15% por coste departamental). Los cobros se recibirán treinta días tras la conclusión de cada trabajo, y mensualmente para aquellos cuya realización dure varios meses.

Metodología para la resolución

Una vez se conocen las condiciones del proyecto a resolver ha de ponerse en marcha la metodología descrita en el presente documento. Antes de comenzar se establecerán las fases del proyecto con las tareas, técnicas y métodos a seguir en cada una de ellas.

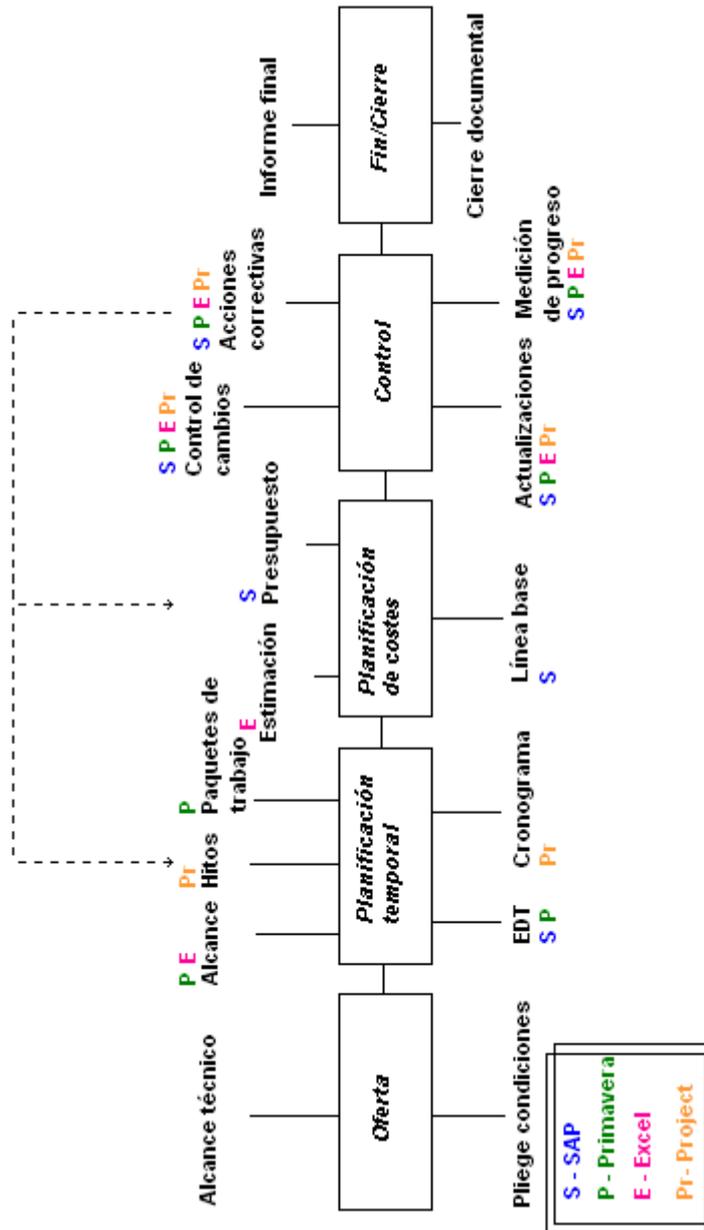


Figura 60. Esquema de aplicación metodológica

Como puede verse en la figura 60 en la áreas de planificación y control se llevarán a cabo la creación de la EDT, la planificación de actividades en el tiempo y su correspondiente planificación de recursos y el control de la ejecución del proyecto que conllevará las actuaciones correctivas necesarias.

Creación de la EDT y estimación de costes

Los datos de partida para su creación serán el pliego de condiciones del cliente y contrato del proyecto, dónde, sobre todo en este último, se detalla el alcance de los

trabajos a realizar. Para su creación se empleará en primer lugar Microsoft Excel, puesto que permite hacerlo de forma rápida y permite realizar modificaciones de forma sencilla. El desglose de tareas no se limitará a la enumeración de los productos entregables, hitos, o paquetes de trabajo, sino que mediante su diccionario, será el paso previo a las planificaciones temporales y de costes, de modo que se incluirán fechas tentativas de inicio y finalización de tareas, y se realizará la estimación de costes durante la propia creación de la EDT. Esto puede realizarse a través de una *plantilla de la organización* y/o a través de la técnica de *descomposición*:

- Durante la creación de la misma por *analogía* con proyectos anteriores, mediante *informes históricos* de aquellos proyectos y una *estimación paramétrica* que permita trasladar la estimación al nuevo proyecto.
- Tras concluir el desglose de tareas por *análisis ascendente*, dando valor a cada paquete de trabajo y acumulando su valor en niveles superiores de desglose, y empleando para su determinación listados de *tarifas estándar/precios unitarios* y *bases comerciales de datos* acerca del coste de suministros o subcontrataciones

Además en la estimación de costes podrán considerarse la inclusión de una *estimación de contingencias*, sin naturaleza definida dentro del desglose de partidas comunes, pero que aseguren la no superación de este primer presupuesto de costes dados. Se tratará como si una actividad más del proyecto se tratase y cuya consecución (financiación) se producirá antes de comenzar la ejecución del proyecto.

El resultado de esto habrá de ser la *estructura de desglose de trabajo* acompañada de un *diccionario* explicativo sobre cual es la estimación de costes y cuales son los plazos para su realización.

A continuación se muestra un ejemplo de cual podría ser la estructura de la EDT:

EDT Diccionario EDT

EDT

CODIGO EDT	RESPONSABLE	PRESUPUESTO	PONDERACIÓN Y AVANCE	CONTROL DE COSTES	FECHA INICIO	FECHA FIN
PFC	PROYECTO	10,000,000				
PFC1	COMUNES	8,000,000				
PFC11	GESTIÓN DE PROYECTO	2,500,000				
PFC111	DIRECCIÓN DE PROYECTO	2,500,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	30-jul-07	6-ago-07
PFC1111	Dirección de Proyecto	2,500,000				
PFC12	CONTINGENCIAS	2,500,000				
PFC121	CONTINGENCIAS	2,500,000				
PFC1211	Contingencias Técnicas	2,500,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	24-sep-07	1-oct-07
PFC2	RED	5,000,000				
PFC21	INGENIERÍA	1,000,000				
PFC211	INGENIERÍA	500,000				
PFC2111	Ing. Civil	250,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	19-nov-07	26-nov-07
PFC2112	Ing. Sub-contrataciones	250,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	14-ene-08	21-ene-08
PFC22	EQUIPOS PRINCIPALES	1,000,000				
PFC221	EQUIPOS PRINCIPALES	1,000,000				
PFC2211	TX	500,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	10-mar-08	17-mar-08
PFC2212	RX	500,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	5-may-08	12-may-08
PFC23	SUMINISTROS	1,000,000				
PFC231	EQUIPOS Y MATERIALES MECÁNICOS	500,000				
PFC2311	Fibra óptica (OP/GW)	250,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	30-jun-08	7-jul-08
PFC2312	Torres completas	250,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	25-ago-08	1-sep-08
PFC24	EJECUCIÓN	1,000,000				
PFC241	OBRA CIVIL	500,000				
PFC2411	Carreteras y caminos	250,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	20-oct-08	27-oct-08
PFC2412	Cimentaciones	250,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	15-dic-08	22-dic-08
PFC247	MONTAJE	500,000				
PFC2471	Torres completas	250,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	9-feb-09	16-feb-09
PFC2472	Fibra óptica (OP/GW)	250,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	6-abr-09	13-abr-09
PFC25	TEST	1,000,000				
PFC251	TEST	1,000,000				
PFC2511	Test transmisión eléctrica	500,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	1-jun-09	8-jun-09
PFC2512	Test transmisión OP/GW	500,000	Avance por Hitos	Análisis Tendencia	23-jul-09	30-jul-09

Figura 61. Estructura de desglose de tareas en Excel

Como puede verse, en el diccionario se han incluido responsables de actividad (que permiten programación de recursos), estimación presupuestaria de esta, modo de estimación de avance del proyecto, modo de realizar el control de costes sobre cada actividad y una propuesta de duración para cada actividad.

Por último y en caso de ser necesario tras haber realizado este desglose minucioso de las actividades que componen el proyecto habría de realizarse una *modificación del alcance del proyecto*, que en este caso se debería acordar con el cliente y añadirse al contrato del proyecto mediante un apéndice del mismo

Creación de la EDT

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Pliego condiciones cliente	Plantillas de desglose	EDT
Contrato firmado: alcance del proyecto	Descomposición	Diccionario EDT
		Línea base de alcance
		Actualización de alcance
		Actualización plan integrado de cambios

Tabla 12. Resumen de la creación de la EDT

Estimación de costes

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Información histórica	Estimación por analogía	Estimaciones de costes
Factores ambientales	Estimación ascendente	Información de soporte del cálculo de costes
Alcance del proyecto	Estimación paramétrica	Cambios solicitados
	Software de gestión	Actualización de la EDT (cuentas de control)
	Análisis de contingencias	

Tabla 13. Resumen de estimación de costes

Planificación temporal

Una vez realizada la estructura de desglose de tareas y actualizado en caso de ser necesario el alcance del proyecto, este alcance queda perfectamente definido y es el momento de establecer cuál será la duración (para la cual ya existe una estimación en la EDT).

Para ello se obtendrá la información necesaria del pliego de condiciones, del contrato firmado, y de la EDT generada.

En esta ocasión nos apoyaremos en las 2 herramientas con mayor capacidad para el tratamiento temporal de datos de entre las analizadas: Primavera 5.0 y MS Project.

Primavera Project Management

En primer lugar se habrá de generar un nuevo proyecto dentro de la estructura de proyectos de la organización (EPS), para lo cual y suponiendo que se existan proyectos similares ya desarrollados sobre Primavera podremos copiar tanto la metodología como la estructura de la EDT de estos. En cualquier caso la modificación de esta EDT o su creación desde cero será el siguiente paso a realizar. Mediante Primavera podremos establecer de un modo más detallado las relaciones entre actividades y determinar mediante la planificación actualizada (F9) las fechas apropiadas para cada actividad (se trata de una actividad compleja si no se realiza con ayuda de una herramienta software) en función del calendario elegido (días laborales, vacaciones...).

La mayor capacidad de cálculo de Primavera, pondrá de manifiesto a buen seguro imprecisiones cometidas durante la planificación “manual” realizada durante la creación de la EDT, y las fechas de inicio o fin tendrán que reajustarse mediante el uso de restricciones temporales. Al mismo tiempo puede realizarse la traslación de los costes estimados lo cual se corresponde con el proceso de *presupuestado de costes*, que no consiste en otra cosa que en la revisión y traslación a su correspondiente *cuenta de control* asociada a cada paquete de trabajo (campo de costes de cada actividad en Primavera).

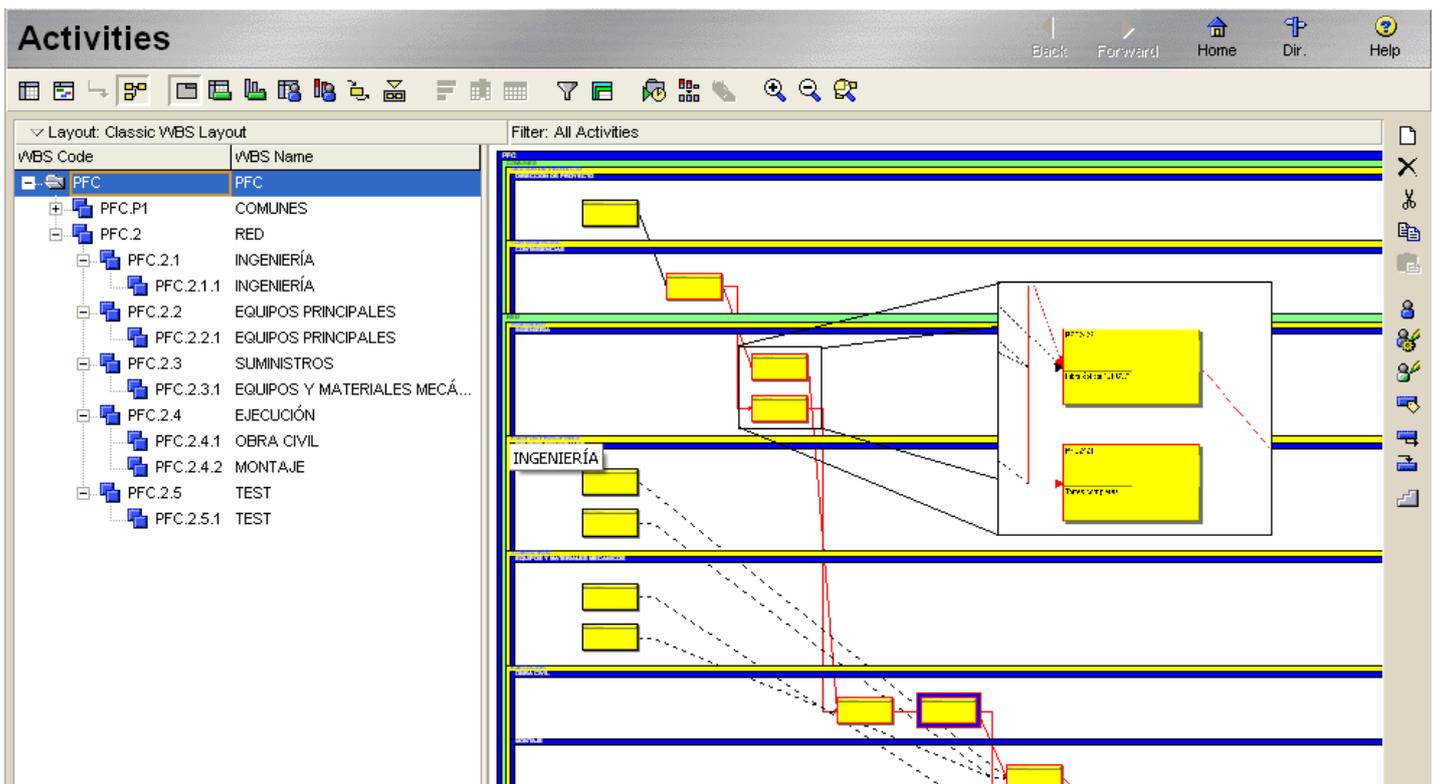


Figura 62. Planificación de actividades en Primavera

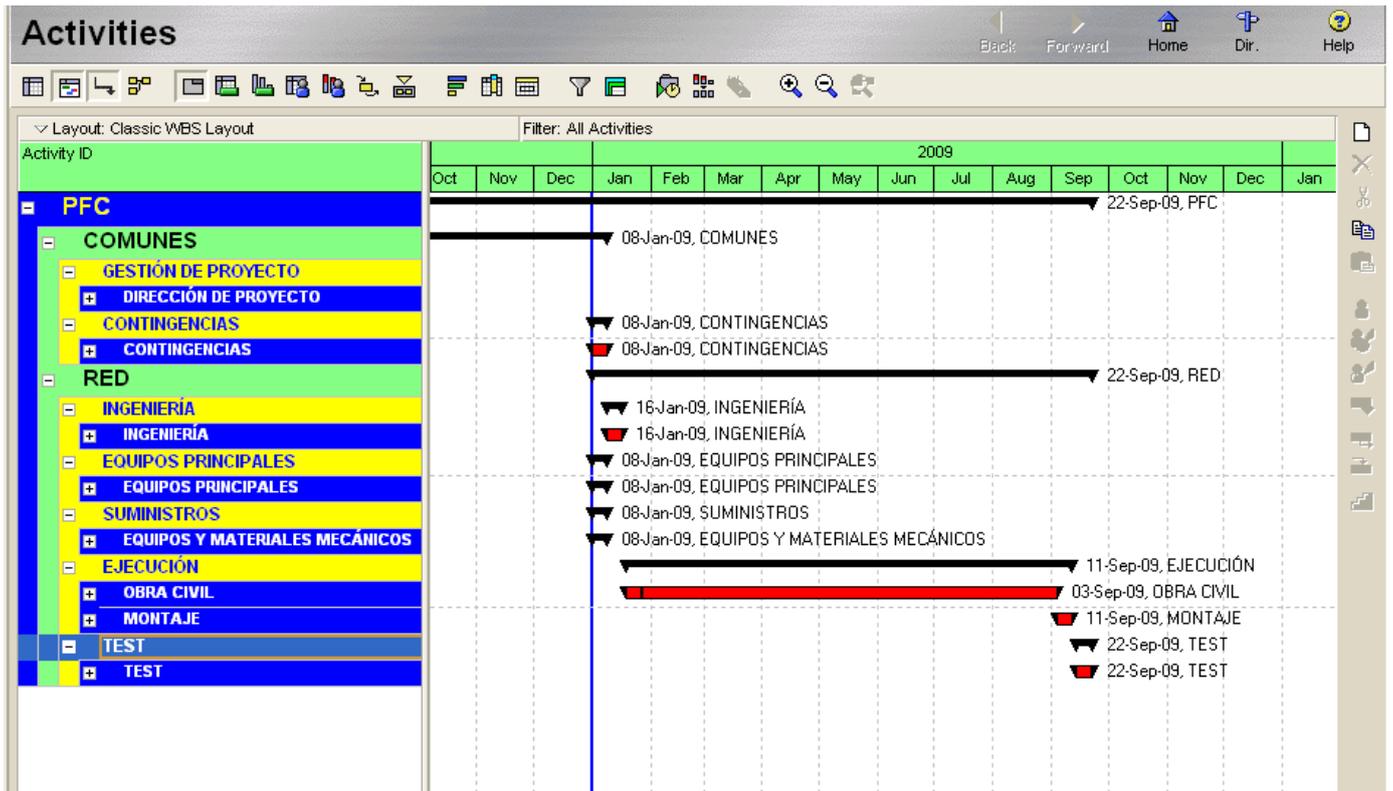


Figura 63. Traslación y planificación de la EDT en Primavera

Una vez se realizado esto, el proyecto se ha trasladado a Primavera por completo. Podría haberse realizado una programación de recursos (materiales, personal) correspondiente a la programación del proyecto (no se hará para simplificar el ejemplo, a pesar de que primavera permite equilibrar y distribuir los recursos). Primavera calcula de forma automática el *método del camino crítico* (en rojo) poniendo de manifiesto las actividades más importantes en la planificación temporal, realiza el cálculo del valor ganado, y además dispone de modos de visualización mediante *diagramas de barras* (*Gantt con y sin mostrar las relaciones entre actividades*) y mediante *redes de precedencia* (*traza lógica del proyecto*). La capacidad de generar informes de reporte de Primavera permite obtener información sobre el avance o la planificación del proyecto rápidamente:

4. Ejemplo de planificación y control de costes

PFC								Project Start 30-Jul-07			
Report Date 30-Jul-07 18:37								Project Finish 10-Aug-09			
								Data Date 30-Jul-07			
SR-01 Classic Schedule Report - Sort by ES, TF											
Activity ID	Orig Dur	Rem Dur	Calendar	%	Department	Activity Name	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Total Float
PFC1111	6	0	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	100		Dirección de proyecto	30-Jul-07 A	07-Aug-07 A	07-Nov-08	07-Nov-08	
PFC1211	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Contingencias	24-Sep-07*	01-Oct-07	07-Nov-08	14-Nov-08	294
PFC2111	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Ing. Civil	19-Nov-07*	26-Nov-07	17-Nov-08	24-Nov-08	260
PFC2112	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Ing.Subcontrataciones	14-Jan-08*	21-Jan-08	17-Nov-08	24-Nov-08	220
PFC2211	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		TX	10-Mar-08*	17-Mar-08	13-Jul-09	20-Jul-09	350
PFC2212	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		RX	05-May-08*	12-May-08	13-Jul-09	20-Jul-09	310
PFC2311	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Fibra optica (OPGW)	30-Jun-08*	07-Jul-08	13-Jul-09	20-Jul-09	270
PFC2312	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Torres completas	25-Aug-08*	01-Sep-08	03-Jul-09	10-Jul-09	224
PFC2411	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Carreteras y caminos	20-Oct-08*	27-Oct-08	25-Nov-08	02-Dec-08	26
PFC2412	158	158	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Cimentaciones	15-Dec-08*	22-Jul-09	03-Dec-08	10-Jul-09	-8
PFC2421	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Torres completas	23-Jul-09*	30-Jul-09	13-Jul-09	20-Jul-09	-8
PFC2422	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Fibra optica (OPGW)	23-Jul-09*	30-Jul-09	21-Jul-09	28-Jul-09	-2
PFC2511	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Test transmision electrica	31-Jul-09*	07-Aug-09	21-Jul-09	28-Jul-09	-8
PFC2512	1	1	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Test transmision OPGW	10-Aug-09*	10-Aug-09	29-Jul-09	29-Jul-09	-8

Figura 64. Reporte de planificación de actividades en Primavera

4. Ejemplo de planificación y control de costes

PFC

Report Date 30-Jul-07 18:29

Project Start 30-Jul-07
Project Finish 22-Sep-09
Data Date 01-Jan-09

SR-01 Classic Schedule Report - Sort by ES, TF

Activity ID	Orig Dur	Rem Dur	Calendar	%	Department	Activity Name	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Total Float
PFC1111	6	0	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	100		Dirección de proyecto	30-Jul-07 A	07-Aug-07 A	07-Nov-08	07-Nov-08	
PFC1211	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Contingencias	01-Jan-09*	06-Jan-09	07-Nov-08	14-Nov-08	-39
PFC2312	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Torres completas	01-Jan-09*	06-Jan-09	03-Jul-09	10-Jul-09	131
PFC2212	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		RX	01-Jan-09*	06-Jan-09	13-Jul-09	20-Jul-09	137
PFC2211	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		TX	01-Jan-09*	06-Jan-09	13-Jul-09	20-Jul-09	137
PFC2311	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Fibra optica (OPGW)	01-Jan-09*	06-Jan-09	13-Jul-09	20-Jul-09	137
PFC2112	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Ing.Subcontrataciones	09-Jan-09*	16-Jan-09	17-Nov-08	24-Nov-08	-39
PFC2111	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Ing. Civil	09-Jan-09*	16-Jan-09	17-Nov-08	24-Nov-08	-39
PFC2411	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Carreteras y caminos	19-Jan-09*	26-Jan-09	25-Nov-08	02-Dec-08	-39
PFC2412	158	158	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Cimentaciones	27-Jan-09*	03-Sep-09	03-Dec-08	10-Jul-09	-39
PFC2421	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Torres completas	04-Sep-09*	11-Sep-09	13-Jul-09	20-Jul-09	-39
PFC2422	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Fibra optica (OPGW)	04-Sep-09*	11-Sep-09	21-Jul-09	28-Jul-09	-33
PFC2511	6	6	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Test transmisión eléctrica	14-Sep-09*	21-Sep-09	21-Jul-09	28-Jul-09	-39
PFC2512	1	1	Standard 5 Day Workweek w/ Basic Holidays	0		Test transmisión OPGW	22-Sep-09*	22-Sep-09	29-Jul-09	29-Jul-09	-39

Figura 65. Reporte de replanificación en Primavera aprovechando las holguras

En las dos figuras anteriores que presentan sendos informes de planificación temporal. Puede observarse como Primavera es capaz de recibir la propuesta de planificación temporal (figura 65) y en caso de ser necesario replanificar las fechas en función de los cambios que se hayan producido a lo largo de la ejecución del proyecto (figura 66). Como puede verse en la figura 66 se ha realizado una replanificación a falta de 6 meses para la conclusión del proyecto, como si este aún no hubiese dado comienzo.

Otros informes que Primavera facilita son los de relaciones entre actividades y valor ganado que se muestran a continuación.

4. Ejemplo de planificación y control de costes

PFC
Report Date 30-Jul-07 17:32

SR-06 Schedule Report - Predecessors Successors

Activity ID	Activity Name	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Total Float	Predecessors	Successors
PFC								
PFC1111	Dirección de proyecto	30-Jul-07 A	07-Aug-07 A	07-Nov-08	07-Nov-08			PFC1211
PFC1211	Contingencias	01-Jan-09*	08-Jan-09	07-Nov-08	14-Nov-08	-39	PFC1111	PFC2111, PFC2112 PFC2411
PFC2111	Ing. Civil	09-Jan-09*	16-Jan-09	17-Nov-08	24-Nov-08	-39	PFC1211	PFC2411
PFC2112	Ing. Subcontrataciones	09-Jan-09*	16-Jan-09	17-Nov-08	24-Nov-08	-39	PFC1211	PFC2411
PFC2211	TX	01-Jan-09*	08-Jan-09	13-Jul-09	20-Jul-09	137		PFC2422
PFC2212	RX	01-Jan-09*	08-Jan-09	13-Jul-09	20-Jul-09	137		PFC2422
PFC2311	Fibra óptica (OPGW)	01-Jan-09*	08-Jan-09	13-Jul-09	20-Jul-09	137		PFC2422
PFC2312	Torres completas	01-Jan-09*	08-Jan-09	03-Jul-09	10-Jul-09	131		PFC2421
PFC2411	Carreteras y caminos	19-Jan-09*	26-Jan-09	25-Nov-08	02-Dec-08	-39	PFC2112, PFC2111	PFC2412
PFC2412	Cimentaciones	27-Jan-09*	03-Sep-09	03-Dec-08	10-Jul-09	-39	PFC2411	PFC2421, PFC2422 PFC2511
PFC2421	Torres completas	04-Sep-09*	11-Sep-09	13-Jul-09	20-Jul-09	-39	PFC2312, PFC2412	PFC2511
PFC2422	Fibra óptica (OPGW)	04-Sep-09*	11-Sep-09	21-Jul-09	28-Jul-09	-33	PFC2212, PFC2211, PFC2311, PFC2412	PFC2512
PFC2511	Test transmisión eléctrica	14-Sep-09*	21-Sep-09	21-Jul-09	28-Jul-09	-39	PFC2421	PFC2512
PFC2512	Test transmisión OPGW	22-Sep-09*	22-Sep-09	29-Jul-09	29-Jul-09	-39	PFC2422, PFC2511	

Figura 66. Informe de actividades predecesoras y sucesoras

WBS Code	WBS Name	Planned Value Cost	Earned Value Cost	Actual Cost	Budget At Completion	Estimate To Complete
PFC	PFC	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.P1	COMUNES	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.P1.1	GESTIÓN DE PROYECTO	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.P1.1.1	DIRECCIÓN DE PROYECTO	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.P1.2	CONTINGENCIAS	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.P1.2.1	CONTINGENCIAS	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2	RED	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.1	INGENIERÍA	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.1.1	INGENIERÍA	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.2	EQUIPOS PRINCIPALES	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.2.1	EQUIPOS PRINCIPALES	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.3	SUMINISTROS	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.3.1	EQUIPOS Y MATERIALES MECÁNICOS	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.4	EJECUCIÓN	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.4.1	OBRA CIVIL	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.4.2	MONTAJE	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.5	TEST	€0	€0	€0	€0	€0
PFC.2.5.1	TEST	€0	€0	€0	€0	€0
Total		€0	€0	€0	€0	€0

Figura 67. Informe de costes anterior a la planificación de estos

Además Primavera permite fijar una *línea base de tiempos y costes* iniciales respecto de la que más adelante se podrá medir el avance del proyecto. Es de especial importancia la línea base de tiempos dada la capacidad de Primavera para medir el avance temporal del proyecto (veremos más adelante que el apartado de costes será soportado en mejor manera por SAP). En la figura siguiente se muestra una captura de pantalla en la que se ponen de manifiesto las variaciones del plan actual de proyecto (azul, negro y rojo) frente a la línea base de tiempos (amarillo).

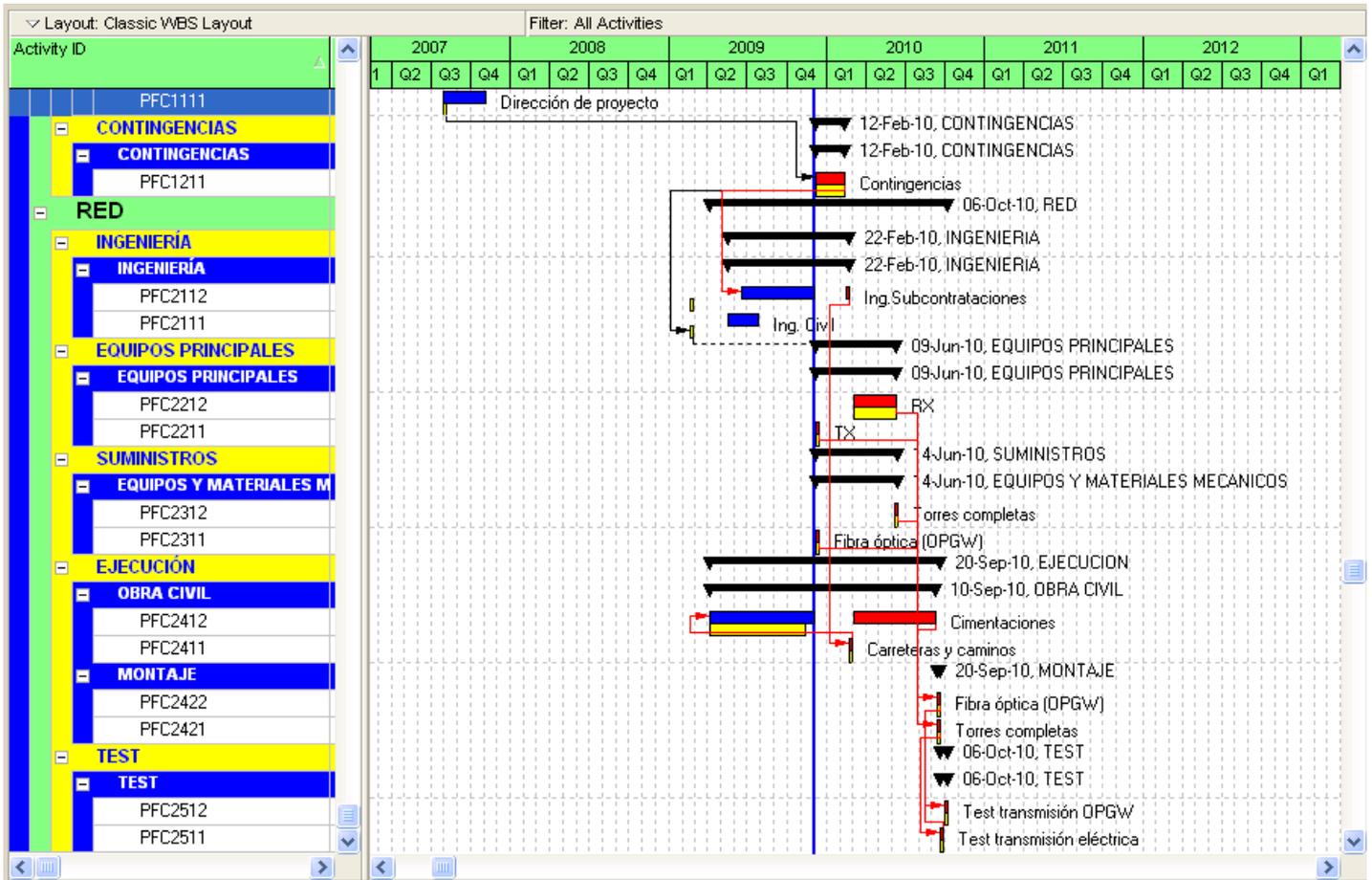


Figura 68. Comparación entre plan de proyecto y línea base (segmentos amarillos)

Microsoft Project

Como ya se ha comentado en el apartado de conclusiones sobre las herramientas software empleadas, MS Project es un software de gestión de características similares a Primavera con menor potencia para el manejo de proyectos pero de uso mucho más sencillo e intuitivo. Por tanto su misión será la de la planificación temporal, pero en este caso de un modo más superficial y que sirva para poner de manifiesto de una manera rápida el avance del proyecto.

Para ello y partiendo de la EDT del proyecto se han de identificar los hitos del proyecto que de aquí en adelante permitirán una medición del avance del mismo. Una manera apropiada de realizar esto es asignando la condición de hito del proyecto a aquellos productos entregables intermedios más significativos de entre los desglosados en la EDT.

En el ejemplo que nos ocupa los hitos puede ser los siguientes:

Alcance	Hitos
Diseño de la red	Diseño
Compra de suministros	Suministro de Torres Fibra
Obra civil	Servicios auxiliares Cimentación
Montaje de la red	Izado de torres Tendido de fibra Equipos de Transmisión y Recepción
Test	Test

Tabla 14. Determinación de los hitos del proyecto

Al igual que ocurría con Primavera 5.0, MS Project también permite la creación de un línea base de tiempos, en este caso con los hitos del proyecto, de modo que estos quedan reflejados en el cronograma del proyecto. La planificación de costes no es necesaria en este caso, puesto que esta se lleva a cabo de mejor manera en Primavera 5.0 o SAP, aunque su inclusión no resulta excesivamente costosa.

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Sucesoras	Costo
1	☐ Diseño	126 días?	lun 30/07/07	lun 21/01/08			2.000.000,00 €
2	Diseño	126 días?	lun 30/07/07	lun 21/01/08		7;8	2.000.000,00 €
3	☐ Suministro	46 días?	lun 30/06/08	lun 01/09/08			2.000.000,00 €
4	Suministro de torres	6 días?	lun 30/06/08	lun 07/07/08		10	1.000.000,00 €
5	Suministro de Fibra	6 días?	lun 25/08/08	lun 01/09/08		11	1.000.000,00 €
6	☐ Obra civil	46 días?	lun 20/10/08	lun 22/12/08			1.500.000,00 €
7	Servicios auxiliares	29 días?	lun 20/10/08	jue 27/11/08	2	8	750.000,00 €
8	Cimentación	6 días?	lun 15/12/08	lun 22/12/08	2;7	10	750.000,00 €
9	☐ Montaje	46 días?	lun 09/02/09	lun 13/04/09			2.500.000,00 €
10	Izado de torres	6 días	lun 09/02/09	lun 16/02/09	8;4	11;12;14	500.000,00 €
11	Tendido de fibra	6 días?	lun 06/04/09	lun 13/04/09	10;5		500.000,00 €
12	Equipos de Tx y RX	1 día?	mar 17/02/09	mar 17/02/09	10		1.500.000,00 €
13	☐ Test	44 días?	lun 01/06/09	jue 30/07/09			2.000.000,00 €
14	Test	44 días?	lun 01/06/09	jue 30/07/09	10		2.000.000,00 €

Figura 69. Planificación de hitos en MS Project

Una vez se han empleado estas herramientas puede darse por finalizada la planificación temporal del proyecto. En este punto han quedado perfectamente definidos la *secuencia de actividades*, el *cronograma* y el *listado de hitos* del proyecto. De ser necesario se deberán incluir los *cambios* necesarios en el alcance y la EDT del proyecto.

Planificación temporal

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Pliego condiciones cliente	Gráficos de barras	Secuencia actividades
Contrato firmado: alcance del proyecto	Sistemas reticulares	Cronograma de proyecto
Estructura de desglose de tareas y diccionario	Métodos CPM, PERT	Listado de hitos de proyecto
		Actualización de alcance

		Actualización plan integrado de cambios
--	--	---

Tabla 15. Resumen de planificación temporal

Presupuestado de costes

SAP R/3

En las herramientas de gestión de software, empleadas en la planificación temporal puede realizarse el presupuestado de costes, sin embargo la herramienta ideal para el control de costes gracias a su capacidad de integración de información, su consistencia y su capacidad de cálculo en tiempo real es SAP R/3. La primera a realizar será la creación del nuevo proyecto y la traslación a este de la EDT del proyecto siguiendo la metodología descrita para realizar esta tarea.

Recordemos que el desglose de la EDT no se realiza en esta herramienta hasta el máximo nivel de desglose sino que los elementos PEP pueden agrupar varios paquetes de trabajo y acumular sus correspondientes costes (*suma de costes*). Esto debe tenerse en cuenta al realizar la planificación de costes del proyecto puesto que la correspondencia PEP – paquete de trabajo no es directa como si ocurría en Primavera

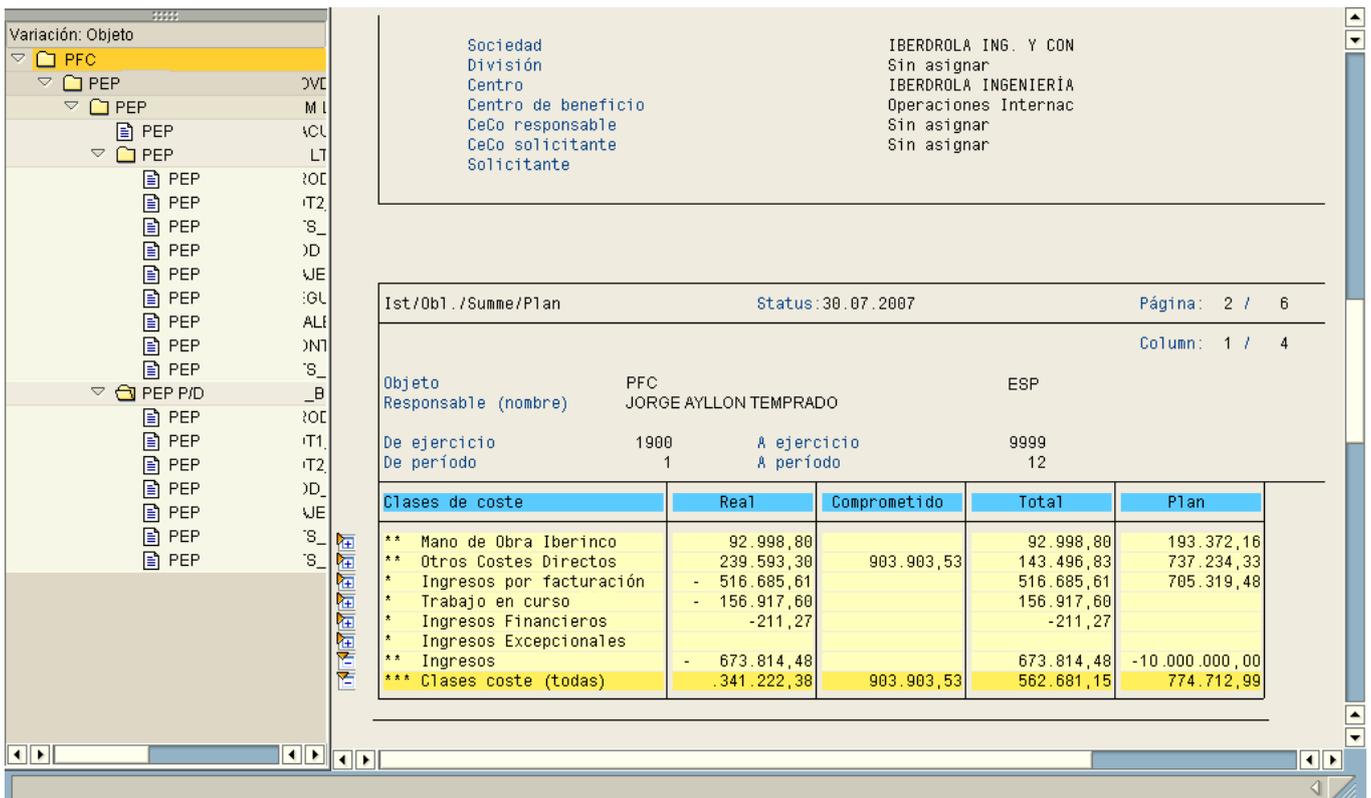


Figura 70. Informe de planificación/incurrido real/producción en SAP

Una vez se monta la estructura PEP (EDT) en SAP el proyecto puede comenzar a imputar costes o realizar facturaciones. Este ERP permitirá el cálculo de producción y facilitará gran cantidad de información que podrá emplearse para el control del

proyecto, como por ejemplo el análisis de tendencias, la línea base de costes, o la creación de curvas S de ingresos, costes, cash flow, valor ganado, coste actual...

Microsoft Excel

El cash flow es otro concepto interesante para el control del presupuesto del proyecto. De igual modo que MS Project simplifica la interpretación de datos que Primavera 5.0 realiza, MS Excel puede simplificar el seguimiento de costes e ingresos del proyecto. Para su realización también se emplearán los hitos del proyecto de modo que se trasladará a MS Excel la planificación temporal realizada en MS Project y se realizará la planificación de costes e ingresos. En las siguientes páginas se muestra un ejemplo de cash flow realizado sobre excel, para gestionar el presupuestado de costes.

Análisis de Cash-Flow - Proyecto PFC										2009										
PFC	Detalle	EUR €	Mto	% Avalor relativo	Importe Mto (Mto EUR €)	Fecha Factura	Condición Pago	EUR €												
								oct-09	nov-09	dic-09	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10						
CONTRATOS	Contrato			0,00%	5.000.000,00 €		30-jul-07 +30 días													
	Diseño			10,00%	1.000.000,00 €		20-jul-07													
	Consejo Técnico			5,00%	500.000,00 €		1-oct-08		500.000											
	Consejo de Poca OPW			5,00%	500.000,00 €		6-ago-08													
	Servicio de auxilios			2,00%	200.000,00 €		7-jul-08 +30 días													
	Consejería			2,00%	200.000,00 €		20-oct-08 127 oct-08 +30 días													
	Tubo Torres			2,00%	200.000,00 €		15-abr-08 127 jul-08 +30 días													
	Stranga Pila OPW			2,00%	200.000,00 €		5-abr-08 13-abr-08 +30 días													
	Stranga Equipos TARR			10,00%	1.000.000,00 €		9-mar-08 12-may-08 +30 días													
	Test			10,00%	1.000.000,00 €		1-jul-08 13-jul-08 +30 días													
PFC		50.000.000,00 €			50.000.000,00 €															
Total Cobros		50.000.000,00 €			50.000.000,00 €															
Total Acum. Cobros		50.000.000,00 €			50.000.000,00 €															
PAGOS	Diseño			2,00%	500.000,00 €		27-mar-08 +30 días													
	Servicio auxilios			6,25%	750.000,00 €		20-oct-08 127 oct-08 +30 días													
	Consejería			6,25%	750.000,00 €		15-abr-08 127 jul-08 +30 días													
	Tubo Torres			6,25%	750.000,00 €		5-abr-08 13-abr-08 +30 días													
	Stranga Pila OPW			6,25%	750.000,00 €		6-abr-08 13-abr-08 +30 días													
	Stranga Equipos TARR			25,00%	2.500.000,00 €		9-mar-08 12-may-08 +30 días													
	Test			25,00%	2.500.000,00 €		1-jul-08 13-jul-08 +30 días													
	Pagos		2.000.000,00 €			2.000.000,00 €														
	TORRES		20.000,00 €			20.000,00 €		1-ago-08 +30 días												
	OPW		20.000,00 €			20.000,00 €		7-jul-08 +30 días												
ESTRUCTURA ORGANIZACIÓN		2.900.000,00 €			2.900.000,00 €															
Total Pagos		2.900.000,00 €			2.900.000,00 €															
Total Acum. Pagos		2.900.000,00 €			2.900.000,00 €															
COPROS - PAGOS	Total Cobros Pagos		5.000.000,00 €		5.000.000,00 €															
	Acumulado COPROS-PAGOS		5.000.000,00 €		5.000.000,00 €															
Análisis de tendencias																				
MTO		1.250.000,00 €																		
COO		1.250.000,00 €																		
RAMIFRINGS		500.000,00 €																		
MONTAJE		2.000.000,00 €																		
GASTOS-DEBIDOS																				

4. Ejemplo de planificación y control de costes

Análisis de Cash-Flow - Proyecto PFC										
PFC	Detalle	EUR (€)	Mto	% A valor relativo	importe Mto (miles EUR) (€)	Fecha Factura	Condición Pago	Fecha Cobro		Importe EUR (€)
								may-09	jun-09	
CORRIJOS										
	Contrato			30,00%	5.000.000,00 €	30-jun-07	+30 días	30-jun-07	31-200	5.000.000,00
	Diseño			10,00%	1.000.000,00 €	21-may-08	+30 días	20-may-08		1.000.000,00
	Compra de fibra OPGW			0,00%	300.000,00 €	1-sep-08	+30 días	1-oct-08		300.000,00
	Servicio auxiliar			0,00%	300.000,00 €	7-jul-08	+30 días	6-ago-08		300.000,00
	Operación			2,00%	200.000,00 €	20-oct-08	+27 oct-08	mesual	31-200	200.000,00
	Trabajo Torres			2,00%	200.000,00 €	15-oct-08	+27 oct-08	mesual		200.000,00
	Entrega Fibra OPGW			2,00%	200.000,00 €	6-abr-08	+15-abr-08	mesual		200.000,00
	Entrega Equipos TARRX			10,00%	1.000.000,00 €	10-may-08	+12 may-08	mesual		1.000.000,00
	Test			10,00%	1.000.000,00 €	1-jun-09	+30-jun-09	mesual	500.000	1.000.000,00
	Total	10.000.000,00 €			10.000.000,00 €				31-200	10.000.000,00
	Total Acum. Costes	10.000.000,00 €			10.000.000,00 €				31-200	10.000.000,00
	Total Acum. Costes	10.000.000,00 €			10.000.000,00 €				31-200	10.000.000,00
PAGOS										
	Diseño			25,00%	30.000,00 €	21-may-08	+30 días	20-may-08		30.000,00
	Servicio auxiliar			6,25%	75.000,00 €	20-oct-08	+27 oct-08	mesual		75.000,00
	Operación			6,25%	75.000,00 €	15-oct-08	+27 oct-08	mesual	15-625	75.000,00
	Trabajo Torres			6,25%	75.000,00 €	6-abr-08	+15-abr-08	mesual		75.000,00
	Entrega Fibra OPGW			6,25%	75.000,00 €	6-abr-08	+15-abr-08	mesual		75.000,00
	Entrega Equipos TARRX			25,00%	300.000,00 €	10-may-08	+12 may-08	mesual		300.000,00
	Test			25,00%	300.000,00 €	1-jun-09	+30-jun-09	mesual	250.000	300.000,00
	Total	2.000.000,00 €			2.000.000,00 €				15-625	2.000.000,00
	Entrega Torres	250.000,00 €		10%	250.000,00 €	1-sep-08	+30 días	1-oct-08		250.000,00
	Entrega Torres	250.000,00 €		10%	250.000,00 €	7-jul-08	+30 días	6-ago-08		250.000,00
	Total	250.000,00 €			250.000,00 €					250.000,00
	Total Acum. Pagos	250.000,00 €			250.000,00 €					250.000,00
	Total Acum. Pagos	250.000,00 €			250.000,00 €					250.000,00
CORRIJOS - PAGOS										
	Total Costes - Pagos	5.000.000,00 €			5.000.000,00 €				00-212	5.000.000,00
	Acumulado CORRIJOS-PAGOS	5.000.000,00 €			5.000.000,00 €				4-27-088	5.000.000,00
Análisis de tendencias										
MTO		1.250.000,00 €								
USD		1.250.000,00 €								
SUMINISTROS		500.000,00 €								
MOVILIAE		500.000,00 €								
GASTOS DIVERSOS		2.000.000,00 €								

Figura 71. Cash flow

Al finalizar el presupuestado dispondremos por tanto de información acerca de las *necesidades de financiación* del proyecto (en caso de ser necesaria) y la *línea de base de costes* inicial del proyecto. Una vez más llegados a este punto, si ha lugar se realizará alguna modificación en alcance, EDT o planificación temporal.

Presupuestado de costes

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Alcance del proyecto	Suma de costes	Línea base de costes
EDT y diccionario EDT	Conciliación del límite de la financiación	Requisitos de financiación
Estimación de costes e información de soporte		Cambios solicitados
Cronograma del proyecto		
Calendario de recursos		
Contrato y pliego de condiciones		

Tabla 16. Resumen del presupuestado de costes

Control de costes del proyecto

Una vez concluida la fase de planificación del proyecto, este comienza su ejecución que en nuestro ejemplo se corresponde con el diseño, la obra civil (servicios auxiliares como carreteras y caminos) y el montaje de la red (izado de torres eléctricas y tendido de red sobre estos). Al mismo tiempo entra en funcionamiento la fase de control y seguimiento del proyecto.

En esta se realizará el control de costes mediante la información facilitada bien *mediante informes de controles anteriores o sobre al avance del proyecto*, bien mediante las *herramientas software* empleadas hasta el momento.

Este control requiere un esfuerzo continuo, para la recolección de datos e informaciones que después han de ser tratados para incluirlos en los correspondientes formatos que puedan ser interpretados entre otros por la dirección de la organización. Por tanto y a pesar de tratarse de un proceso continuo, la redacción y entrega de informes tendrá un carácter periódico determinado por el nivel de control que se desee establecer sobre el mismo. En el ejemplo que nos ocupa al tratarse de un proyecto de dos años de duración y teniendo en cuenta que se incluyen trabajos de obra civil (un trabajo lento) un período razonable sería de un mes de duración entre informes e control.

Por tanto el método a aplicar será la *revisión periódica del proyecto* que recordemos incluía la aplicación de la *técnica del valor ganado*, el *análisis de variación del proyecto* y el *análisis de tendencias*.

Análisis de variación del proyecto

Se trata de realizar comparaciones directas por parte de los encargados del control del proyecto. Estas comparaciones pueden realizarse sobre el cronograma del proyecto (temporal) y sobre el cash flow del mismo (costes) que recordemos se emplean para simplificar la interpretación de datos. Son útiles para poner de manifiesto las variaciones del proyecto grosso modo en informes ejecutivos, informes a cliente, reuniones directivas...

Sin embargo, para determinar con mayor exactitud, o al menos con estimaciones más aproximadas a la realidad se han de emplear el análisis del valor ganado y el análisis de tendencias.

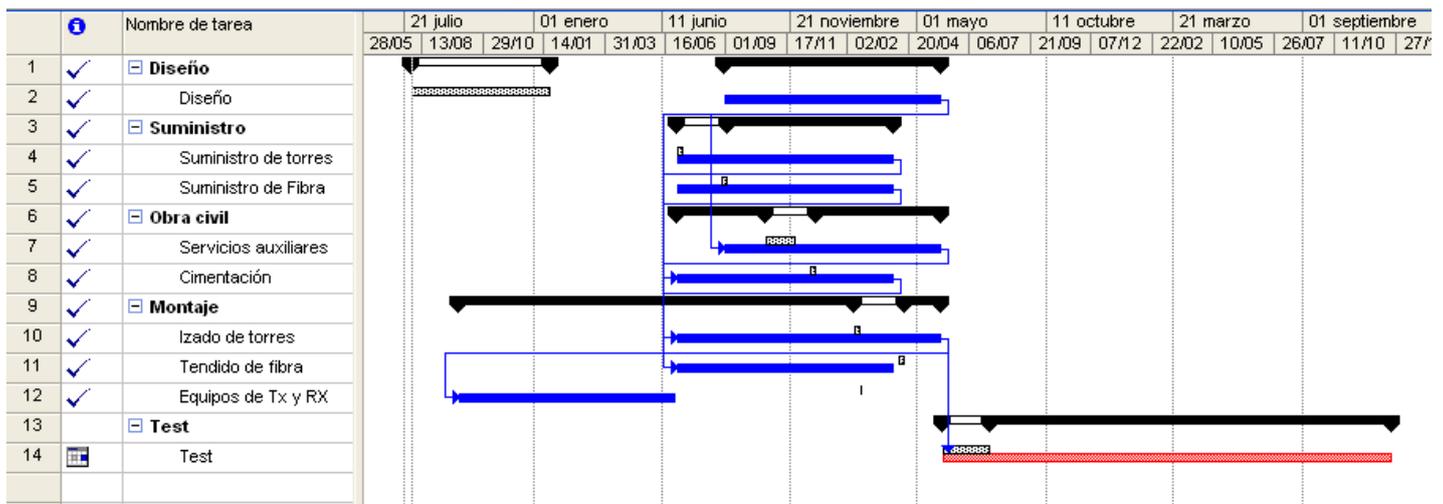


Figura 72. Comparación entre estado actual del proyecto y línea base de hitos en MS Project

Técnica del valor ganado

Esta técnica permitía trasladar el avance del proyecto (avance físico de realización de trabajos) al avance en coste incurrido. Se trata de una estimación por tanto del coste que se debería haber incurrido en función de los costes planificados. Según la planificación realizada hasta el momento se puede obtener este valor ganado por dos caminos diferentes:

- Por una parte podríamos obtenerlo directamente mediante la actualización y realización de un informe mensualmente en la herramienta Primavera.
- Por otra parte podría realizarse en función del porcentaje de avance de los trabajos medido sobre el cronograma del proyecto, trasladando dicho porcentaje a la línea base de coste del proyecto.

Esta segunda forma es menos precisa para realizar este cálculo puesto que un cronograma basado en hitos no dispone de la precisión de uno basado en paquetes de trabajo como el de Primavera. Ambas formas son correctas a pesar de no tener por qué ofrecer el mismo resultado dado que se trata de una estimación y por tanto la elección de una u otra depende de la organización.

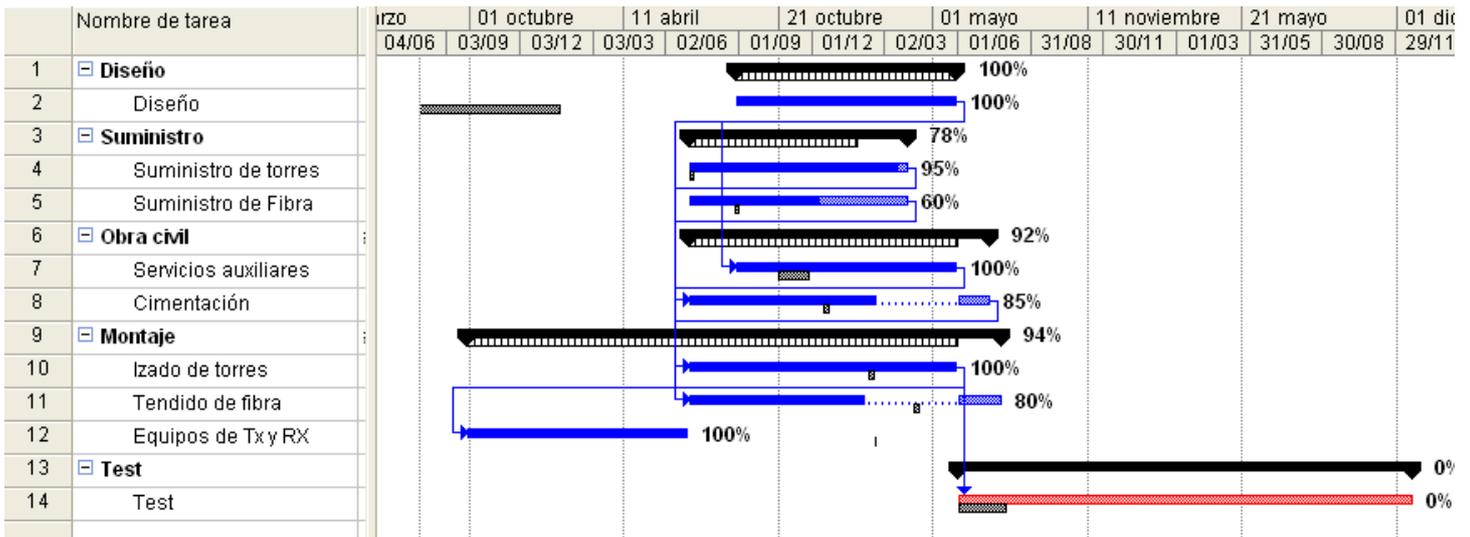


Figura 73. Avance temporal (físico) mediante cronograma

Empleando los porcentajes de la figura 74, y las estimaciones de la figura 62 podemos establecer el siguiente cálculo de valor ganado.

Hito	Avance(%)	Presupuesto (€)	Valor ganado (€)
Diseño	100%	2.000.000,00	2.000.000,00
Suministro de Torres	95%	1.000.000,00	950.000,00
Fibra	60%	1.000.000,00	600.000,00
Servicios auxiliares	100%	750.000,00	750.000,00
Cimentación	85%	750.000,00	637.500,00
Izado de torres	100%	500.000,00	500.000,00
Tendido de fibra	80%	500.000,00	400.000,00
Equipos de TX y RX	100%	1.500.000,00	1.500.000,00
Test	0%	2.000.000,00	-
Total	73,4%	10.000.000,00	7.337.500,00

Tabla 17. Cálculo del valor ganado

4. Ejemplo de planificación y control de costes

PFC
Data Date: 01-Jan-09

Report Date: 30-Jul-07 17:30
Primary Baseline:

RE-01 Earned Value for WBS and Activities

Activity ID	Activity Name	Planned (BQWP)	Actual (AQWP)	Earned (BQWS)	Variance At Completion	Activity Status
Innovative Construct						
						EV Type: Activity % Complete
PFC						EV Type: Activity % Complete
PFC.P1						EV Type: Activity % Complete
PFC.P1.1						EV Type: Activity % Complete
PFC.P1.1.1						EV Type: Activity % Complete
PFC1111	Dirección de proyecto	2.500.000	2.500.000	2.500.000	0	Completed
Subtotal		2.500.000	2.500.000	2.500.000	0	
Subtotal		2.500.000	2.500.000	2.500.000	0	
PFC.P1.2						EV Type: Activity % Complete
PFC.P1.2.1						EV Type: Activity % Complete
PFC1211	Contingencias	2.500.000	2.500.000	2.500.000	0	Completed
Subtotal		2.500.000	2.500.000	2.500.000	0	
Subtotal		2.500.000	2.500.000	2.500.000	0	
Subtotal		5.000.000	5.000.000	5.000.000	0	

© Primavera Systems, Inc.
PFC
Data Date: 01-Jan-09

Page 1 of 4

Report Date: 30-Jul-07 17:30
Primary Baseline:

RE-01 Earned Value for WBS and Activities

Activity ID	Activity Name	Planned (BQWP)	Actual (AQWP)	Earned (BQWS)	Variance At Completion	Activity Status
PFC.2						EV Type: Activity % Complete
PFC.2.1						EV Type: Activity % Complete
PFC.2.1.1						EV Type: Activity % Complete
PFC2111	Ing. Civil	500.000	500.000	500.000	0	Not Started
PFC2112	Ing.Subcontrataciones	500.000	500.000	500.000	0	Not Started
Subtotal		1.000.000	1.000.000	1.000.000	0	
Subtotal		1.000.000	1.000.000	1.000.000	0	
PFC.2.2						EV Type: Activity % Complete
PFC.2.2.1						EV Type: Activity % Complete
PFC2211	TX	500.000	250.000	250.000	250.000	Not Started
PFC2212	RX	500.000	500.000	500.000	0	Not Started
Subtotal		1.000.000	750.000	750.000	250.000	
Subtotal		1.000.000	750.000	750.000	250.000	
PFC.2.3						EV Type: Activity % Complete
PFC.2.3.1						EV Type: Activity % Complete

© Primavera Systems, Inc.

Page 2 of 4

4. Ejemplo de planificación y control de costes

PFC
Data Date: 01-Jan-09

Report Date: 30-Jul-07 17:30
Primary Baseline:

RE-01 Earned Value for WBS and Activities

Activity ID	Activity Name	Planned (BQWP)	Actual (AQWP)	Earned (BQWS)	Variance At Completion	Activity Status
PFC2311	Fibra óptica (OPGW)	500.000	500.000	500.000	0	Not Started
PFC2312	Torres completas	500.000	500.000	500.000	0	Not Started
Subtotal		1.000.000	1.000.000	1.000.000	0	
Subtotal		1.000.000	1.000.000	1.000.000	0	
PFC.2.4		EV Type: Activity % Complete				
PFC.2.4.1		EV Type: Activity % Complete				
PFC2411	Carreteras y caminos	250.000	250.000	250.000	0	Not Started
PFC2412	Cimentaciones	250.000	250.000	250.000	0	Not Started
Subtotal		500.000	500.000	500.000	0	
PFC.2.4.2		EV Type: Activity % Complete				
PFC2421	Torres completas	250.000	250.000	250.000	0	Not Started
PFC2422	Fibra óptica (OPGW)	250.000	0	250.000	250.000	Not Started
Subtotal		500.000	250.000	500.000	250.000	
Subtotal		1.000.000	750.000	1.000.000	250.000	

© Primavera Systems, Inc.
Data Date: 01-Jan-09

Page 3 of 4

Report Date: 30-Jul-07 17:30
Primary Baseline:

RE-01 Earned Value for WBS and Activities

Activity ID	Activity Name	Planned (BQWP)	Actual (AQWP)	Earned (BQWS)	Variance At Completion	Activity Status
PFC.2.5		EV Type: Activity % Complete				
PFC.2.5.1		EV Type: Activity % Complete				
PFC2511	Test transmisión eléctrica	500.000	500.000	500.000	0	Not Started
PFC2512	Test transmisión OPGW	500.000	500.000	500.000	0	Not Started
Subtotal		1.000.000	1.000.000	1.000.000	0	
Subtotal		1.000.000	1.000.000	1.000.000	0	
Subtotal		5.000.000	5.000.000	5.000.000	500.000	
Subtotal		10.000.000	10.000.000	10.000.000	500.000	
Subtotal		10.000.000	10.000.000	10.000.000	500.000	
Total		10.000.000	10.000.000	10.000.000	500.000	

10.000.000

© Primavera Systems, Inc.

Page 4 of 4

Figura 74. Informe Valor ganado por actividades y EDT

Análisis de tendencias

El resultado último de este análisis habrá de ser un informe de fácil interpretación que condense gran cantidad de información. Para ello este informe habrá de incluir información de ingresos y costes obtenida de SAP R/3; presupuestos iniciales obtenidos de la línea base coste; presupuesto actual obtenido de una línea base de coste actualizada; tendencia actual del proyecto que se puede obtener tanto de SAP, como de Primavera, como del cash flow del proyecto; y también puede incluirse información sobre variaciones de alcance del proyecto que será el punto de partida para la actuación del control integrado de cambios.

Particularizando en nuestro ejemplo, en lugar de optar por la opción de máximo control que recibiría los datos de SAP y Primavera correspondientemente, optaremos por una opción intermedia alimentando la información perteneciente a costes e ingresos mediante SAP, y el análisis de tendencias mediante el cash flow del proyecto. Se trata de una solución menos precisa, pero que también requiere menos recursos en el apartado de gestión del proyecto (menos horas/hombre).

Para ello en primer lugar se han de actualizar tanto el cálculo de producción de SAP como el estado del cash flow. Bastará con realizarlo mensualmente:

- En el caso de SAP ⁸ se exportará un informe de costes e ingresos incurridos (valores actuales) y producción del proyecto hasta el momento (recordemos: Producción K · Costes incurridos). Los datos exportados a MS Excel y que se clasifican en función del elemento PEP al que se imputan se tratarán para clasificarlos en función de diferentes conceptos del proyecto de modo que se obtengan por separado los costes incurridos para la realización de cada uno de estos conceptos. Estos conceptos en el ejemplo que nos ocupa podrían ser:
 - Mano de obra directa
 - Otros costes directos
 - Compra de suministros y material
 - Tareas de montaje
 - Gastos diversos

Se realizará la operación para todos los meses de desarrollo del proyecto y finalmente se incluirán en el informe de análisis de tendencia tan sólo los correspondientes costes e ingreso del mes actual, el anterior y todos los transcurridos desde el comienzo del proyecto.

Esto permitirá comprobar los márgenes brutos y netos en venta del proyecto hasta el momento (el margen neto puede obtenerse descontando del coste bruto un porcentaje correspondiente a los costes de estructura propios del departamento).

⁸ No se ha creado el proyecto en SAP, ni por tanto su estructura PEP y planificaciones correspondientes, puesto que afectaría a la gestión real de la empresa que soporta la realización del PFC.

4. Ejemplo de planificación y control de costes

Año contable		2008												
Suma de ValMon.sp.CO		2007_012	2007_001	2007_002	2007_003	2007_004	2007_005	2007_006	2007_007	2007_008	Total general	AÑO	ORIGEN	
TipoCoste	Denominación	2006_012	2007_001	2007_002	2007_003	2007_004	2007_005	2007_006	2007_007	2007_008	Total general			
INGRESOS		-2.051.859,06	-2.938.297,66	-895.097,68	-466.364,09	-559.837,21	-132.746,61	-89.982,97	-1.748.790,12		-11.673.603,21	-6.531.146,54	-11.673.603,21	INGRESOS
MOD		4.214,12	1.202,23	14.876,93	8.338,81	3.736,09	7.699,78	1.471,48	9.119,37	1.908,96	92.998,80	46.844,66	91.089,84	MOD
OOD		15.593,20	6.683,12	9.676,77	11.477,22	6.796,60	6.647,02	9.072,05	10.347,85		104.052,11	62.870,83	104.052,11	OOD
SUMINISTROS		-1.113.682,83	2.280.790,39	133.125,28	103.470,71	32.905,67		-152,62	1.226,81		4.036.864,66	2.551.370,04	4.036.864,66	SUMINISTROS
GASTOS DIVERSOS		1.379,95	302,10	1.445,50	8.721,85	81,91	1.156,06	2.880,84	101,19		29.270,34	12.669,26	29.270,34	GASTOS DIVERSOS
MONTAJE		2.938.562,32	268.533,66	243.898,53	259.649,50	444.334,59	93.529,92	65.031,53	1.520.142,24		5.805.650,29	2.900.087,97	5.805.650,29	MONTAJE
Total general		-244.262,39	-334.791,67	-185.976,97	-59.350,94	-67.647,37	-18.283,56	-11.080,47	-55.774,17	1.908,96	-1.341.222,36	-734.105,06	-1.343.131,34	

Ingresos	hasta Ene'08	hasta Feb'07	hasta Mar'07	hasta Abr'07	hasta May'07	hasta Jun'07	hasta Jul'07	hasta Ago'07
ingresos	-6.092.734,33	-8.675.852,01	-9.142.246,10	-9.749.819,34	-9.834.830,12	-9.924.613,09	9.999.999,99	9.999.999,99
mod	45.747,41	60.724,34	69.060,15	72.799,24	80.499,02	81.970,47	91.039,84	92.998,80
ood	48.034,40	57.711,17	69.168,39	75.985,19	84.632,21	93.704,26	104.052,11	104.052,11
sumini	3.766.285,00	3.699.410,28	4.002.860,99	4.036.790,66	4.036.790,66	4.036.637,64	4.036.864,66	4.036.864,66
gastos div	16.683,19	18.328,69	25.050,34	25.132,25	26.288,31	29.169,15	29.270,34	29.270,34
montaje	3.174.095,98	3.422.992,51	3.662.642,01	4.126.946,60	4.220.476,52	4.285.508,05	5.805.650,29	5.805.650,29
comprobación	hasta Ene'08	hasta Feb'07	hasta Mar'07	hasta Abr'07	hasta May'07	hasta Jun'07	hasta Jul'07	hasta Ago'07
suma	7136936,47	7546057,18	7953100,33	8445290,17	8559553,42	8638455,32	10330471,87	10332380,83

Análisis de tendencias			
	MES ACTUAL	MES ANTERIOR	PROYECTO
MOD	92.998,80 €	81.970,47 €	594.889,27
OOD	104.052,11 €	93.704,26 €	637.359,84
SUMINISTROS	4.036.864,66 €	4.036.637,64 €	31.649.624,73
MONTAJE	5.805.650,29 €	29.169,15 €	199.392,61
GASTOS DIVER	29.270,34 €	4.265.508,05 €	34.523.662,26
	10.332.380,83 €	6.636.456,92 €	*****

Figura 75. Datos exportados desde SAP

- La actualización correspondiente al cash flow se realizará en primer lugar en función del análisis de variación del cronograma realizando las correcciones oportunas respecto del avance temporal del proyecto. En segundo lugar mediante el informe de costes e ingresos incurridos de SAP se actualizarán las planificaciones de costes e ingresos del proyecto.

Esta replanificación deberá separar en categoría los costes incurridos hasta la finalización del proyecto en los conceptos vistos anteriormente, dejando la información de estos lista para incluirla en el informe de análisis de tendencias. Esta información permitirá el cálculo de márgenes bruto y netos del proyecto en su finalización.

Por último y en caso de ser necesaria alguna variación del alcance se incluirá esta en el informe a la espera de ser aprobada e incluirse en la línea base de presupuestos actualizada.

ANÁLISIS DE TENDENCIA
SEGUIMIENTO ECONÓMICO (EUROS)

MES ACTUAL	A INICIO PROYECTO	AVANCE/TENDENCIA	CONCEPTO	PRESUPUESTO INICIAL	VARIACIÓN ALCANCE	PRESUPUESTO ACTUAL	TENDENCIA		DESV
							ESTE MES	MES ANT.	
100.000	5.100.000	51,00%	ALCANCE INICIAL	10.000.000		10.000.000	10.000.000	10.000.000	0
100.000	5.100.000	51,00%	VARIACIONES DE ALCANCE	0	0	10.000.000	10.000.000	10.000.000	0
15.000	15.000	1,20%	MOD	122.701		1.250.000	1.375.000	1.250.000	0
20.000	20.000	1,60%	OGD	68.354		1.250.000	1.375.000	1.250.000	0
10.000	10.000	2,00%	SUMINISTROS	4.620.735		500.000	625.000	500.000	0
25.000	25.000	1,25%	MONTAJE	9.155.036		2.000.000	2.125.000	2.000.000	0
0	0	0,00%	GASTOS DIVERSOS	409.307		0	125.000	0	0
70.000	70.000	1,24%	TOTAL	14.377.292	0	5.000.000	5.625.000	5.000.000	625.000
30.000	5.000.000		MARGEN BRUTO PROYECTO	-4.377.292	0	5.000.000	4.375.000	5.000.000	
30,0%	98,6%			-43,8%		50,0%	-43,7%	50,0%	
2.250	2.250		ESTRUCTURA	18.405		187.500	206.250	187.500	
2,3%	0,0%			0,2%		1,9%	2,1%	1,9%	
27.750	5.027.750		MARGEN NETO DE PROYECTO	-4.395.886		4.812.500	4.168.750	4.812.500	
27,8%	98,6%			-44,0%		-48,1%	-41,7%	-48,1%	

Análisis de tendencias	
MOD	1.250.000,00€
OGD	1.250.000,00€
SUMINISTROS	500.000,00€
MONTAJE	2.000.000,00€
GASTOS DIVERSOS	0,00€

Figura 76. Análisis de tendencia en Excel

Viendo el análisis de tendencia anterior, podemos observar como, a pesar de que el proyecto acaba de dar comienzo, gracias al cobro por adelantado (firma de contrato, dirección de proyecto) de la mitad de los ingresos totales, goza de unos márgenes tanto mensual como desde inicio de proyecto excelentes. Sin embargo la tendencia de proyecto ha aumentado. Esto evidencia que los márgenes se reducirán y que las contingencias probablemente se habrán de poner en uso. Estas posibles situaciones se aclararán mediante la realización de sucesivos análisis de tendencia y en función de estas se tomarán decisiones entorno a la planificación.

La documentación obtenida del control de costes del proyecto serán las correspondientes actualizaciones de líneas de base y presupuestos; la correcta medición del avance y el rendimiento del proyecto.

Control de costes del proyecto

Entradas	Herramientas y técnicas	Documentación obtenida
Línea base de coste	Revisiones del Proyecto	Estimaciones y presupuesto de Costes (Actualizaciones)
Información sobre el avance del proyecto	Software de Gestión de Proyectos	Línea Base de Coste (Actualizaciones)
Informes de Rendimiento	Gestión de variaciones	Mediciones del Rendimiento
		Cambios Solicitados

Tabla 18. Resumen del control de costes

5 Conclusiones y trabajo futuro

En el presente proyecto se han estudiado la metodología y herramientas que posibilitan la planificación y control de costes de un proyecto de ingeniería. En concreto, se ha seguido el estándar con mayor reconocimiento en la actualidad (Project Management Institute) para desarrollar la metodología y se han analizado las capacidades y la utilización de algunas de las herramientas más empleadas para poner en práctica esta metodología. La aplicación de esta metodología a un proyecto real ha supuesto la posibilidad de comprobar cómo la personalización de un estándar de gestión de proyectos puede permitir la planificación seguimiento y control de éste facilitando la labor del gestor de proyectos y reduciendo la dificultad de esta actividad, si bien la experiencia en este campo también es un factor a tener en cuenta.

La técnica de desglose de de tareas del proyecto se ha mostrado muy eficiente tanto para determinar de forma correcta el alcance del proyecto como para servir de base para la planificación y control de costes posteriores. Por otra parte la aplicación de métodos como el camino crítico, el valor ganado o el cálculo de márgenes/producción se han mostrado eficientes y prácticamente ineludibles para el correcto control del proyecto permitiendo un seguimiento periódico tanto de avance en la realización del proyecto, como del control de ingresos y costes asociados a dicho avance.

La correcta realización de un proyecto sin tener en cuenta una metodología de guía, como la descrita en el presente documento u otra, y sin establecer una serie de métodos, informes periódicos y criterios de control se ve perjudicada por la imposibilidad de realizar, o hacerlo con imprecisión, y por este orden las siguientes actividades:

- Determinación de un correcto alcance del proyecto
- Traslación de forma precisa un calendario de tiempos y recursos sobre una herramienta software de trabajo
- Obtención de necesidades de financiación
- Comparación con datos iniciales de planificación
- Obtención de medidas objetivas consistentes
- Toma de decisiones acertadas o preparación de contingencias ante variaciones no previstas
- Cumplimiento de requisitos contractuales
- Obtención de beneficios en la realización del proyecto

Todo esto hace aconsejable la creación y seguimiento de una metodología de gestión de proyectos ajustada a las necesidades de cada organización y a las necesidades y dificultades de sus proyectos que incluya la planificación y control de los mismos. La complejidad de esta metodología debe fijarse en función del grado de control que se desee tener sobre el proyecto que a su vez vendrá determinado por las naturalezas de organización y proyecto lo cual da pie a un línea de trabajo futuro que veremos a continuación.

Por tanto y como punto negativo de la aplicación de una metodología cabe señalar la cantidad de tiempo y recursos necesaria tanto para su desarrollo como para su puesta en marcha, que será otro de los factores a valorar a la hora de decidir la complejidad de la misma. En este sentido y como ya se ha visto en el apartado de conclusiones de

herramientas cabe señalar la importancia de la correcta elección, desarrollo y manejo de las herramientas de planificación y control.

En cuanto al trabajo futuro para dar continuidad al presente PFC, si duda existen dos campos de actuación:

- Uno de ellos en la mejora y optimización de las metodologías a emplear, como puede ser el análisis de las características y necesidades que determinen una serie de umbrales que requieran diferentes grados de control, y una personalización de la metodología para cada uno de estos umbrales. Esto supondría mejorar y simplificar la metodología de planificación y control. Un ejemplo de estas mejoras puede verse siguiendo las actualizaciones realizadas en cada una de las ediciones de PMBOK dónde sin embargo no se trata esta clasificación en función del grado de control solicitado.
- Por otra parte la integración de las herramientas software empleadas en una sola herramienta de gestión de proyecto (ERP) que permita evitar duplicación de trabajo, y conjugue las sinergias informativas con la aplicación de las principales técnicas de control (SAP+Primavera). Esto permitiría ahorrar tiempo y recursos durante la fases de planificación y control.

6 Referencias

- [1] Lewis, James P. *“Planificación, programación y control de proyectos guía práctica para una gestión de proyectos eficiente”*. Ediciones S, 1995
- [2] Lock, Dennis. *“Fundamentos de la gestión de proyectos”* AENOR, 2003
- [3] Project Management. *“A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)”* Project Management Institute , 2004
- [4] Philips, Joseph. *“IT Project Management On track from start to finish”* McGraw-Hill Osborne, 2004
- [5] Heldman, Kim. *“PMP Project Management Professional Study Guide”* SYBAX, 2002
- [6] Joseph J. Moder *“Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming”* Blitz, 1995
- [7] Hijón Neira, Raquel. *“Utilización del sistema SAP R/3, Universidad Pontificia de Comillas”*. Departamento de Publicaciones, 2005
- [8] Aguilar, Antonio. Apuntes asignatura *“Proyectos”* , 2005-06
- [9] www.getec.etsit.upm.es. *“Gestión de Proyectos”* , Universidad Politécnica de Madrid
- [10] Primavera Systems Inc. *“Primavera Project Management Reference Manual”*, 2005
- [11] Gregory M. Horine. *“Gestión de proyectos”*, Ediciones Anaya Multimedia, 2005
- [12] Iberdrola Ingeniería y Construcción S.A.U. *“Manual de gestión de proyectos”*, 2006
- [13] Reiss Geoff. *“Programme Management Demystified: Today’s Tools and Techniques”*, Spon, 1995
- [14] Marcos Serer. *“Gestión integrada de proyectos”*, Edicions UPC, 2001
- [15] Chris Churchouse. *“Managing Projects: A Gower Workbook”*, Gower, 1999
- [16] Rory Burke. *“Project Management: Planning and Control”*, Wiley, 1999

- [17] Lock dennis. "*Project Management*", 7ª edición, Gower, 2000.
- [18] D.I. Cleland y W.R. King, "*Project Management Handbook*" 2ª edición, Van Nostrand Reinhold, 1998
- [19] P.L. Healey. "*Project Management: Getting the Job done in Time and in Budget*", Butterworth-Heinemann, 1997
- [20] P.D.V. Marsh. "*Contracting for Engineering and construction Projects*" 5ª edición, Gower, 2000.
- [21] A. Shtub y J.F Bard, "*Project Management: Engineering, Technology and Implementation*", Prentice-Hall, 1993.
- [22] S.H. Wearne, "*Control of Engineering Projects*", Tomas Telford, 1989
- [23] N.J. Smith, "*Project cost estimating*", Thomas Telford, 1995
- [24] S. A. Devaux, "*Total Project Control: A Manager's Guide to Integrated – Project Planning, Measuring and Tracking*", Wiley, 1999
- [25] J. Rodney Turner. "*The handbook of Project- Based Management*", McGraw-Hill, 1992

