

3.0 Introducción

Este capítulo no constituye en ningún modo un estudio exhaustivo sobre Planificación de Proyectos, (tema sobre el que, por cierto, existen ya muchos y muy buenos libros en el mercado) sino que se intenta presentar, desde un punto de vista práctico, una recopilación de los esfuerzos realizados para la elección, instalación y puesta a punto de una herramienta de planificación, o lo que es lo mismo, un estudio práctico de las dificultades que presenta la elección e implantación de un *Sistema de Planificación y Control de Proyectos*, que esperamos pueda servir de referencia a todas las personas que tengan que pasar, a lo largo de su carrera profesional, por un trance como éste.

3.1 La historia de la Planificación y Control de Proyectos

Antes de adentrarnos en los pormenores de la Planificación y el Control de Proyectos, hagamos un poco de historia. La Planificación y Control de Proyectos, o bien la *Gestión de Proyectos* (del inglés Project Management), se convirtió en una ciencia moderna a comienzos de 1900. Uno de sus fundadores, Henry L. Gantt, (natural de Maryland, USA), durante la primera guerra mundial y trabajando para el gobierno americano, desarrolló su actualmente famosa técnica de ayuda visual para el control del trabajo, una variante del diagrama de barras que lleva su nombre: *el diagrama de Gantt*. El gobierno federal fue uno de sus usuarios más destacados, y durante los años de la segunda guerra mundial, el diagrama de Gantt era una herramienta de planificación totalmente aceptada en el mundo de los negocios.

El siguiente eslabón en la cadena ocurrió durante los últimos años de la década de los 50, en los que el Dr. John Mauchly desarrolló el *Método del Camino Crítico (CPM: Critical Path Method)*, que analiza un proyecto basándose en las tareas que se deben de realizar "a tiempo", y que no pueden ser demoradas si se quiere que el proyecto termine según el plan previsto.

La técnica de gestión de proyectos de Mauchly fue ampliada por Willard Frazer, un consultor del proyecto Polaris, el submarino nuclear americano, que se desarrolló a

finales de los 50 por la U.S. Navy. La contribución de Frazer a la planificación de proyectos se denominó *PERT (Program Evaluation and Review Technique)*. Originalmente, el PERT daba tres estimaciones de un proyecto: la mejor (optimista), la peor (pesimista) y la más probable (realista), aunque con el tiempo estas tres estimaciones desaparecieron y actualmente el nombre PERT se asocia al diagrama de flujo utilizado para representar la relación predecesor-sucesor entre las distintas tareas de un proyecto.

Hoy en día, las dos técnicas gráficas para la representación de un proyecto son el diagrama GANTT y el PERT. Ambas fueron incorporadas en los primeros programas de planificación de proyectos escritos para grandes ordenadores. En los años 60 se desarrolló en Inglaterra un grupo de programas muy potentes para la planificación de proyectos, los cuales fueron posteriormente exportados a USA.

Con su aparición y rápida expansión, los ordenadores personales resultaron ser una herramienta idónea para la ejecución de programas de gestión de proyectos, y por este motivo se comenzaron a reescribir los programas pensados originalmente para grandes sistemas, para ser ejecutados en PC's. Así, uno de los programas desarrollados en Inglaterra y exportados a USA, *Plantrac*, fue reescrito para ser utilizado en PC's, y aún existe en la actualidad. Muchos otros programas aparecieron en versión PC. Podemos considerar que el primero de ellos fue el denominado *Harvard Project Manager*, introducido en 1983 por Harvard Software, y que fue posteriormente adquirido por Software Publishing Corp., en 1985. A continuación de Harvard Project Manager aparecieron más de 100 gestores de proyectos en versión PC, cada vez más completos y sofisticados, y se espera todavía un mayor grado de perfeccionamiento y acercamiento al usuario, en un futuro muy próximo, en programas que rueden sobre las versiones más rápidas de PC's basadas en el micro 80386 de Intel o superiores.

3.2 Terminología de Gestión de Proyectos

Antes de seguir adelante, es necesario pasar revista a la especial terminología utilizada en gestión de proyectos, para que cualquiera que esté siendo tan amable de leer estas líneas pueda realizarlo sin demasiado esfuerzo, y sin necesidad de ser un experto en la materia.

Dado que los orígenes, como se ha visto anteriormente, son ingleses y americanos, toda la terminología deriva del idioma inglés. No obstante, no resulta oportuno traducir los términos y las siglas utilizadas puesto que en cualquier software de gestión de proyectos son las que se van a encontrar. Por eso es preferible dejarlos en inglés, proporcionando una traducción cuando sea necesario, a modo de explicación.

Para empezar por el principio, (cosa bastante conveniente casi siempre), aclaremos el título: Planificación de Proyectos o Gestión de Proyectos. La mayoría de los autores consideran aplicable el término "planificación" (planning) a la primera etapa del proceso, que incluye la especificación de las tareas y las relaciones entre ellas y la asignación de recursos a las mismas, dejando que el término "gestión" (management) abarque la totalidad del proceso. En este estudio respetaremos esta terminología, y además utilizaremos el término "Planificación y Control" para referirnos también a Gestión de Proyectos.

Una vez matizado este punto tan sutil, pasemos a cosas más serias y veamos una relación en orden alfabético de la terminología más frecuente.

Activity (Task) - [Actividad (Tarea)]

Cada uno de los trabajos básicos necesarios para completar un proyecto.

Actual Start - [Comienzo actual]

Fecha de comienzo real de una Actividad.

Actual Finish - [Final actual]

Fecha de finalización real de una Actividad.

ALAP (As last as possible)

Se usa para designar una tarea que debería comenzar lo más tarde posible, utilizando toda la "holgura" (float) de que se disponga.

ASAP (As soon as possible)

Se usa para designar una tarea que debería comenzar lo más pronto posible, dada la fecha de comienzo del proyecto y sus tareas precedentes.

Baseline (target) - [Línea base (objetivo)]

El plan original del proyecto, incluyendo asignaciones de tiempo, recursos y costes. Se utiliza para compararlo con el estado actual y determinar así el avance del proyecto.

CPM (Critical Path Method) - [Método del Camino Crítico]

Técnica de planificación de la duración de un proyecto que ayuda a determinar las fechas "más pronto" (early) y "mas tarde" (late) de las tareas individuales de un proyecto y del proyecto como un todo.

Early Finish

Fecha "mas pronto" en la que puede terminar una Actividad, teniendo en cuenta su holgura.

Early Start

Fecha "mas pronto" en la que puede comenzar una Actividad, teniendo en cuanta su holgura.

Float - [Holgura]

Tiempo que una tarea se puede retrasar antes de que se convierta en crítica y retrase el proyecto.

Free Float - [Holgura libre]

Tiempo que una tarea no crítica se puede retrasar sin que afecte a otra tarea.

Gantt Chart - [Diagrama de Gantt]

Representación gráfica del calendario de un proyecto que muestra cada tarea como una "barra" horizontal, cuya longitud es proporcional a su duración. Las barras aparecen una a continuación de la otra en un diagrama de tiempos que abarca el espacio de tiempo en el que tiene lugar el proyecto. Normalmente, las barras se dibujan de manera que indiquen si una tarea es crítica o no, mostrando además la holgura (float) de las tareas no críticas.

Hammock - [Hamaca]

Es un tipo especial de Actividad que se utiliza para medir el tiempo transcurrido entre dos puntos de la Red, englobando a varias Actividades.

Histogram - [Histograma]

Es un diagrama de barras verticales que muestra cantidades por unidad de tiempo. Se usa para representar la distribución de costes y recursos a lo largo del tiempo.

Interface - [Interfase]

Es un tipo especial de Actividad que se utiliza para enlazar dos Redes.

Late Finish

Fecha "mas tarde" en la que puede terminar una Actividad, teniendo en cuenta su holgura.

Late Start

Fecha "mas tarde" en la que puede comenzar una Actividad, teniendo en cuenta su holgura.

Milestone - [Punto Clave, Hito]

Evento de un proyecto que representa un punto de chequeo (checkpoint), un punto importante a alcanzar, o un punto en el que se obtiene un resultado que se puede entregar. No existe una duración en tiempo asociada con un milestone.

Negative Float - [Holgura negativa]

Tiempo que una tarea se ha retrasado con respecto a su fecha de comienzo actual.

Net Analysis - [Análisis de la Red]

Proceso que revisa las Actividades de una Red y sus dependencias, calculando las fechas Early Start y Early Finish de la misma, sin tener en cuenta los Recursos que las van a realizar.

PERT Chart - [Diagrama PERT]

Visión gráfica de las tareas y el camino crítico de un proyecto, mostrando para cada tarea su sucesor y su predecesor. Toma la forma de un diagrama de flujo o de un diagrama de red.

Resource - [Recurso]

Cualquier persona, pieza de equipamiento o material utilizado para la consecución de una tarea. La mayoría de los programas de planificación de proyectos permiten asignar un equipo de trabajo como si se tratase de un recurso único.

Resource leveling - [Nivelación de recursos]

El proceso de "suavizar" o compartir el uso de recursos entre las distintas tareas de un proyecto, eliminando posibles conflictos de disponibilidad. Esta nivelación puede ser de dos tipos: A Recurso Fijo (o limitada por los recursos) y a Tiempo Fijo (o limitada por el tiempo). En el primer caso, al estar limitada por los recursos, no se admiten sobrecargas de dichos recursos, con lo que la fecha final de finalización obtenida con el Análisis de la Red puede variar. En el segundo caso, al estar limitada por el tiempo, la fecha final obtenida del Análisis se considera fija e inamovible, con lo cual pueden presentarse sobrecargas de recursos si no hay suficiente disponibilidad de los mismos.

Subproject - [Subproyecto]

Grupo de actividades que se realizan conjuntamente y que se pueden considerar como un todo discreto. Los subproyectos se convierten en otro nivel dentro de un proyecto, y se pueden anidar con los demás niveles. Un subproyecto aparece como una actividad en un diagrama de Gantt. Se utilizan para propósitos organizacionales o para poder rebasar los límites de asignación de actividades que tienen algunos programas de Gestión de Proyectos.

Superproject - [Superproyecto]

Un proyecto compuesto de varios subproyectos. Pueden consistir en subproyectos anidados o en módulos de proyectos unidos entre sí.

Target Start - [Comienzo previsto]

Fecha de comienzo "objetivo" o comienzo previsto de una Actividad.

Target Complete - [Final previsto]

Fecha de finalización prevista de una Actividad.

Timenow

Fecha a la que se realiza la planificación. Se toma como base para los cálculos de las demás fechas.

Time-scaled PERT Chart - [Diagrama PERT con escalado de tiempos]

Una combinación de diagramas Gantt y PERT. Muestra la típica red de "cajas" del diagrama PERT, reducidas para poder mostrar la duración, sobre una escala de tiempos.

Work Breakdown Structure (WBS) - [Estructura de descomposición del trabajo]

Diagrama de la organización de un proyecto mostrando niveles jerárquicos de detalle. A veces, los números de código del WBS se asignan a actividades específicas para facilitar posteriormente los informes.

Organization Breakdown Structure (OBS) - [Estructura de descomposición de la Organización]

Técnica consistente en estructurar las actividades de un proyecto por los grupos, e incluso por las personas, que tienen la responsabilidad de realizarlas.

Restricciones Lógicas

Una restricción, dependencia, o enlace son los términos utilizados para definir la relación entre Actividades en términos relativos de comienzo y fin. No representan trabajo, y por tanto no se les puede asignar recursos. Pueden presentar demoras positivas o negativas con respecto a las Actividades.

Una demora positiva es el tiempo transcurrido entre el comienzo o el final de la Actividad y el comienzo de la restricción, mientras que una demora negativa se produce cuando existe solapamiento entre la Actividad y la restricción

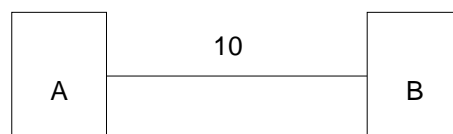
Existen cuatro tipos básicos de restricciones:

Finish-to-Start	(FS)
Start-to-Start	(SS)
Finish-to-Finish	(FF)
Start-to-Finish	(SF)

Restricciones Finish-to-Start

Son las más corrientes de las restricciones. Cuando una Actividad B presenta una restricción Finish-to-Start con una Actividad precedente A, quiere decirse que la Actividad B no podrá comenzar hasta que termine la Actividad A.

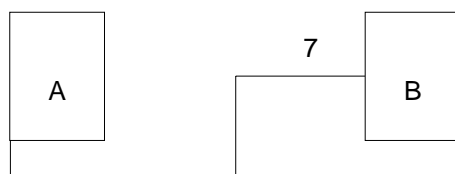
Se tendrá en cuenta que la restricción no es completa, por lo que B podrá comenzar *después* de que haya terminado A. Esto es válido para las demás restricciones.



En el ejemplo anterior se muestra esta restricción con una demora positiva. La Actividad B no puede comenzar hasta que hayan transcurrido diez unidades de tiempo (como mínimo) después que la Actividad A haya finalizado.

Restricciones Start-to-Start

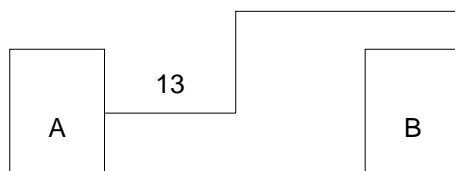
Una relación Start-to-Start indica que una Actividad sucesora B no puede comenzar hasta que lo haya hecho su actividad precedente A.



En el ejemplo, la Actividad B no puede comenzar hasta que no hayan transcurrido como mínimo siete unidades de tiempo desde el comienzo de la Actividad A.

Restricciones Finish-toFinish

Una restricción Finish-to-Finish indica que una Actividad B no puede terminar hasta que lo haya hecho su Actividad precedente A.



En el ejemplo, la Actividad B no puede terminar hasta que hayan transcurrido trece unidades de tiempo como mínimo después que finalice la Actividad A.

Restricciones Start-to-Finish

Una restricción Start-to-Finish indica que una Actividad B no puede terminar hasta que su Actividad precedente A no haya comenzado.



En el ejemplo, la Actividad B no puede terminar hasta que hayan transcurrido ocho unidades de tiempo como mínimo después que haya empezado la Actividad A.

Ejemplos:

A continuación se muestran una serie de ejemplos de Diagramas de Gantt, PERT, WBS y OBS.

Diagrama de Gantt

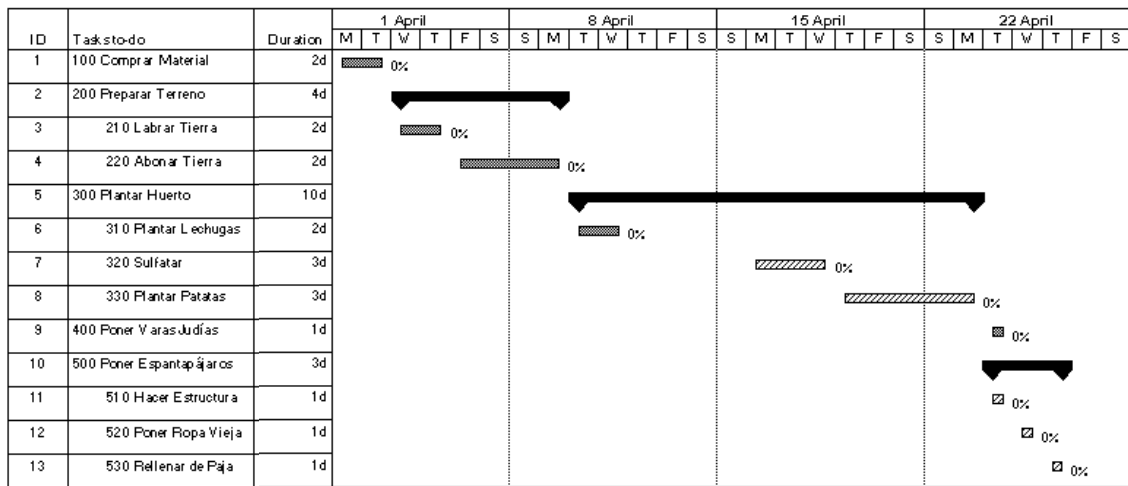


Diagrama PERT

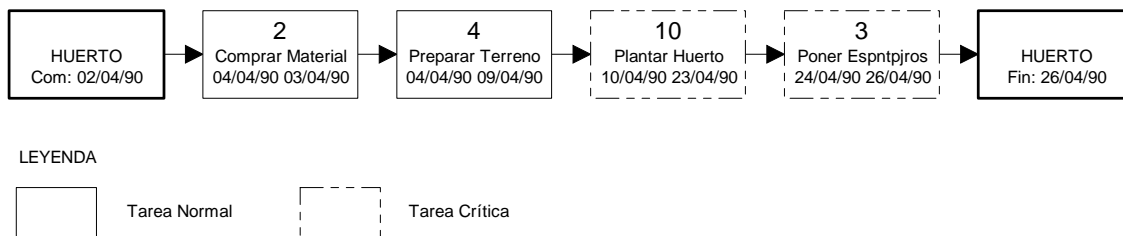


Fig. 3.1 Diagramas Gantt y Pert

Work Breakdown Structure (WBS)

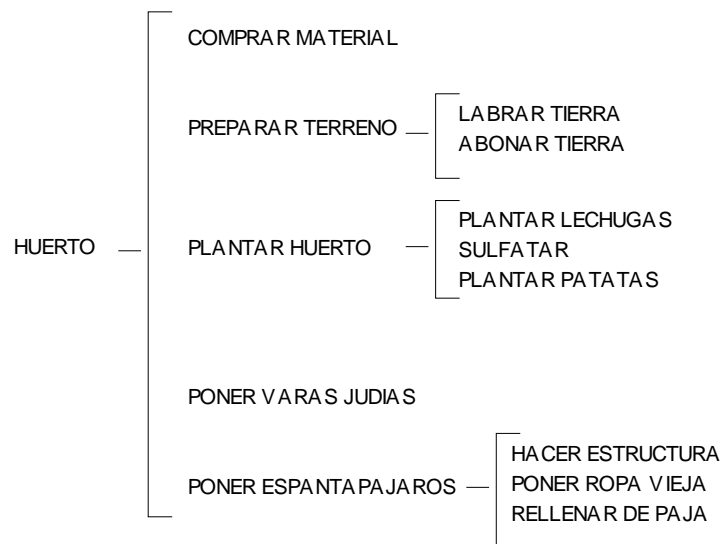


Fig. 3.2 Diagrama WBS

Work Breakdown Structure (WBS) y Organization Breakdown Structure (OBS)

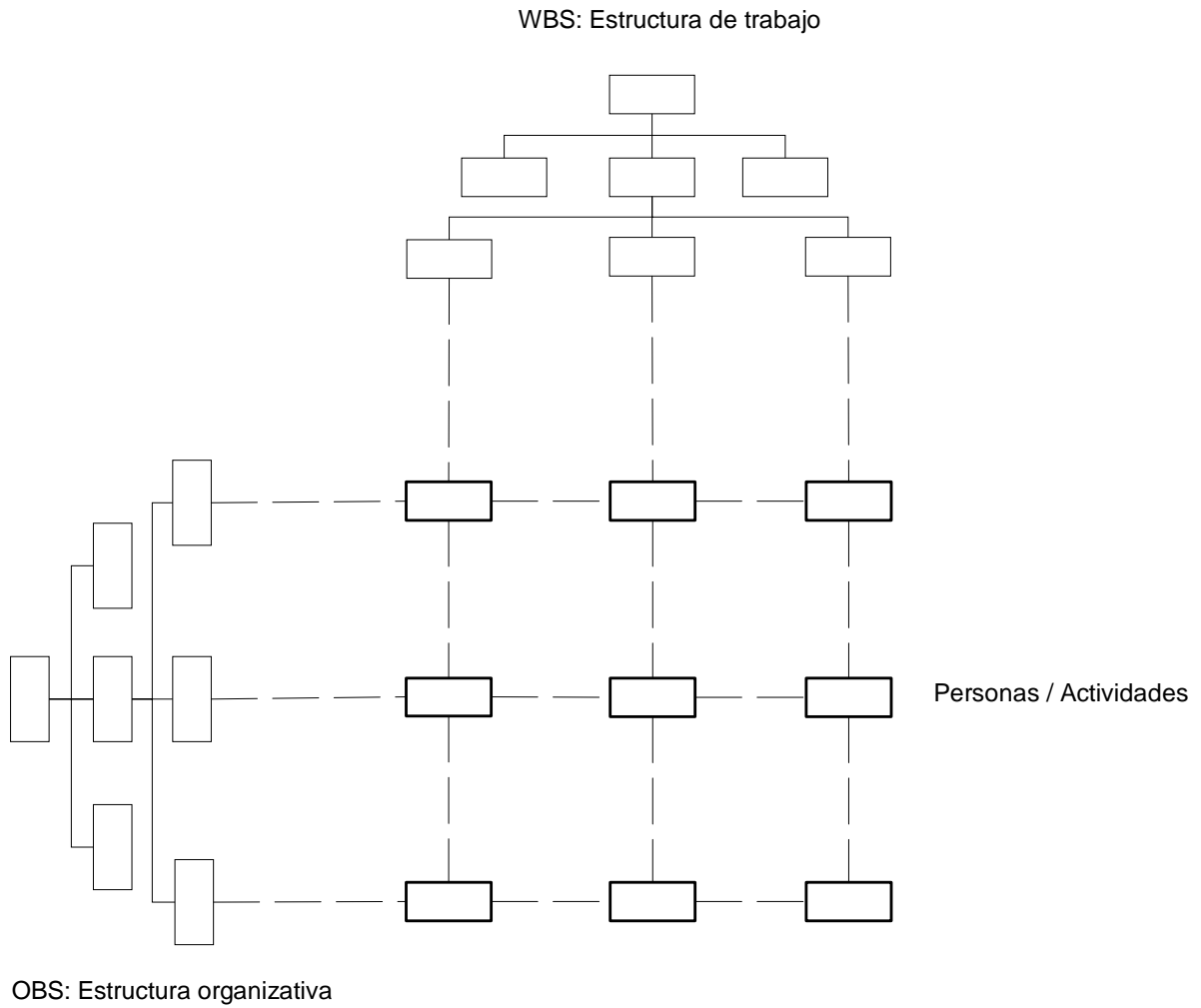


Fig. 3.3 Diagrama WBS y OBS: Matriz Personas / Actividades

3.3 *El Sistema de Planificación y Control de Proyectos*

3.3.1 *Objetivos de un Sistema de Gestión de Proyectos*

Cualquier empresa que quiera permanecer en primera línea en el entorno cada vez más competitivo de los negocios, necesita forzosamente grandes cantidades de información. La información es vital para el funcionamiento de cualquier empresa, pero para que sea útil y no se convierta en un arma de doble filo, la información debe de ser fiable, precisa y, además, debe de estar disponible en el momento en que sea necesaria. Uno de los objetivos principales de todo Sistema de Gestión de Proyectos es proporcionar esta información a todos los niveles de la organización y en la forma adecuada según quien deba recibirla. Pero además, un Sistema de Gestión de Proyectos debe de ser capaz de crear un entorno de gestión (o deberíamos decir un *entorno de calidad*) en toda la organización que contribuya a aumentar la calidad de los productos desarrollados y, como consecuencia, la productividad y los beneficios de la empresa.

La consecución de este entorno de calidad en el desarrollo de proyectos no es tarea fácil. Es necesario fomentar la idea del trabajo con calidad, la idea de hacer las cosas bien *a la primera* en todos los distintos niveles de la organización. Para ello, es necesario que la alta dirección de la empresa, en primer lugar, sea consciente de la necesidad de este entorno y propague y apoye la idea de modo *top-down*, de arriba hacia abajo en la estructura jerárquica, para tener garantías de éxito.

Pero, para lograrlo, es necesario disponer de una *Metodología de Gestión de Proyectos* que indique claramente los pasos a seguir en todo momento, y que sirva de patrón para que todos los componentes de la organización se comporten de la misma manera ante situaciones similares. Las ventajas son obvias: un aumento de la calidad de los productos, conocimiento de lo que hay que hacer en cada momento, facilidad de formación de nuevos recursos humanos, etc., etc. Pero, como asevera el refrán gallego, “o palleiro non se fai sin palla”¹, y el esfuerzo organizativo para montar una estructura de este tipo es muy alto, aunque en nuestra opinión, bien vale la pena el esfuerzo y tiempo dedicados a ello.

¹ El pajar no se hace sin paja

Pero volvamos a los objetivos de la gestión de proyectos; además de los ya mencionados, debe facilitar la estructuración y la homogeneización de los métodos de trabajo, lo cual es lógico por estar inmersa en la metodología general que se mencionaba en los párrafos anteriores. Debe también servir como una asistencia al gerente de proyecto, para que éste sea capaz de planificar, dirigir y coordinar los recursos humanos y no humanos a su disposición, para lograr una utilización óptima de los mismos y para conseguir los objetivos del proyecto que está dirigiendo, es decir, hacer que el proyecto *cumpla las especificaciones acordadas, termine a tiempo y con el presupuesto asignado*. Y por supuesto, con los niveles de calidad que especifiquen los estándares de la Organización.

Con todos estos objetivos en mente, intentemos ahora matizar un poco más el entorno adecuado para una buena gestión de proyectos.

3.3.2 Entorno necesario para la Gestión de Proyectos

Como hemos visto, la base para la implantación de un Sistema de Gestión de Proyectos es disponer de una Metodología que nos indique qué hacer en cada etapa del desarrollo de un proyecto. Pero el disponer de una metodología, con ser mucho, no es suficiente. Normalmente, una metodología responde a la pregunta *¿qué tengo que hacer?* pero no responde a la pregunta *¿cómo debo hacerlo?*

Por tanto, toda metodología debe de verse complementada por un manual de Estándares de la Organización, que nos dará las pautas necesarias para el desarrollo de cada punto en particular durante la gestión del proyecto.

El desarrollo de los estándares de una organización no es tarea fácil. Normalmente, y aunque no se puede estipular la duración en términos generales, ya que dependen de la complejidad de cada organización, podemos afirmar que en una empresa de tipo medio - alto se puede pensar en una labor de uno a dos años para un equipo de 2 - 3 personas. Huelga decir que los estándares deberán de abarcar no solo la gestión de proyectos sino a todas las áreas de la empresa, teniéndose así Estándares de Sistemas, Estándares de Producción, Estándares de Seguridad, Estándares de Desarrollo (Análisis y Programación), Estándares de datos, Estándares de Control de Calidad, y

un largo etcétera. Una vez completados, los estándares deben de ser aprobados y publicados, debiendo de poder consultarse por todos los componentes de la organización, preferentemente por algún medio interactivo que permita una consulta rápida, como podría ser una red de ordenadores personales o bien una red de terminales conectados a un ordenador central.

Todos estos estándares, una vez aprobados y en funcionamiento, van a configurar un Entorno Organizativo que nos permitirá acometer el desarrollo de proyectos en un entorno de calidad que nos garantice un alto porcentaje de éxito.

Tan solo recordar una vez más que la implantación de este entorno de calidad no es una labor fácil, pues el esfuerzo requerido para su puesta en marcha es muy alto y no siempre la alta dirección de la empresa está dispuesta a afrontarlo. No obstante, como ya he mencionado, en mi particular opinión vale la pena el esfuerzo, ya que los resultados obtenidos a medio / largo plazo justifican sobradamente la inversión realizada.

3.3.3 *Etapas de la Gestión de Proyectos: El Ciclo de Vida de un Proyecto*

Todo proyecto, desde que es concebido como posible hasta que alcanza un estado de operatividad, pasando por su desarrollo y puesta en funcionamiento, atraviesa por una serie de etapas que van configurando su estructura. Estas etapas, que se detallan a continuación, forman lo que se ha dado en llamar el Ciclo de Vida de un Proyecto.

3.3.3.1 Estudio de viabilidad de Proyectos: Estructura Organizativa

La primera etapa del Ciclo de Vida de un Proyecto es el estudio de viabilidad del mismo. Es necesario decidir en primer lugar qué proyectos va a acometer la organización, y en segundo lugar, si un proyecto en particular es viable desde el punto de vista de su relación coste / beneficio. Para ello, debe de existir en la empresa una Estructura Organizativa adecuada (ya estudiada en detalle en el Tema 1) que permita abordar en primer término la gestión de proyectos y posteriormente su desarrollo.

Aunque este tema se ocupa sólo de la gestión de proyectos, y por tanto únicamente nos interesa la cúpula de esta estructura organizativa (encargada del estudio de viabilidad), es conveniente tener en cuenta la estructura completa para ver la relación existente entre cada una de sus partes y poder tener una visión general de la organización necesaria para la dirección de un proyecto.

Esta estructura organizativa, para que sea óptima, debe cumplir varios requisitos: debe de poder ser utilizada en todos los proyectos a realizar, independientemente de su tamaño y de su complejidad, por lo que deberá de ser lo suficientemente flexible para permitir cambios, y por otra parte, no debe de perder las ventajas que una estructura rígida y bien definida nos aportaría

3.3.3.2 Planificación del Proyecto

En una etapa anterior, el Comité de Sistemas ha decidido qué proyectos son necesarios para la buena marcha de la empresa y quién va a liderarlos. Concentrémonos ahora en un proyecto en particular, del que ya se conoce su gerente de proyecto y veamos como se puede realizar una planificación adecuada del mismo.

No es necesario decir que la planificación de un proyecto es vital para poder intentar terminarlo con éxito. Por éxito se entiende el terminar el proyecto con los recursos asignados, con el presupuesto estimado y dentro del tiempo previsto. Recordemos que, como afirma el dicho "*ningún proyecto informático ha sido terminado nunca dentro del plazo previsto ni con el presupuesto asignado*", y para apostillar añade: "*¡el suyo no va a ser el primero!*". Resulta difícil contradecir el saber popular, pero siempre se puede intentar....

Para ello, lo más conveniente es aplicar la máxima de la célebre frase: "divide y vencerás". Apliquemos pues esta regla y dividamos la planificación de nuestro proyecto en cinco etapas que nos permitan atacarlo con más comodidad.

Estas son:

- 1 Identificar las actividades del Proyecto
- 2 Estimar la duración de cada actividad

-
- 3 Identificar las dependencias
 - 4 Identificar los recursos necesarios
 - 5 Evaluar el Proyecto

Analizaremos ahora cada una de estas etapas con más detalle.

Paso 1: Identificar las actividades del proyecto

Puesto que planificar el proyecto en su totalidad, como se acaba de ver, parece una ardua tarea, intentaremos descomponer el proyecto en las actividades que lo constituyen.² Así, al ser las partes más pequeñas que el todo, será más fácil planificar la duración de cada una de ellas, como se verá en el siguiente paso. Pero no adelantemos acontecimientos. Para facilitar la exposición, pongamos un ejemplo: somos personas afortunadas que disponemos de un terreno y queremos construir un huerto para plantar lechugas, patatas y judías. Tras consultar los libros de horticultura necesarios y al sentido común, decidimos que las actividades a realizar son: Comprar el material necesario, Preparar el terreno, Plantar el huerto, Poner unas varas para sembrar judías y Poner un espantapájaros. Normalmente, este nivel de descomposición no es suficiente para abordar una labor de planificación (excepto quizás en el caso de proyectos muy pequeños), por lo que será necesario volver a descomponer todas o alguna de las actividades anteriores. Así, para realizar una distinción, y para coincidir con la nomenclatura utilizada por la herramienta de planificación que vamos a utilizar, llamaremos *Fases* a las actividades de nuestro primer nivel de descomposición y *actividades* (tasks, tareas) propiamente dichas a las del segundo nivel. La estructura del proyecto queda entonces como sigue:

PROYECTO

Fases

Actividades (Tareas, Tasks)

² Cualquier metodología de desarrollo de proyectos informáticos define una serie de fases y actividades estándar.

Utilizando ahora la herramienta de Gestión de Proyectos para simplificar la labor (Superproject Expert, en este caso), el aspecto de nuestro proyecto en estos momentos (suponiendo que el proyecto deba comenzar el 2 de abril de 1990) sería como sigue:

Proyecto: HUERTO

Heading/Task	Resource	Task ID	Dur	Schd Start	Schd Finish	Task Type	Float	Free Float
HUERTO.PJ		P1		02/04/90				
COMPRAR MATERIAL			100					
PREPARAR TERRENO			200					
PLANTAR HUERTO			300					
PON.VARAS JUDIAS			400					
PONER ESPNTPJROS			500					

Hasta ahora, lo único que tenemos es nuestro proyecto descompuesto en fases y una clave de identificación a nivel de proyecto (P1) y a nivel de fase. ¿Podemos pasar al paso siguiente? Esto implicaría, como anticipamos, estimar la duración de cada una de las fases, lo que por el momento resulta algo complicado, por lo que decidimos (sabiamente) descomponer las fases en actividades, que resultarán más fáciles de estimar. Nuestro proyecto podría quedar como sigue:

Proyecto: HUERTO

Heading/Task	Resource	Task ID	Dur	Schd Start	Schd Finish	Task Type	Float	Free Float
HUERTO.PJ		P1		02/04/90				
COMPRAR MATERIAL			100					
PREPARAR TERRENO			200					
LABRAR TIERRA			210					
ABONAR TIERRA			220					
PLANTAR HUERTO			300					
PLANTAR LECHUGAS			310					
SULFATAR			320					
PLANTAR PATATAS			330					
PON.VARAS JUDIAS			400					
PONER ESPNTPJROS			500					
HACER ESTRUCTURA			510					
PONER ROPA VIEJA			520					
RELLENAR DE PAJA			530					

Ahora estamos en buena disposición para abordar nuestro segundo paso, la estimación de la duración de cada actividad, con un menor riesgo de error.

Paso 2: Estimar duración de cada actividad

Intentaremos ahora calcular qué tiempo puede llevar cada actividad, lo que nos proporcionará el tiempo de cada fase y por consiguiente el tiempo total del proyecto. Pensemos que comprar el material nos ocupará dos días, labrar la tierra otros dos días y abonarla otro tanto. Las lechugas las plantamos también en dos días y para sulfatar y plantar las patatas necesitamos tres días para cada actividad. Un día nos llega para colocar las varas para las judías y cada actividad de la construcción del espantapájaros nos lleva asimismo un día. El proyecto tendrá un aspecto más o menos así:

Proyecto: HUERTO

Heading/Task	Resource	Task ID	Dur	Schd Start	Schd Finish	Task Type	Float	Free Float
HUERTO.PJ		P1	3	02/04/90	04/04/90		0	0
COMPRAR MATERIAL		100	2	02/04/90	03/04/90	ASAP	1	1
PREPARAR TERRENO		200	2	02/04/90	03/04/90	ASAP	1	1
LABRAR TIERRA		210	2	02/04/90	03/04/90	ASAP	1	1
ABONAR TIERRA		220	2	02/04/90	03/04/90	ASAP	1	1
PLANTAR HUERTO		300	3	02/04/90	04/04/90	ASAP	0	0
PLANTAR LECHUGAS		310	2	02/04/90	03/04/90	ASAP	1	1
SULFATAR		320	3	02/04/90	04/04/90	ASAP	0	0
PLANTAR PATATAS		330	3	02/04/90	04/04/90	ASAP	0	0
PON.VARAS JUDIAS		400	1	02/04/90	02/04/90	ASAP	2	2
PONER ESPNTPJROS		500	1	02/04/90	02/04/90	ASAP	2	2
HACER ESTRUCTURA		510	1	02/04/90	02/04/90	ASAP	2	2
PONER ROPA VIEJA		520	1	02/04/90	02/04/90	ASAP	2	2
RELLENAR DE PAJA		530	1	02/04/90	02/04/90	ASAP	2	2

Notemos que todas las actividades comienzan el mismo día, y que por lo tanto se están realizando en paralelo, por lo que la duración del proyecto es la duración de la actividad más larga: 3 días. Por experiencia sabemos que ésta es una situación ideal y que va a ser muy difícil poder hacer todas las tareas de modo simultáneo, por lo que pasamos a la siguiente etapa de nuestra planificación, para intentar asignar las dependencias entre las diferentes actividades.

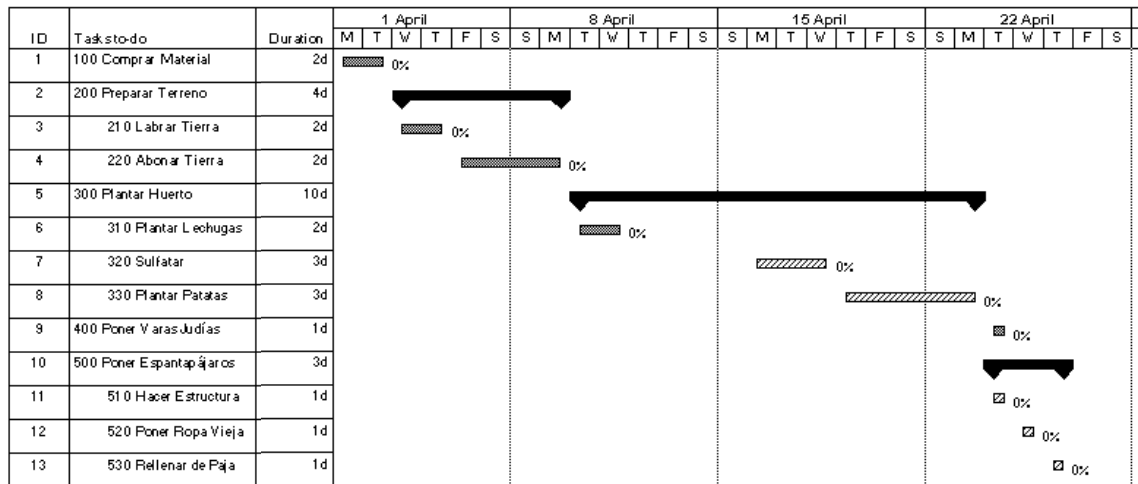
Paso 3: Identificar las dependencias

El siguiente paso de la planificación de un proyecto, como hemos dicho, consiste en identificar las dependencias entre las distintas actividades. Lo más normal es que existan algunas actividades que no puedan comenzar antes de que hayan terminado otras, algunas que queramos que empiecen lo antes posible (ASAP) o lo más tarde posible (ALAP), o incluso que empiecen en una fecha determinada. A efectos de nuestro proyecto, supongamos las siguientes dependencias:

100 Comprar Materiales:	Comienza el 02/04/90	(2d)
200 Preparar Terreno:	Después de Comprar Materiales	
210 Labrar Tierra:	Idem. que Preparar Terreno	(2d)
220 Abonar Tierra:	Después de Labrar Tierra	(2d)
300 Plantar Huerto:	Después de Preparar Terreno	
310 Plantar Lechugas:	Idem. que Plantar Huerto	(2d)
320 Sulfatar:	Deberá de comenzar el 16/04/93	(3d) (*)
330 Plantar Patatas:	Después de Sulfatar	(3d)
400 Poner Varas Judías:	Después de Plantar Huerto	(1d)
500 Poner Espantapájaros:	Después de Plantar Huerto	
510 Hacer Estructura	Idem. que Poner Espantapájaros	(1d)
520 Poner Ropa Vieja	Después de Hacer Estructura	(1d)
530 Rellenar de Paja	Después de Poner Ropa Vieja	(1d)

(*) Y FS con la actividad 310.

Se indica entre paréntesis la duración de cada actividad en días. Las dependencias anteriores, vistas en un diagrama GANTT quedarían de la siguiente forma:



Y nuestro proyecto tendrá el aspecto siguiente:

Proyecto: HUERTO

Heading/Task	Resource	Task ID	Dur	Schd Start	Schd Finish	Task Type	Float	Free Float
HUERTO.PJ		P1	19	02/04/90	26/04/90		0	0
COMPRAR MATERIAL		100	2	02/04/90	03/04/90	ASAP	2	0
PREPARAR TERRENO		200	4	04/04/90	09/04/90	ASAP	2	0
LABRAR TIERRA		210	2	04/04/90	05/04/90	ASAP	2	0
ABONAR TIERRA		220	2	06/04/90	09/04/90	ASAP	2	2
PLANTAR HUERTO		300	10	10/04/90	23/04/90	ASAP	0	0
PLANTAR LECHUGAS		310	2	10/04/90	11/04/90	ASAP	2	0
SULFATAR		320	3	16/04/90	18/04/90	Must	0	0
PLANTAR PATATAS		330	3	19/04/90	23/04/90	ASAP	0	0
PON.VARAS JUDIAS		400	1	24/04/90	24/04/90	ASAP	2	2
PONER ESPNTPJROS		500	3	24/04/90	26/04/90	ASAP	0	0
HACER ESTRUCTURA		510	1	24/04/90	24/04/90	ASAP	0	0
PONER ROPA VIEJA		520	1	25/04/90	25/04/90	ASAP	0	0
RELLENAR DE PAJA		530	1	26/04/90	26/04/90	ASAP	0	0

Como se ve, la duración del proyecto, condicionada ahora a la duración de las actividades y a su interdependencia, es bastante más realista: 19 días en vez de los 3 días del paso anterior. También se muestran las fechas de comienzo (*Schd Start*) y final (*Schd Finish*), y debemos notar también la fecha *Must* de *Sulfatar*, que viene dada por su relación FS más los cinco días de espera obligatorios después de que termine *Plantar Lechugas*. Si alguien se molesta en revisar las fechas podrá observar que en la tarea *Preparar Terreno*, por ejemplo, aparentemente del 04/04/90 al 09/04/90 van más de cuatro días, que es la duración estipulada. No se trata de un error, sino simplemente que los sábados y domingos *¡no se trabaja!*. Por otra parte,

la columna *Float* indica los días que se puede retrasar una tarea antes de que se convierta en crítica y afecte al proyecto, y *Free Float* muestra los días que se puede retrasar una tarea no crítica antes de que afecte a otra tarea.

Estudieemos con un poco más de detalle las holguras de las tareas.

Análisis de las Holguras (Float):

Tarea 100:

Presenta holgura de dos días. Si efectivamente se retrasase su comienzo dos días, la tarea se haría durante los días 4 y 5; La 210 pasaría a los días 6 y 9 (el 7 y el 8 corresponden al fin de semana), la 220 al 10 y 11, la 310 al 12 y 13, último día hábil de la semana (14 y 15 son del fin de semana), por lo que la fecha MUST del 16/04 se mantendría y no se retrasaría el proyecto.

Tareas 200, 210, 220 y 310:

Idéntico razonamiento que en el caso anterior. Nótese que, en cambio, la tarea 300 (hamaca) no tiene holgura.

Tareas 320 y 330:

No presentan holgura. Es correcto, ya que su retraso originaría el retraso del proyecto.

Tarea 400:

Tiene una holgura de dos días, correspondientes a los días 25 y 26.

Resto de Tareas:

No tienen holgura, ya que retrasarían el proyecto si se demorase su comienzo.

Análisis de las Holguras Libres (Free Float):

Solo pueden presentar holgura libre las tareas que tengan holgura, es decir, las tareas no críticas.

Tarea 310:

Dos días de holgura libre, correspondientes a los días 12 y 13, ya que se puede retrasar sin afectar a la tarea 320.

Tarea 400:

Dos días de holgura libre, correspondientes a los días 24 y 25, ya que se puede retrasar sin afectar a ninguna otra tarea. Si se retrasase mas, afectaría al proyecto.

Para facilitar el seguimiento de las fechas, se muestra a continuación un calendario del mes de abril de 1990. Nótese que los fines de semana no se trabaja.

ABRIL, 1990						
Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Paso 4: Identificar los recursos necesarios

Ahora debemos determinar dos cuestiones muy importantes. La primera de ellas es fundamental: ¿quién va a hacer el trabajo? ¿de qué recursos disponemos para realizar nuestro proyecto? Debemos considerar que los recursos necesarios pueden ser tanto recursos humanos como materiales, maquinaria, etc.

La segunda cuestión es no menos importante ya que va a condicionar en gran manera la duración del proyecto: ¿qué tanto por ciento de dedicación adjudicamos a nuestros recursos? Existen sobradas razones para pensar que no se puede asignar un recurso al 100% durante toda la duración del proyecto: las máquinas fallan si se sobrecargan y las personas también, pero en este caso además existe el riesgo de que, al sobrecargarse durante un período largo de tiempo, realicen un trabajo de menor calidad del que normalmente desarrollarían, lo que perjudicaría notablemente la calidad general del proyecto.

Así, pues, al asignar recursos a nuestros proyectos, deberemos tener en cuenta no solo la disponibilidad o no de los mismos, sino también las consideraciones de porcentaje de dedicación aquí mencionadas, si queremos que nuestros proyectos terminen con todo éxito.

Supongamos ahora que contratamos un jardinero y un ayudante, en lo que a recursos humanos se refiere, y que además necesitamos lechugas, patatas, varas para las judías, fertilizante y productos químicos como recursos materiales. Asignaremos todos estos recursos a cada una de las actividades correspondientes y además especificaremos un tanto por ciento de trabajo diario a cada uno de ellos.

Comencemos por definir los recursos. Como ejemplo, veamos como quedarían especificados el jardinero, el ayudante y el fertilizante.

Proyecto: HUERTO

Rsrc Name: Jardinero

Margarito Rastrillez

								Defaults	Totals
Work Code:	JAR02	Accrue:	Strt	Prorate	End	Hours:		40	Var: 18000,00
Total Overscheduled:	0	Rate	Mult:	1,00	Fixed:		0,00	Fix: 0,00	
Calendar Variance:	0	No. Units:	1	Rate:		900,00	Tot: 18000,00		
Workday:	Mon Tue Wed Thu Fri Sat Sun	Standard Day:		8	Act:		0,00		
Start:	8:00a	8	8	8	8	0	0	Allocation: dayx	Hrs: 20

ID	T a s k	Dur	Hrs	Allc	Un	Ovr	Actl	Pr	Start	Finish
220	ABONAR TIERRA	2	4	2x	1	0	0	50	06/04/90	09/04/90
310	PLANTAR LECHUGAS	2	16	dayx	1	0	0	50	09/04/90	11/04/90

Proyecto: HUERTO

Rsrc Name: Ayudante

Camomilo Hierbajez

								Defaults	Totals
Work Code:	JAR01	Accrue:	Strt	Prorate	End	Hours:		40	Var: 29500,00
Total Overscheduled:	0	Rate	Mult:	1,00	Fixed:		0,00	Fix: 0,00	
Calendar Variance:	0	No. Units:	1	Rate:		500,00	Tot: 29500,00		
Workday:	Mon Tue Wed Thu Fri Sat Sun	Standard Day:		8	Act:		0,00		
Start:	8:00a	8	8	8	8	0	0	Allocation: dayx	Hrs: 59

ID	T a s k	Dur	Hrs	Allc	Un	Ovr	Actl	Pr	Start	Finish
210	LABRAR TIERRA	2	16	dayx	1	0	0	50	04/04/90	05/04/90
220	ABONAR TIERRA	2	10	5x	1	0	0	50	06/04/90	09/04/90
320	SULFATAR	3	9	3x	1	0	0	50	16/04/90	18/04/90
330	PLANTAR PATATAS	3	21	7x	1	0	0	50	18/04/90	23/04/90
400	PON.VARAS JUDIAS	1	3	3x	1	0	0	50	23/04/90	23/04/90

Proyecto: HUERTO
 Rsrc Name: Fertilznte

										Defaults	Totals
Work Code:	Accrue:	Strt	Prorate	End	Hours:	40	Var:	0,00			
Total Overscheduled:	0	Rate	Mult:1,00	Fixed:	1000,00	Fix:	1000,00				
Calendar Variance:	0	No. Units:	1	Rate:	0,00	Tot:	1000,00				
Workday:	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Standard Day:	8	Act:	0,00
Start: 8:00a	8	8	8	8	8	0	0	Allocation:	dayx	Hrs:	0

ID	T a s k	Dur	Hrs	Allc	Un	Ovr	Actl	Pr	Start	Finish
220	ABONAR TIERRA	2	0	0%x	1	0	0	50	06/04/90	06/04/90

Ahora, asignamos los recursos a las tareas correspondientes. En este punto, nuestro huerto privado está como sigue:

Proyecto: HUERTO									
Heading/Task	Resource	Task Pr	Dur	Dev	Schd	Schd	Allc	Un	
		ID			Start	Finish			
HUERTO.PJ		P1	18	0,00	02/04/90<	26/04/90			
COMPRAR MATERIAL		100	2	0,00	02/04/90	03/04/90			
PREPARAR TERRENO		200	4	0,00	04/04/90	09/04/90			
LABRAR TIERRA		210	2	0,00	04/04/90	05/04/90			
	Ayudante	210	50	2	04/04/90	05/04/90	dayx	1	
ABONAR TIERRA		220	2	0,00	06/04/90	09/04/90			
	Jardinero	220	50	2	06/04/90	09/04/90	2x	1	
	Ayudante	220	50	2	06/04/90	09/04/90	5x	1	
	Fertilznte	220	50	2	06/04/90	06/04/90	0%x	1	
PLANTAR HUERTO		300	11	0,00	09/04/90	23/04/90			
PLANTAR LECHUGAS		310	2	0,00	09/04/90	11/04/90			
	Jardinero	310	50	2	09/04/90	11/04/90	dayx	1	
	Lechugas	310	50	2	09/04/90	09/04/90	0%x	1	
SULFATAR		320	3	0,00	16/04/90<	18/04/90			
	Ayudante	320	50	3	16/04/90	18/04/90	3x	1	
	P.Químicos	320	50	3	16/04/90	16/04/90	0%x	1	
PLANTAR PATATAS		330	3	0,00	18/04/90	23/04/90			
	Ayudante	330	50	3	18/04/90	23/04/90	7x	1	
	Patatas	330	50	3	18/04/90	18/04/90	0%x	1	
PONER VARAS JUDIAS		400	1	0,00	23/04/90	23/04/90			
	Ayudante	400	50	1	23/04/90	23/04/90	3x	1	
	Varas	400	50	1	23/04/90	23/04/90	0%x	1	
PONER ESPANTAPAJAROS		500	4	0,00	23/04/90	26/04/90			
HACER ESTRUCTURA		510	1	0,00	23/04/90	24/04/90			
PONER ROPA VIEJA		520	1	0,00	24/04/90	25/04/90			
RELLENAR DE PAJA		530	1	0,00	25/04/90	26/04/90			

La columna *Pr* muestra la prioridad del recurso, *Dev* (Deviation) indica el grado de incertidumbre, en %, de la duración de la tarea, y *Allc* (Allocated) el tiempo asignado: La notación 3x significa (para Superproject Expert) 3 horas por el número de días a trabajar (dayx son 8 horas/día). A los recursos no humanos se le asigna 0%x de dedicación. Por último *Un* (Units) muestra el número de unidades empleadas del tipo de recurso al que se refiere. (un ayudante, un jardinero, etc.)

Paso 5: Evaluar el Proyecto

En este momento hemos terminado la fase de planificación y debemos de cuestionarnos si ésta es correcta, o lo que es lo mismo, decir si nos vale o no. Es necesario determinar si la planificación es aceptable en términos de duración, costes y recursos empleados, y en caso de no serlo, deberemos de analizar en qué aspectos podemos introducir cambios para alcanzar los objetivos previstos. Debemos considerar como posibles candidatos al cambio los recursos, el tanto por ciento de dedicación, la red de dependencias entre actividades, las prioridades de los recursos, las estimaciones de tiempos, etc. Una buena herramienta de planificación nos va a permitir "jugar" con estos parámetros de forma sencilla (ya que la mayoría de los cálculos son automáticos) hasta poder ajustar el proyecto a nuestras necesidades. Así, podemos hacer extrapolaciones y realizar cuestiones tipo "what if", es decir, que pasaría si....

De este modo, afinaremos una y otra vez nuestro proyecto hasta dar el visto bueno final a la fase de planificación, para pasar a continuación a realizar el seguimiento (tracking) del proyecto a medida que éste vaya discurriendo. O como queda dicho, haciendo simulaciones para estimar su comportamiento a lo largo del tiempo.

3.3.3.3 Seguimiento del Proyecto (tracking)

Supongamos ahora que la planificación propuesta es aceptada y el proyecto Huerto tiene luz verde para comenzar. Cuando llegue el día D (en nuestro caso el 02/04/90) el proyecto deberá comenzar y a partir de este momento es necesario registrar su progreso y sus desviaciones (¡que las habrá!) con respecto al plan. El hecho de haber planificado el proyecto por fases, además de simplificar la estimación de la duración de cada actividad, tiene la ventaja añadida de poder establecer una Revisión de fin de fase, que permitirá decidir cosas tales como si vamos bien o mal con respecto al plan (tanto en tiempo como en presupuesto) y conocer las desviaciones para emprender las medidas de corrección oportunas (añadir recursos, aunque no siempre esto representa una ventaja,³ variar fechas, etc.) o incluso decidir que no vale la pena seguir perdiendo tiempo y dinero con el proyecto y cancelarlo. Se debe de pensar que el Usuario, la persona que encarga el proyecto y paga por él, al planificar por fases podrá aportar dinero solamente para la fase que comienza y no para todo el proyecto.

A efectos de nuestro, veamos que sucede si estamos a 09/09/90 y hemos completado a tiempo la fase de Comprar Material y la actividad de Labrar tierra.

Proyecto: HUERTO

Heading/Task	Resource	Task ID	Dur	Schd Start	Schd Finish	Total Hours	Start Delay	Finish Delay	Pct Comp	Act1 Dur	Act1 Hours	Actual Start	Actual Finish
HUERTO.PJ		P3	18	02/04/90<	26/04/90	79	0	0	20	6	32	02/04/90	
COMPRAR MATERIAL		100	2	02/04/90	03/04/90	0	0	0	100	2	0	02/04/90	03/04/90
PREPARAR TERRENO		200	6	04/04/90	11/04/90	30	0	0	53	4	32	04/04/90	
LABRAR TIERRA		210	2	04/04/90	09/04/90	16	0	0	100	4	32	04/04/90	09/04/90
	Ayudante	210	2	04/04/90	09/04/90	16	0h				32		
ABONAR TIERRA		220	2	10/04/90	11/04/90	14	0	-1	0	0	0		
	Jardinero	220	2	10/04/90	11/04/90	4	0h				0		
	Ayudante	220	2	10/04/90	11/04/90	10	0h				0		
	Fertiliznte	220	2	10/04/90	10/04/90	0	0h				0		
PLANTAR HUERTO		300	9	11/04/90	23/04/90	46	0	0	0	0	0		
PLANTAR LECHUGAS		310	2	11/04/90	13/04/90	16	0	0	0	0	0		
	Jardinero	310	2	11/04/90	13/04/90	16	0h				0		
	Lechugas	310	2	11/04/90	11/04/90	0	0h				0		
SULFATAR		320	3	16/04/90<	18/04/90	9	1	-1	0	0	0		
	Ayudante	320	3	16/04/90	18/04/90	9	0h				0		
	P.Químicos	320	3	16/04/90	16/04/90	0	0h				0		
PLANTAR PATATAS		330	3	18/04/90	23/04/90	21	0	-1	0	0	0		
	Ayudante	330	3	18/04/90	23/04/90	21	0h				0		
	Patatas	330	3	18/04/90	18/04/90	0	0h				0		
PON.VARAS JUDIAS		400	1	23/04/90	23/04/90	3	0	-2	0	0	0		
	Ayudante	400	1	23/04/90	23/04/90	3	0h				0		
	Varas	400	1	23/04/90	23/04/90	0	0h				0		
PONER ESPNTPJROS		500	4	23/04/90	26/04/90	0	0	0	0	0	0		
HACER ESTRUCTURA		510	1	23/04/90	24/04/90	0	0	0	0	0	0		
PONER ROPA VIEJA		520	1	24/04/90	25/04/90	0	0	0	0	0	0		
RELLENAR DE PAJA		530	1	25/04/90	26/04/90	0	0	0	0	0	0		

La duración del proyecto se mantiene en 18 días, puesto que hemos completado la primera fase y la primera actividad de la segunda fase a tiempo, como se puede ver

³ Añadir recursos a un proyecto informático atrasado, de acuerdo con la Ley de Brooks, lo único que suele hacer es retrasarlo mas, debido entre otras cosas al tiempo necesario para poner al corriente del proyecto a los nuevos recursos, lo cual debe de ser hecho por los recursos actuales, con el consiguiente aumento de las comunicaciones y mayor retraso del proyecto.

en las fechas de comienzo actual (Actual Start) y de final actual (Actual Finish). Las otras columnas indican las horas totales (Total Hours), demora de comienzo y de final (Start Delay y Finish Delay), tanto por ciento completado (Pct Comp), duración actual en días (Actl Dur), y duración actual en horas (Actl Hours).

Así, seguiremos con el tracking de nuestro proyecto hasta que, si todo discurre normalmente, alcancemos el final y dispongamos de nuestro huerto.

Nos falta ver aún un punto muy a tener en cuenta. No hemos hablado en absoluto del coste del proyecto, y esto es, por supuesto, fundamental. (sobre todo si lo vamos a pagar nosotros..) Por tanto, y para completar el seguimiento del proyecto, en las páginas siguientes se muestran todos los resultados proporcionados por la herramienta de planificación, incluido por supuesto los costes asociados, donde además se han demorado algunas actividades, con lo que la duración total del proyecto ha pasado a ser de 21 días.

En las pantallas que vienen a continuación, se muestra la información obtenida por la herramienta de gestión de proyectos.

Proyecto: HUERTO
 19/07/90 9:52a
 Revision: 0

Heading/Task	Resource	Task ID	Pr	Dur	Dev	Schd Start	Schd Finish	Allc	Un
HUERTO.PJ		P3		21	0,00	02/04/90<	30/04/90		
COMPRAR MATERIAL		100		2	0,00	02/04/90	03/04/90		
PREPARAR TERRENO		200		5	0,00	04/04/90	10/04/90		
LABRAR TIERRA		210		2	0,00	04/04/90	09/04/90		
	Ayudante	210	50	2		04/04/90	09/04/90	dayx	1
ABONAR TIERRA		220		2	0,00	05/04/90	10/04/90		
	Jardinero	220	50	2		05/04/90	10/04/90	2x	1
	Ayudante	220	50	2		05/04/90	10/04/90	5x	1
	Fertiliznte	220	50	2		05/04/90	05/04/90	0%x	1
PLANTAR HUERTO		300		10	0,00	12/04/90	25/04/90		
PLANTAR LECHUGAS		310		2	0,00	12/04/90	14/04/90		
	Jardinero	310	50	2		12/04/90	13/04/90	dayx	1
	Lechugas	310	50	2		12/04/90	12/04/90	0%x	1
SULFATAR		320		3	0,00	16/04/90<	22/04/90		
	Ayudante	320	50	3		16/04/90	20/04/90	3x	1
	P.Quimicos	320	50	3		16/04/90	16/04/90	0%x	1
PLANTAR PATATAS		330		3	0,00	22/04/90	25/04/90		
	Ayudante	330	50	3		22/04/90	25/04/90	7x	1
	Patatas	330	50	3		22/04/90	23/04/90	0%x	1
PON.VARAS JUDIAS		400		1	0,00	26/04/90	26/04/90		
	Ayudante	400	50	1		26/04/90	26/04/90	3x	1
	Varas	400	50	1		26/04/90	26/04/90	0%x	1
PONER ESPNTPJROS		500		2	0,00	27/04/90	30/04/90		
HACER ESTRUCTURA		510		1	0,00	27/04/90	27/04/90		
PONER ROPA VIEJA		520		1	0,00	27/04/90	28/04/90		
RELLENAR DE PAJA		530		1	0,00	29/04/90	30/04/90		

Proyecto: HUERTO
 19/07/90 9:52a
 Revision: 0

Total Hours	Ovr Hours	Rate	Variable Cost	Fixed Cost	Total Cost	Task Type
79	15	601,27	47500,00	4000,00	51500,00	
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ASAP
30	15	553,33	16600,00	1000,00	17600,00	ASAP
16	0	500,00	8000,00	0,00	8000,00	ASAP
16	0	500,00	8000,00	0,00	8000,00	
14	15	614,29	8600,00	1000,00	9600,00	ASAP
4	0	900,00	3600,00	0,00	3600,00	
10	15	500,00	5000,00	0,00	5000,00	
0	0	0,00	0,00	1000,00	1000,00	
46	0	639,13	29400,00	3000,00	32400,00	ASAP
16	0	900,00	14400,00	0,00	14400,00	ASAP
16	0	900,00	14400,00	0,00	14400,00	
0	0	25,00	0,00	0,00	0,00	
9	0	500,00	4500,00	3000,00	7500,00	Must
9	0	500,00	4500,00	0,00	4500,00	
0	0	0,00	0,00	3000,00	3000,00	
21	0	500,00	10500,00	0,00	10500,00	ASAP
21	0	500,00	10500,00	0,00	10500,00	
0	0	25,00	0,00	0,00	0,00	
3	0	500,00	1500,00	0,00	1500,00	ASAP
3	0	500,00	1500,00	0,00	1500,00	
0	0	25,00	0,00	0,00	0,00	
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ASAP
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ASAP
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ASAP
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ASAP

Proyecto: HUERTO
 19/07/90 9:52a
 Revision: 0

Status	WBS Code	Task Acct	Subproject	Start Delay	Finish Delay	Float	Free Float
Completed/Crit.	01.00.00.00.0000			0	0	0	0
Completed/Crit.	01.01.00.00.0100	0		0	0	0	0
Completed/Crit.	01.02.00.00.0000			0	0	0	0
Completed/Crit.	01.02.01.00.0210	0		0	0	0	0
Critical				0h			
Completed/Crit.	01.02.02.00.0220	0		0	0	0	0
Critical				0h			
Critical				0h			
Critical				0h			
Completed/Crit.	01.03.00.00.0000			1	0	0	0
Completed/Crit.	01.03.01.00.0310	0		1	0	0	0
Critical				0h			
Critical				0h			
Completed/Crit.	01.03.02.00.0320	0		0	0	0	0
Critical				0h			
Critical				0h			
Completed/Crit.	01.03.03.00.0330	0		0	0	0	0
Critical				0h			
Critical				0h			
Completed/Crit.	01.04.00.00.0400	0		0	0	0	0
Critical				0h			
Critical				0h			
Completed/Crit.	01.05.00.00.0000			1	0	0	0
Completed/Crit.	01.05.01.00.0510	0		1	0	0	0
Completed/Crit.	01.05.02.00.0520	0		0	0	0	0
Completed/Crit.	01.05.03.00.0530	0		0	0	0	0

Proyecto: HUERTO
 19/07/90 9:52a
 Revision: 0

Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Pct Comp	Earned (BCWP)	Actl Dur	Actl Hours	Actual Start
02/04/90	30/04/90	02/04/90	30/04/90	100	62500,00	21	115	02/04/90
02/04/90	03/04/90	02/04/90	03/04/90	100	0,00	2	0	02/04/90
03/04/90	10/04/90	04/04/90	10/04/90	100	17600,00	5	60	04/04/90
03/04/90	05/04/90	04/04/90	09/04/90	100	8000,00	4	32	04/04/90
05/04/90	06/04/90	05/04/90	10/04/90	100	9600,00	4	28	05/04/90
							8	
							20	
							0	
10/04/90	24/04/90	12/04/90	25/04/90	100	42400,00	10	52	12/04/90
10/04/90	12/04/90	12/04/90	13/04/90	100	22400,00	2	16	12/04/90
							16	
							0	
16/04/90	18/04/90	16/04/90	20/04/90	100	7500,00	5	15	16/04/90
							15	
							0	
22/04/90	25/04/90	23/04/90	25/04/90	100	12500,00	3	21	22/04/90
							21	
							0	
25/04/90	26/04/90	26/04/90	26/04/90	100	2500,00	1	3	26/04/90
							3	
							0	
25/04/90	27/04/90	27/04/90	30/04/90	100	0,00	2	0	27/04/90
25/04/90	26/04/90	27/04/90	27/04/90	100	0,00	1	0	27/04/90
27/04/90	27/04/90	27/04/90	27/04/90	100	0,00	1	0	27/04/90
28/04/90	30/04/90	30/04/90	30/04/90	100	0,00	1	0	29/04/90

Proyecto: HUERTO
 19/07/90 9:52a
 Revision: 0

Actual Finish	Actual Cost	Plan Hours	Planned Start	Planned Finish	Planned Cost	Bdgt. Cost Work Sched.
30/04/90	0,00	79	02/04/90	30/04/90	62500,00	62500,00
03/04/90	0,00	0	02/04/90	03/04/90	0,00	0,00
10/04/90	0,00	30	04/04/90	10/04/90	17600,00	17600,00
09/04/90	0,00	16	04/04/90	09/04/90	8000,00	8000,00
10/04/90	0,00	14	05/04/90	10/04/90	9600,00	9600,00
	0,00					
	0,00					
	0,00					
25/04/90	0,00	46	12/04/90	25/04/90	42400,00	42400,00
14/04/90	0,00	16	12/04/90	14/04/90	22400,00	22400,00
	0,00					
	0,00					
22/04/90	0,00	9	16/04/90	22/04/90	7500,00	7500,00
	0,00					
	0,00					
25/04/90	0,00	21	22/04/90	25/04/90	12500,00	12500,00
	0,00					
	0,00					
26/04/90	0,00	3	26/04/90	26/04/90	2500,00	2500,00
	0,00					
	0,00					
30/04/90	0,00	0	27/04/90	30/04/90	0,00	0,00
27/04/90	0,00	0	27/04/90	27/04/90	0,00	0,00
28/04/90	0,00	0	27/04/90	28/04/90	0,00	0,00
30/04/90	0,00	0	29/04/90	30/04/90	0,00	0,00

Proyecto: HUERTO
19/07/90 9:52a
Revision: 0

Schedule Variance	Cost Variance	Variance at Completion	Cost Remaining	Hours Remaining
0,00	62500,00	11000,00	51500,00	-36
0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,00	17600,00	0,00	17600,00	-30
0,00	8000,00	0,00	8000,00	-16
0,00	9600,00	0,00	9600,00	-14
0,00	42400,00	10000,00	32400,00	-6
0,00	7500,00	0,00	7500,00	-6
0,00	12500,00	2000,00	10500,00	0
0,00	2500,00	1000,00	1500,00	0
0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,00	0,00	0,00	0,00	0

3.3.3.4 *Finalización del Proyecto*

Una vez terminado el proyecto se debe proceder a formalizar su cierre. Hasta ahora, deliberadamente y a modo de ejemplo, hemos utilizado un proyecto no informático, la creación de un huerto, para ilustrar el proceso de gestión de proyectos, que, como se puede ver, es válido para cualquier tipo de proyecto. Es hora de regresar a la Planificación y Control de Proyectos Informáticos, que es el tema que nos ocupa, para determinar qué actividades constituyen el cierre normal de un proyecto informático, aunque éstas muy bien se pueden extrapolar asimismo para cualquier tipo de proyecto, como veremos a continuación.

Cuando termina el desarrollo de un proyecto informático y pasa a un estado de producción normal, se llevan a cabo una serie de actividades conducentes a la entrega del mismo al usuario final, quién se encargará de su utilización. Para ello se elaborará un plan de entrega de resultados, que incluirá la elaboración de los manuales del usuario, del manual de operación del nuevo sistema, etc. Además, en esta etapa del proyecto se lleva a cabo la evaluación de los miembros del equipo de trabajo y se emite un informe final del proyecto donde se incluyen los costes definitivos del mismo, el tiempo y recursos invertidos, etc.

Por último se archiva el proyecto terminado, pasando a formar parte del fichero histórico de proyectos de la organización.

Estas son, muy a "grosso modo", las actividades de finalización de un proyecto, que pueden incluso variar dependiendo del tipo de proyecto. Lo realmente importante a destacar es que debe de existir la fase de cierre formal del proyecto y que no debemos de dar por terminado un proyecto hasta que esta fase se haya completado.

3.4 ¿Qué se debe pedir de un Gestor de Proyectos?

Hasta ahora hemos visto los objetivos a alcanzar en gestión de proyectos, todo el entorno organizativo necesario para realizar una buena gestión y el ciclo de vida de un proyecto. Trataremos ahora de determinar las características que debe de tener la herramienta software que nos pueda servir de apoyo para realizar de modo práctico toda la teoría hasta ahora expuesta.

Antes de decidirse por una herramienta en concreto, y dada la gran variedad de soluciones que podemos encontrar en el mercado, es necesario conocer cuáles son las principales características que toda herramienta de gestión de proyectos debe de tener si quiere poder estar entre nuestras candidatas.

El análisis de nuestras necesidades debe de ser cuidadosamente llevado a cabo para poder determinar en qué medida vamos a necesitar que nuestra herramienta disponga de unas u otras características, y hasta que punto podemos permitir que sea algo más débil en algunos aspectos, ya que la herramienta ideal para gestión de proyectos, a mi manera de ver, no existe en la actualidad, y probablemente será preciso programar el software necesario para complementar la herramienta elegida y poder disponer así de todas las funcionalidades específicas necesarias en cada empresa.

Se trata, en definitiva, de saber muy claramente qué es lo que nosotros vamos a considerar como imprescindible y hasta donde podemos ser transigentes a la hora de establecer una relación calidad / precio al decidir la compra de nuestro gestor de proyectos.

Los principales aspectos a considerar para este análisis son debidos a Daniel Yahdav, presidente de 1 Soft Decisions, Mill Valey, California. Yahdav ha trabajado en gestión de proyectos durante más de 17 años, y en los últimos 10 su empresa no ha hecho otra cosa más que evaluar programas de gestión de proyectos para ordenadores personales. Las sugerencias de Yahdav son las siguientes:

Capacidad:

Se debe analizar cuántas tareas tienen nuestros proyectos típicos. ¿Son normalmente unos cientos, o son miles? Algunos programas de gestión de proyectos solo pueden manejar 200 actividades, y a partir de ahí es necesario comenzar a introducir **subproyectos** para poder sobrepasar el límite. Otros gestores, por el contrario, manejan un número prácticamente ilimitado de tareas, condicionado tan solo por la capacidad de almacenamiento del disco.

Algunos programas de gestión de proyectos permiten asignar a un proyecto o a una tarea en concreto tantos recursos como se desee; otros limitan el número de recursos. En el extremo más bajo, algunos programas permiten escasamente algo más de una docena de recursos por proyecto y sólo unos pocos por tarea.

Escala de tiempos (Time scale)

Muchos programas no permiten asignar a una tarea una duración inferior a un día, pero algunos permiten incluso asignar duraciones en segundos. En algunas empresas (empresas constructoras, por ejemplo) una escala a nivel de día es suficiente, pero en otro tipo de empresas es importante poder asignar duraciones en horas y en algunos casos en minutos.

Nivelación de recursos (Resource leveling)

A menos que se trabaje con proyectos muy pequeños, el programa de gestión de proyectos deberá tener nivelación automática de recursos. Es decir, el programa deberá de ser capaz de reajustar el calendario del proyecto para eliminar cualquier conflicto de asignación de recursos. Sin embargo, el programa que elijamos deberá asimismo permitir la nivelación manual de recursos. Toda rutina que realice procesos de forma automática puede a veces producir resultados ilógicos al reajustar el calendario del proyecto, por lo que es necesario poder reajustarlos de modo manual. (¡En ningún momento debemos de perder el control sobre la herramienta que estamos utilizando!). Los programas de gestión de proyectos más potentes permiten nivelación de recursos por disponibilidad o por restricciones de tiempo en las tareas.

Asignación de costes (Costing)

En el aspecto de costes, los programas más simples tan solo permiten asignar un coste fijo a una tarea. Si la distribución y seguimiento de los costes de un proyecto es importante, se debe elegir un programa que permita distribuir los costes de acuerdo con el uso de los recursos. Los mejores programas permiten ambos tipos de asignaciones de costes.

Seguimiento (Tracking)

Para algunas personas la planificación de un proyecto en sí misma es el objetivo final de la gestión de proyectos, y por tanto, las capacidades de monitorización del programa de gestión no son críticas. Pero si se desea realizar el seguimiento de un proyecto deberemos pensar asimismo en otras características. La consideración más básica es el seguimiento de la duración del proyecto. Es necesario disponer de un programa que permita obtener informes del progreso con respecto a la fecha actual. Los mejores programas permiten además obtener informes del porcentaje del trabajo realizado y revisar la duración de las restantes tareas que faltan por realizar.

Calendarios de Comparación (Comparing Schedules)

El programa de gestión deberá de poder guardar una Línea Base (baseline) o un calendario "objetivo" (a cumplir) para realizar comparaciones. Algunos de los programas más potentes permiten tener dos calendarios "objetivo" activos, un objetivo original y un objetivo revisado, en base a la cantidad de trabajo terminado en ese momento. Esto permite comparar el progreso a corto plazo y el progreso a largo plazo contra el plan previsto originalmente. Un buen añadido sería poder ver estas comparaciones en un Gant o en un Histograma.

Obtención de Informes (Reporting)

La obtención de informes es una de las características más importantes de un programa de gestión de proyectos. Además, es una de las mejores maneras de juzgar

un programa y de decidir si sirve para realizar el trabajo deseado. Se deben de examinar los informes impresos y los informes por pantalla. En principio se deben inspeccionar los informes estándar que el programa proporciona y ver cuántos de ellos se pueden visualizar por pantalla. Luego, averiguar en qué medida se pueden modificar estos informes para adaptarlos a nuestras necesidades (o a nuestro gusto). Cuanto mejor sea el programa, más facilidades de selección y clasificación de la información tendrá. Los mejores disponen de informes estándar con características de adaptación muy flexibles y permiten varios criterios simultáneos de clasificación y selección de la información. Estos programas permiten diseñar nuestros propios informes (vía generador de informes) directamente a partir de los datos que se han introducido.

Una parte importante de los informes viene dada en modo de gráficos, dada la naturaleza de la información que se maneja. En este aspecto, la calidad depende mucho del gusto de cada persona; no obstante, debemos considerar si los gráficos son fáciles de comprender al primer vistazo o si por el contrario nos tenemos que romper la cabeza para entender los símbolos empleados. En el Gantt, se debe determinar cuántas tareas se pueden visualizar simultáneamente, si se puede ver la holgura negativa y qué cantidad de otra información se nos presenta. Los programas más flexibles permiten utilizar cualquier carácter gráfico ASCII para representar los distintos atributos de una tarea, tales como holgura, criticidad, etc.

Interfase (Interface)

La última área a considerar en la compra de un programa de gestión de proyectos es la interfase humana, es decir, el grado de interacción hombre-máquina. Una vez más, las consideraciones en este punto son particularmente subjetivas, pero se debería buscar un programa con una mezcla de colores bien diseñada en todas sus pantallas, o uno que permita cambiar los colores a nuestro gusto. Luego se debe mirar la mecánica operativa: ¿requiere el programa el uso de un lenguaje de comandos? En este caso, ¿qué fácil es de aprender? ¿permite el programa el uso del "ratón"? ¿tiene menús desplegables? ¿tiene capacidad de uso de "ventanas"? ¿tiene posibilidades de realizar la entrada de datos de distintas maneras? Si un programa de gestión de

proyectos va a ser utilizado por personas de todo tipo y con diferentes conocimientos, cuanto más "amistosa" sea la interfase, mejor será el programa. ⁴

Además de los puntos expuestos por Yahdav, otras cuestiones a considerar podrían ser, por ejemplo, la disponibilidad de facilidades de aprendizaje "on-line", buenos manuales con buenos índices para fácil localización de nuestras dudas, buenas pantallas de ayuda (la mejor ayuda on-line es la sensible al contexto, es decir, aquella que proporciona ayuda dependiendo de la parte del programa en que nos encontremos, y referida a esa parte, por supuesto), la capacidad del programa para manejar los errores de entrada de datos, y por último, la eficacia del programa para proteger los datos en caso de fallo del hardware. Asimismo, se deberán de considerar las capacidades de conexión del programa con otros entornos, a través de las facilidades de "importación" y "exportación" de datos que el programa tenga.

Una vez determinadas nuestras necesidades y conocidas las características del programa, lo mejor que se puede hacer es "jugar" un poco con él y ver como se comporta. La mayoría de los fabricantes proporcionan copias de evaluación prácticamente sin coste; pero tengamos cuidado con los programas de demostración (demos) gratis: la mayoría de ellos son auto-ejecutables y no permiten manipular el software, por lo que sólo veremos lo que le interese al fabricante que veamos.

La elección de un buen programa de Planificación y Control de Proyectos no es una tarea fácil dada la gran amplitud de la oferta y la gran variación en los precios. Pero si hemos sido capaces de averiguar cuales son nuestras necesidades básicas, habremos avanzado mucho en la búsqueda del software con una mejor relación calidad / precio y estaremos mucho mejor preparados para poder tomar una buena decisión de compra.

⁴ Hoy en día, las consideraciones de Yahdav pueden parecer desfasadas ya que la mayoría de los gestores de proyectos, por no decir todos, ya no tienen las limitaciones por él indicadas. De todos modos siguen siendo interesantes ya que nos obligan a reflexionar sobre las características deseables de los gestores de proyectos.

3.5 Software de Gestión de Proyectos

3.5.1 *Para Ordenadores Personales*

A continuación se citan algunos de los programas de Gestión de Proyectos según su aparición en el mercado en los últimos tres años. Esta relación no es ni mucho menos exhaustiva, y está obtenida de los tests de laboratorio realizados por la revista PC Magazine.

Año 87

Project:Vision	Inmax Intl. Publishing Ltd.
Microsoft Project	Microsoft Corp.
Pro-Path-Plus	SoftCorp
Superproject Plus	Computer Associates Intl. Inc.
Time Line	Breakthrough Software
Project Scheduler Network	Scitor Corp.
Harvard Total Project Manager	Software Publishing Corp.
Advanced Project Workbench	Applied Business Technology Corp.
Qwiknet Professional	Project Software and Development Inc.
ViewPoint	Computer Aided Management
Primavera Project Planner	Primavera Systems Inc.
SSP's Promis	Strategic Software Corp.
Plantrac	Computerline Inc.

Año 88

Superproject Plus 3.0	Computer Associates Intl. Inc.
Microsoft Project 4.0	Microsoft Corp.
Micro Planner for Windows 6.0	Micro Planning Intl.
Time Line 3.0	Symantec Corp.
Harvard Project Manager 3.0	Software Publishing Corp.

Año 89

Open Plan	Welcome Software
Plantrac	Computerline Inc.
Primavera Project Planner	Primavera Systems Inc.
Superproject Expert	Computer Associates Intl. Inc.
Qwiknet Professional	Project Software & Development Inc.

**SSP's Promis
View Point
Time Line 3.0**

Strategic Software Planning Corp.
Computer Aided Management Inc.
Symantec Corp.

3.5.2 *Para Minis*

La oferta para Mini-ordenadores puede resumirse como sigue:

Qwiknet Professional	P.S.D.I.	DEC VAX/VMS
Tellaplan Expert	Computer Associates	DEC VAX/MVS
Advanced Project Workbench	A.B.T.	DEC VAX/MVS

3.5.3 *Para Grandes Sistemas*

Para grandes ordenadores (mainframes), podemos mencionar los siguientes programas:

Project/2	P.S.D.I.	IBM 30XX/43XX. MVS/SP,
Tellaplan Expert	Computer Associates	IBM MVS/TSO, VM/CMS.
Artemis 9000	Metier	IBM30XX/43XX. MVS/TSO, VM/CMS.
N5500 Project Planning	Nichols & Co.	IBM 30XX/43XX. OS/MVS/DOS.

Aunque estos no son, ni mucho menos, todos los paquetes disponibles, como se puede apreciar, la oferta a nivel de minis y de mainframes es bastante más limitada que la oferta a nivel PC. Esto es debido a que el tipo de software de gestión de proyectos se adapta muy bien a las características de un ordenador personal (o más bien deberíamos decir que las características de un PC son muy adecuadas para este tipo de programas), pues es un software que necesita de una alta capacidad de gráficos, que debe ser muy manejable y "amistoso", como ya hemos visto, y que, además, debe de ser un software no centralizado (cada gerente de proyecto debe

poder gestionar sus proyectos), por lo que el PC parece ser la herramienta adecuada para su funcionamiento.

3.6 Conclusiones

En las pocas páginas que preceden, hemos intentado hacer un resumen de las características más importantes de un Sistema de Planificación y Control de Proyectos Informáticos, aunque, como ya se ha visto, este sistema puede ser perfectamente extrapolable a cualquier tipo de proyectos.

Se ha pretendido resumir aquellas características más interesantes o aquellas áreas que tradicionalmente han causado más problemas o que han revestido una mayor dificultad a la hora de intentar implantar un Sistema de Planificación y Control de Proyectos, por lo que es muy probable que se haya profundizado poco en algunos aspectos e incluso que otros hayan quedado sin tocar.

Como ya se mencionaba en la introducción, en este capítulo no se puede realizar un estudio exhaustivo sobre Gestión de Proyectos, sino tan solo un compendio que puede ser utilizado como punta de lanza para adentrarse en el mundo de la gestión de proyectos, y que debe ser por supuesto complementado con una profundización en el tema utilizando la gran cantidad de buenos libros editados sobre el mismo.

Por tanto agradecemos que así se entienda, y esperamos que el objetivo de este estudio, introducir al lector en el apasionante mundo de la planificación y control de proyectos, se vea alcanzado.

Si es así, este proyecto tal vez habrá roto el maleficio y podrá contradecir al saber popular, terminando a tiempo, con los recursos previstos y con el presupuesto asignado.

3.7 Bibliografía

[Fleming, 1983] Fleming, Quentin W. Put Earned Value Into Your Management Control System. Publishing Horizons, 1983.

[Fersko-Weiss, 1987-1989] Fersko-Weiss, Henry. Project Management Software. PC Magazine, 1987, 1988, 1989.

[Guido, 1985] Gido, Jack. An Introduction to Project Planning. Industrial Press, 1985.

[Gilbreath, 1986] Gilbreath, Robert D. Winning at Project Management: What Works, What Fails and Why. John Wiley & Sons, 1986.

[Kerzner, 1984] Kerzner, Harold. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Van Nostrand Reinhold, 1984.

[Kerzner, 1982] Kerzner, Harold. Project Management for Executives. Van Nostrand Reinhold, 1982.

[Levine, 1986] Levine, Harvey A. Project Management Using Microcomputers. Osborne McGraw-Hill, 1986.

[Meredith-Mantel, 1985] Meredith, J.R., y S.J. Mantel, Jr. Project Management: A Managerial Approach. John Wiley & Sons, 1985.

[Moder-Davies, 1983] Moder, Joseph J., C.R. Phillips, y E.W. Davis. Project Management with CPM, PERT, and Precedence Diagramming. Van Nostrand Reinhold, 1983.

[Weist-Ferdinand, 1977] Weist, Jerome D., y Ferdinand K. Levy. A Management Guide to PERT/CPM. Prentice-Hall, 1977.

[Westney, 1985] Westney, Richard E. Managing the Engineering and Construction of Small Projects. Marcel Dekker, 1985.

[Yahdavi, 1989] Yahdavi, Daniel. Resource Management: An Imperfect Science. PC Magazine, 1989.

3.8 Prácticas

La práctica recomendada de este tema podría ser el uso de una Herramienta de Planificación, de entre las muchas existentes en el mercado, para planificar una aplicación conocida, y realizar su posterior seguimiento.

Además, como complemento del tema, se recomienda el estudio y resolución de los ejercicios de planificación que figuran en las páginas siguientes.

Ejemplos de Planificación de Proyectos

Glosario de Términos y Abreviaturas utilizados en los Ejemplos de Planificación de Proyectos

De Actividades:

AN	Activity Number	Código de la actividad
TS	Target Start	Fecha objetivo (prevista) de comienzo de la actividad
TC	Target Complete	Fecha objetivo de finalización
AS	Actual Start	Fecha real de comienzo
AF	Actual Finish	Fecha real de finalización
ES	Early Start	Fecha “mas pronto” de comienzo de una actividad
EF	Early Finish	Fecha “mas pronto” de final de una actividad
LS	Late Start	Fecha “mas tarde” de comienzo de una actividad
LF	Late Finish	Fecha “mas tarde” de final de una actividad
TF	Total Float	Holgura Total (LS-ES). Si $TC < EF$ se produce una holgura negativa
ESS	Early Start Scheduled	Fecha “mas pronto” de comienzo, después de la nivelación
EFS	Early Finish Scheduled	Fecha “mas pronto” de final, después de la nivelación
LSS	Late Start Scheduled	Fecha “mas tarde” de comienzo, después de la nivelación
LFS	Late Finish Scheduled	Fecha “mas tarde” de final, después de la nivelación
TFS	Total Float Scheduled	Holgura Total después de la nivelación (EF - FS).
DE	Delay	Demora de la actividad, en días
DU	Duration	Duración de la actividad, en días
RDU	Remaining Duration	Duración restante; días que le faltan para terminar
PC	Percent Complete	% realizado de la actividad; no es necesario si se utiliza RDU

De Recursos:

RES	Resource	Código del recurso
QTY	Quantity	Horas que un recurso está asignado a una actividad
DER	Delay (Resource)	Demora del recurso en la actividad; días que tarda en empezar a trabajar en la actividad
DUR	Duration (Res.)	Días durante los que trabaja en la actividad; es obligatorio si se utiliza DER
ESR	Early Start (Res.)	Fecha “mas pronto” de comienzo del recurso
EFR	Early Finish (Res.)	Fecha “mas pronto” de final del recurso
LSR	Late Start (Res.)	Fecha “mas tarde” de comienzo del recurso
LFR	Late Finish (Res.)	Fecha “mas tarde” de final del recurso
RESTYP	Resource Type	Modo de asignación del recurso (Total o Level)

Modos de Asignación de las horas de un Recurso a una Actividad:

TOTAL	Número total de horas (repartido durante toda la duración de la Actividad)
LEVEL	Número de horas / día

De Nivelación:

NSP	Number of Splits	Número de veces que se permite partir una Actividad
-----	------------------	---

De Restricciones

SS	Start to Start	Restricción de comienzo a comienzo
FS	Finish to Start	Restricción de final a comienzo
SF	Start to Finish	Restricción de comienzo a final
FF	Finish to Finish	Restricción de final a final
CONTYP	Constraint type	Tipo de restricción empleada (SS, FS, SF, FF)

Ejemplos de Planificación

En los ejemplos que siguen, salvo que expresamente se indique lo contrario, se considerarán los siguientes supuestos:

Se utilizará un calendario continuo a nivel Proyecto y a nivel Recurso, sin considerar festivos ni fines de semana (es decir, se trabajarán 7 días a la semana), con una disponibilidad de recursos de 5 horas al día.

Si una actividad A1 finaliza el día d, lo hace el último segundo de ese día. Una actividad A2, con una relación FS con A1 podrá comenzar el primer segundo del día d+1; una actividad A3 con una relación SF con A1 podrá terminar el último segundo del día d-1; una actividad A4 con una relación SS con A1 podrá comenzar el mismo día que A1 y una actividad A5 con una relación FF con A1 podrá terminar el mismo día que A1.

Estas relaciones se muestran en la siguiente tabla:

<i>Relaciones</i>	<i>Fechas de Comienzo y Fin</i>
A1,A2: FS	Fin A1: d Comienzo A2: d+1
A1,A3: SF	Comienzo A1: d Fin A3: d-1
A1,A4: SS	Comienzo A1: d Comienzo A2: d
A1,A5: FF	Fin A1: d Fin A5: d

Ejemplo 1: Ejemplo básico.

Sea la siguiente Red:

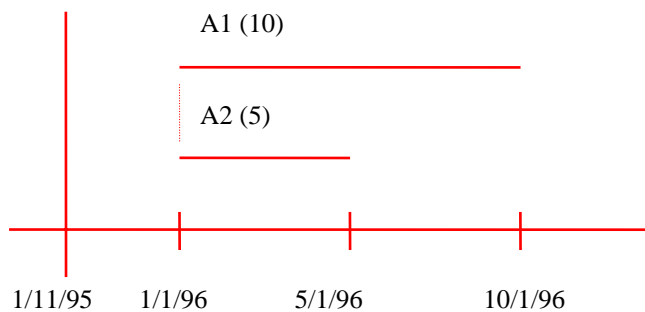
AN=A1 DU=10 RES=R1 QTY=50 RESTYP=TOTAL TS=1/1/96

AN=A2 DU=5 RES=R1 QTY=25 RESTYP=TOTAL

A1, A2: SS NSP=0 para todas las actividades

Análisis de la Red:

Timenow = 1/11/95



A1: ES = LS = 1/1/96 EF = LF = 10/1/96 TF = 0 (si se retrasa A1, se retrasa el proyecto)

A2 ES = 1/1/96 LS = 6/1/96 TF = 5
EF = 5/1/96 LF = 10/1/96

Nivelación Limitada por Tiempo:

Las fechas son las mismas del Análisis.

Cálculo de las posibles sobrecargas:

R1 trabaja en A1 50 horas Total, lo que equivale a $50/10 = 5$ horas / día.

R1 trabaja en A2 25 horas Total, lo que equivale a $25/5 = 5$ horas / día.

Como la disponibilidad es de 5 horas / día, y las actividades coinciden en el tiempo, se produce una sobrecarga de R1 de 5 horas / día durante los cinco primeros días.

Nivelación Limitada por Recursos:

Dada la asignación de los recursos, NSP no tiene influencia en la nivelación.

La actividad A2 no puede realizarse por falta de recursos hasta que termine A1, por lo que su comienzo se demora 10 días.

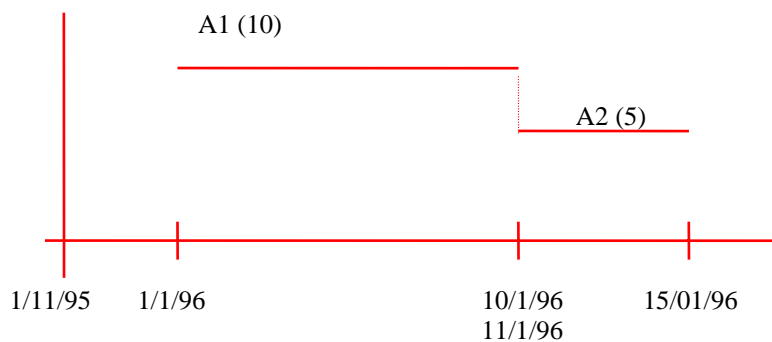
Debido al tipo de nivelación, la sobrecarga de recursos es cero (por definición).

Las fechas Early y la holgura (niveladas) de A1 y A2 son las siguientes:

A1: ESS=01/01/96	EFS=10/01/96	TFS=0
A2: ESS=11/01/96	EFS=15/01/96	TFS=-10

La holgura negativa indica el retraso de la actividad A2 con respecto a su Early Finish (EF - EFS).

El proyecto se retrasa 5 días, terminando el 15/01/96.



Ejemplo 2: Uso de los cuatro tipos de restricciones.

A las dos actividades del ejemplo anterior, se añaden otras tres, quedando la Red como sigue:

AN=A1	DU=10	RES=R1	QTY=50	RESTYP=TOTAL	TS=1/1/96
AN=A2	DU=5	RES=R1	QTY=25	RESTYP=TOTAL	
AN=A3	DU=1	RES=R1	QTY=3	RESTYP=TOTAL	
AN=A4	DU=2	RES=R1	QTY=1	RESTYP=LEVEL	
AN=A5	DU=3	RES=R1	QTY=1	RESTYP=LEVEL	

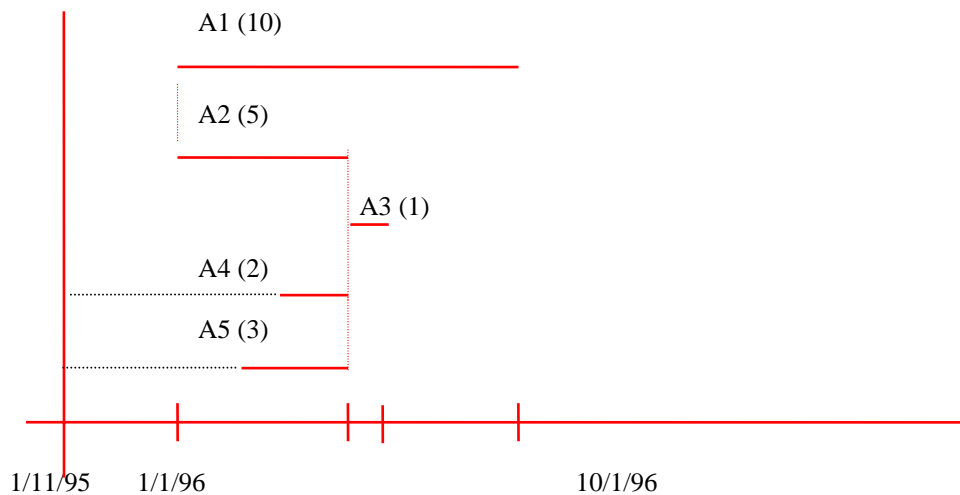
NSP=0 para todas las actividades

Restricciones:

A1, A2: SS A2, A3: FS A3, A4: SF A4, A5: FF

Análisis de la Red

Timenow = 1/11/95



A1: TS=1/1/96

A2: Comienza al comenzar A1

A3: Comienza al terminar A2

A4: Termina al comenzar A3

A5: Termina al terminar A4

Cálculo de fechas:

	<i>ES</i>	<i>EF</i>	<i>LS</i>	<i>LF</i>	<i>TF</i>	<i>Observaciones</i>
A1	01-01-96	10-01-96	01-01-96	10-01-96	0	Actividad crítica.
A2	01-01-96	05-01-96	05-01-96	09-01-96	4	Si se retrasa más de 4 días hace que A3 acabe después del 10/1/96.
A3	06-01-96	06-01-96	10-01-96	10-01-96	4	Si se retrasase más de 4 días terminaría después que A1 y retrasaría el proyecto.
A4	01-11-95	05-01-96	09-01-96	10-01-96	5	Si se retrasase más de 5 días terminaría después que A1 y retrasaría el proyecto. Al no tener Target Start, el Early Start es el Timenow (Ver nota en página siguiente).
A5	01-11-95	05-01-96	08-01-96	10-01-96	5	Idem que A4.

Nivelación Limitada por Tiempo:

Al no poder modificar las duraciones de las actividades, la Red resultante es la misma obtenida en el Análisis .

Cálculo de Sobrecargas:

El recurso R1 presenta una sobrecarga en las actividades A2 y A3.

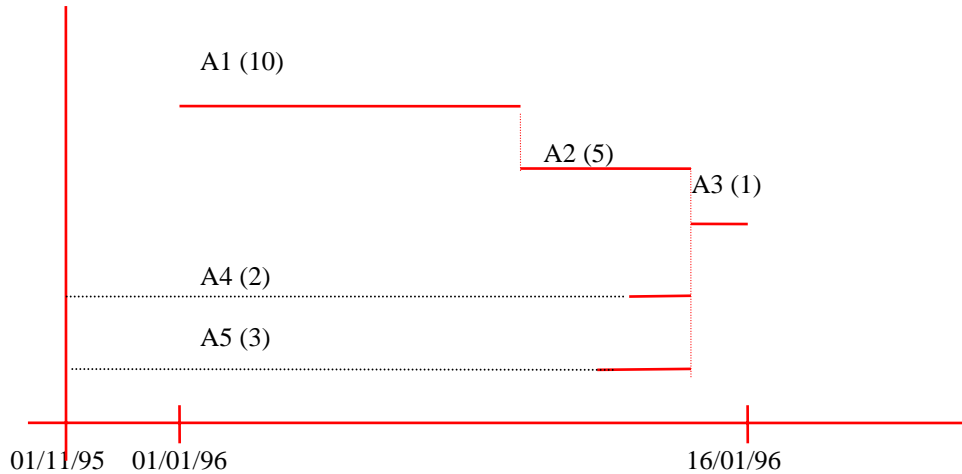
La sobrecarga de R1 es de 5 horas / día del 01-01-96 al 05-01-96 por su asignación en A2 simultánea con su asignación en A1, y de 3 horas el día 06-01-96, por su asignación en A3 simultánea con su asignación en A1, por lo que su sobrecarga total será de 28 horas.

Nótese que, por causa del alargamiento de las actividades A4 y A5 (ver Nota en página siguiente), es posible asignar el recurso R1 a partir del comienzo de las mismas, el 1/11/95, por lo que no se producen sobrecargas de R1 al no coincidir en el tiempo con las demás actividades.

Nivelación Limitada por Recursos:

Al no permitirse sobrecargas de recursos, las actividades que presentaban sobrecargas (A2 y A3) se demorarán hasta que haya recursos disponibles para hacerlas. Dada la asignación de los recursos, NSP no tiene influencia en la nivelación.

La Red resultante, tras el desplazamiento de A2 y A3, queda como sigue:



Cálculo de fechas:

	ESS	EFS	LSS	LFS	TFS	Observaciones
A1	01-01-96	10-01-96	01-01-96	10-01-96	0	Actividad crítica.
A2	11-01-96	15-01-96	11-01-96	15-01-96	-10	Actividad crítica.
A3	16-01-96	16-01-96	16-01-96	16-01-96	-10	Actividad crítica.
A4	01-11-95	15-01-96	15-01-96	16-01-96	-10	Ver Nota.
A5	01-11-95	15-01-96	14-01-96	16-01-96	-10	Ver Nota.

Con lo que la fecha de final de Proyecto pasa a ser el 16/01/96.

Nota:

El alargamiento de las actividades A4 y A5 es debido a la falta de fecha prevista de comienzo (TS), ya que al no conocerse esta fecha, la fecha “mas pronto” en que pueden comenzar las actividades resulta ser el Timenow. Este fenómeno de alargamiento de actividades se conoce como “stretching”.

La holgura (TF) de las actividades A4 y A5 obtenida después del análisis de la Red, se calcula como LF - EF en vez de LS - ES, para evitar el stretching, es decir, utilizando las fechas Finish en vez de las fechas Start.

Además, A4 no puede terminar antes de que comience A3, por su relación SF, pero si puede terminar *después* de que comience A3, por lo que su fecha LF será la del final del proyecto, el 16/01/96, y su fecha LS el 15/01/96 ya que su duración es de dos días. Por su parte A5, por su relación FF con A4, tendrá también su LF el 16/01/96 y su LS el 14/01/96 ya que su duración es de 3 días.

La holgura después de la nivelación (TFS) se calcula como EF - EFS, e indica el retraso de las actividades

Ejemplo 3: Estudio de la influencia de NSP y de la prioridad de las actividades.

Para estudiar la influencia del parámetro NSP (número de veces que se permite partir una actividad), tomaremos de nuevo las actividades de la Red del Ejemplo 1, pero variaremos el modo de asignación de los recursos. Dispondremos de R1 en la actividad A1 durante 4 horas / día durante los dos primeros días y durante 5 horas / día el resto de la actividad, mientras que en la actividad A2 asignaremos 1 hora / día de R1 durante toda la actividad.

Además, se suprime la relación SS entre A1 y A2, para que las actividades puedan comenzar independientemente la una de la otra (nótese que si se define A1, A2:SS, la restricción sería más fuerte que la prioridad, por lo que ésta quedaría sin efecto), y se fija la fecha prevista de comienzo de A2 el mismo día que la de A1.

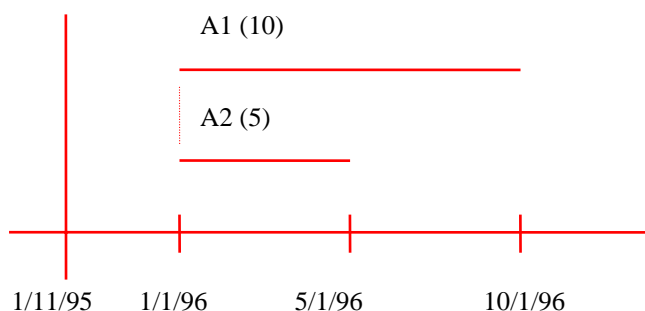
Así, la Red propuesta será:

AN=A1	DU=10	TS=1/1/96		
RES=R1	QTY=4	RESTYP=LEVEL	DER=0	DUR=2
RES=R1	QTY=5	RESTYP=LEVEL	DER=2	DUR=8
AN=A2	DU=5	TS=1/1/96		
RES=R1	QTY=1	RESTYP=LEVEL		

Análisis de la Red:

Timenow = 1/11/95

El resultado del análisis será el mismo obtenido en el Ejemplo 1, ya que la asignación de recursos no afecta al análisis de la Red.



A1: ES = LS = 1/1/96 EF = LF = 10/1/96 TF = 0 (si se retrasa A1, se retrasa el proyecto)

A2 ES = 1/1/96 LS = 6/1/96 TF = 5
 EF = 5/1/96 LF = 10/1/96

Nótese que si se hiciese una nivelación limitada por tiempo, la sobrecarga acumulada de R1 sería de 3 horas

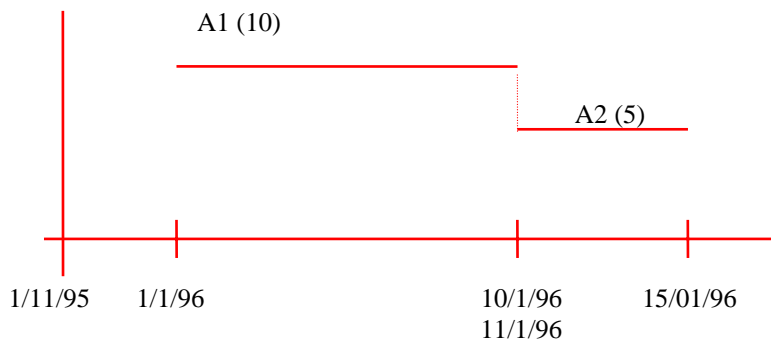
Nivelaremos ahora la Red con limitación por recurso, considerando dos casos. En el primero la actividad A1 será más prioritaria que la actividad A2 y en el segundo será a la inversa. En ambos casos se estudiará la red con $NSP = 0$ y con $NSP > 0$.

Caso 1: Nivelación limitada por recurso. Actividad A1 más prioritaria que actividad A2.

1.1 Sea $NSP = 0$

Como no se admiten sobrecargas de recursos, la actividad A2 no puede comenzar hasta que no termine la actividad A1, pues no hay disponibilidad de R1 para hacer las dos actividades a la vez.

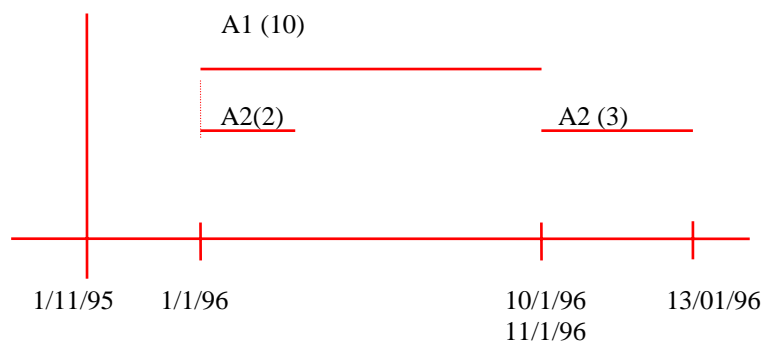
Nótese que R1 podría trabajar en A2 durante los dos primeros días (trabaja 4 horas / día en A1 y 1 hora / día en A2, lo que no sobrepasa su disponibilidad de 5 horas / día), y luego parar hasta completar A1, pero $NSP=0$ no permite partir la actividad A2, por lo que esta actividad no puede comenzar hasta que no termine A1.



Por tanto, la red nivelada quedaría igual que en el Ejemplo 1, y no se obtendría ninguna mejora con la nueva manera de asignar R1. Además, R1 presenta una infrautilización de 4 horas / día durante los 5 días que dura A2 y de 1 hora al día durante los dos primeros días de A1, con una infrautilización acumulada de 22 horas.

1.2 Sea ahora $NSP > 0$ en la actividad A2.

Al permitirse ahora partir la actividad A2, se podrían aprovechar los dos primeros días, en los cuales R1 puede trabajar en ambas actividades. La Red nivelada sería la siguiente:

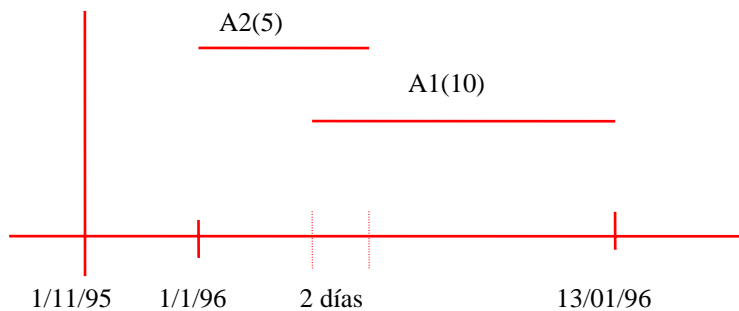


De esta manera la duración del proyecto pasa a ser de 13 días, en vez de los 15 anteriores, y la infrautilización de R1 ha pasado a ser de 4 horas / día durante los 3 días de la segunda parte de A2.

Caso 2: Nivelación limitada por recurso. Actividad A2 más prioritaria que actividad A1.

Estudiaremos de nuevo la influencia de NSP, considerando ahora que A2 tiene más prioridad que A1.

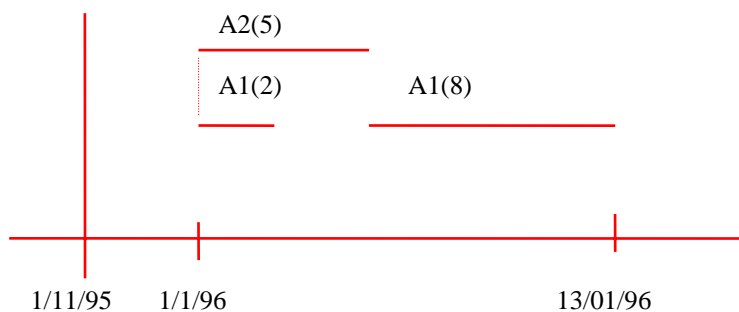
1.1 NSP = 0



R1 puede trabajar en A1 durante los dos últimos días de A2, ya que totaliza 5 horas / día, y el proyecto sigue teniendo una duración de 13 días sin necesidad de partir actividades.

1.2 NSP > 0 para A1

Al permitir que se parta A1, R1 puede trabajar en ambas actividades durante los dos primeros días, y la red quedaría como sigue:



Nótese que en estos dos supuestos hay una infrautilización de R1 de 4 horas / día durante 3 días.

En este caso no se obtiene ningún adelanto en la fecha de finalización del proyecto, pero el reparto de las actividades en el tiempo es diferente. No obstante, si existiesen otras actividades que tuvieran dependencias con A1 y A2, podría ocurrir que no fuese lo mismo que A1 fuese más prioritaria que A2, o viceversa.

Conclusiones: Después de analizar todos los casos, lo más rentable en coste y tiempos de desarrollo sería aceptar la sobrecarga de 3 horas de R1 y terminar el proyecto en 10 días, de acuerdo con el análisis inicial de la Red, tras hacer una nivelación limitada por tiempo, ya que en todos los demás casos se termina más tarde y se infrutiliza el recurso R1.

Ejercicio propuesto: Influencia de la prioridad en las dependencias.

Para comprobar la influencia de la prioridad cuando existen dependencias, como se exponía en el ejemplo anterior, supóngase, con las condiciones del Ejemplo 3, que se tiene una nueva actividad A3, de 5 días de duración, con una relación FS con A1, y en la que trabaja un recurso R2 durante 5 horas / día.

Estudiar, con $NSP > 0$ para todas las actividades, el caso en que A1 es más prioritaria que A2 y el caso en que A2 es más prioritaria que A1. En el primer caso, la duración del proyecto deberá de ser de 15 días y en el segundo caso se retrasaría 3 días, pasando a ser de 18. (Ver solución en el Apéndice A).

Ejemplo 4: Seguimiento del Proyecto.

Con los mismos supuestos del ejercicio propuesto, con Timenow 12/1/96 se replanifica el proyecto, introduciéndose las siguientes variaciones:

AN=A1	AS=1/1/96	AF=8/1/96
AN=A2	AS=3/1/96	RDU=4
AN=A3	No ha comenzado aún.	(DU=5 A1,A3: FS)

Las asignaciones de recursos no se modifican, siendo por lo tanto:

AN=A1

RES=R1	QTY=4	RESTYP=LEVEL	DER=0	DUR=2
RES=R1	QTY=5	RESTYP=LEVEL	DER=2	DUR=8

AN=A2

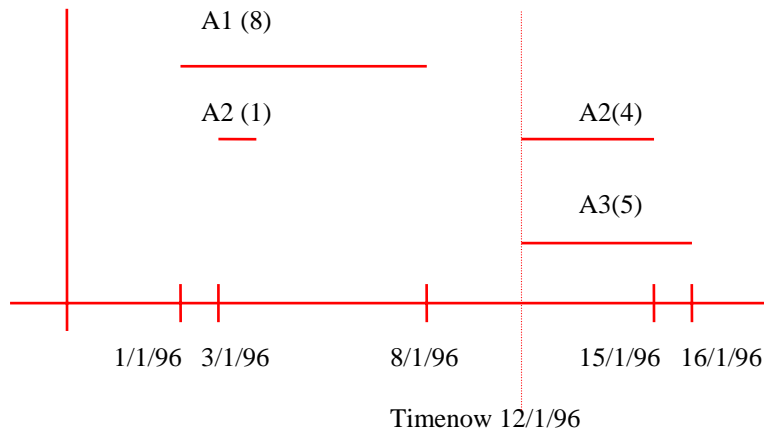
RES=R1	QTY=1	RESTYP=LEVEL
--------	-------	--------------

AN=A3

RES=R1	QTY=5	RESTYP=LEVEL
--------	-------	--------------

Se pide analizar y nivelar la Red, con limitación por tiempo y por recurso.

Análisis de la Red:



La actividad A1 comenzó el 1/1/96 y terminó el 8/1/96 (según AS y AF), es decir, dos días antes de lo previsto inicialmente puesto que su duración era de 10 días, quedando ésta ahora en 8.

A2 comenzó el 3/1/96 (AS) y le faltan 4 días para terminar (RDU=4), contados a partir del Timenow, por lo que su Early Finish será el 15/1/96 y su Late Finish un día más tarde, correspondiente a su holgura.

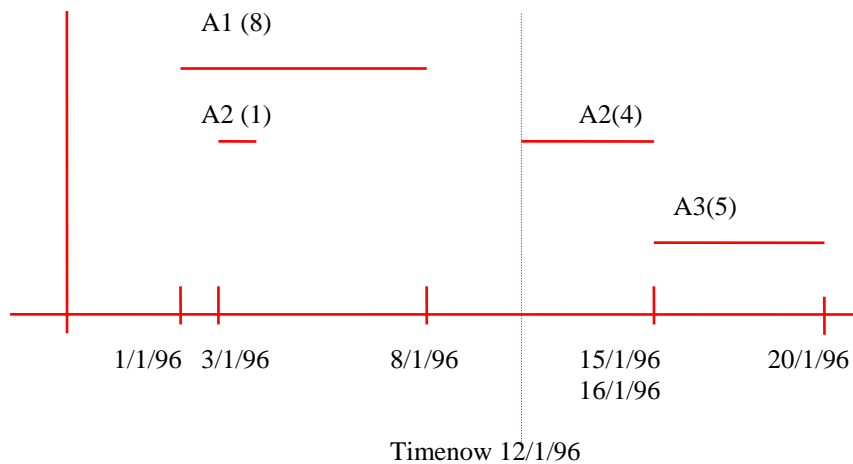
Por su parte A3 aún no ha comenzado, y dado que ya terminó A1, puede comenzar en cualquier momento (A1, A3: FS), por lo que su Early Start y su Late Start se sitúan en el Timenow, y su Early Finish y su Late Finish en la fecha final del proyecto, el 16/1/96.

Nivelación Limitada por Tiempo:

En este caso, la Red es la misma resultante del Análisis, y R1 presenta una sobrecarga en la actividad A3 de 1 hora al día desde el 12/1/96 al 15/1/96, por lo que su sobrecarga total es de 4 horas.

Nivelación Limitada por Recursos:

Al no permitirse sobrecargas de recursos, A3 no puede comenzar hasta que no termine A2, a la que le faltaban 4 días para terminar, por lo que A3 se va a retrasar esos 4 días, y por lo tanto la fecha final del proyecto se sitúa en el 20/1/96.



Y las fechas resultantes de las actividades pendientes de terminar son las siguientes:

A2 AS=3/1/96 EFS=15/1/96
A3 ESS=16/1/96 EFS=20/1/96 TFS=-4

Obsérvese que A3 se retrasa 4 días (y retrasa el proyecto), por lo que su holgura total nivelada (EF - EFS) será negativa.

Ejemplo 5: Estudio de un caso real.

Para completar el estudio de la planificación y seguimiento de proyecto, se presenta en este ejemplo un caso real de planificación, en el que se consideran, entre otras cosas, las vacaciones de los recursos y las actividades comunes de un proyecto de desarrollo informático, introduciéndose el concepto de grupo de recursos.

El enunciado es el siguiente:

Planificación y Control de Proyectos

El día 01/01/93 se desea planificar un Proyecto con las siguientes características:

1. Actividades

<u>Nombre de la Actividad</u>	<u>Código de la Actividad</u>	<u>Duración (días)</u>
Estudio de Requerimientos	CREQU	50
Análisis Lógico	DANLO	45
Diseño Físico	EDIFI	30
Programación	FPROG	65
Pruebas	HPROB	45
Aceptación	IACEP	30
Implantación	JIMPL	45

2. Fecha de Comienzo del Proyecto

Está previsto que el Proyecto comience el 05/01/93

3. Relaciones Lógicas entre Actividades

<u>Antecesora</u>	<u>Sucesora</u>	<u>Relación</u>	<u>Demora (días)</u>
CREQU	DANLO	FS	
DANLO	EDIFI	SS	4
EDIFI	FPROG	SS	5
FPROG	HPROB	SS	5
HPROB	IACEP	FS	
IACEP	JIMPL	FS	

4. Disponibilidad de Recursos

Recurso individual	5 horas / día, incluyendo sábados y domingos
Grupo de Recursos	50 horas / día, incluyendo sábados y domingos

Se tendrá en cuenta que el mes de Agosto no hay disponibilidad de Recursos por estar éstos de vacaciones.

5. Recursos por Actividad

<u>Actividad</u>	<u>Recurso</u>	<u>Horas</u>	
CREQU	JJT	100	
CREQU	RALMAO	50	
DANLO	ASOUTO	30	
DANLO	JJT	30	
DANLO	RALMAO	60	
EDIFI	RALMAO	40	
FPROG	LQR	200	
FPROG	RALMAO	180	
HPROB	LQR	80	
HPROB	RALMAO	50	
IACEP	LQR	50	
IACEP	PCAARG	50	(Grupo de Recursos)
IACEP	RALMAO	50	
JIMPL	JJT	30	
JIMPL	PCAARG	50	(Grupo de Recursos)
JIMPL	RALMAO	50	

6. Particionamiento de Actividades

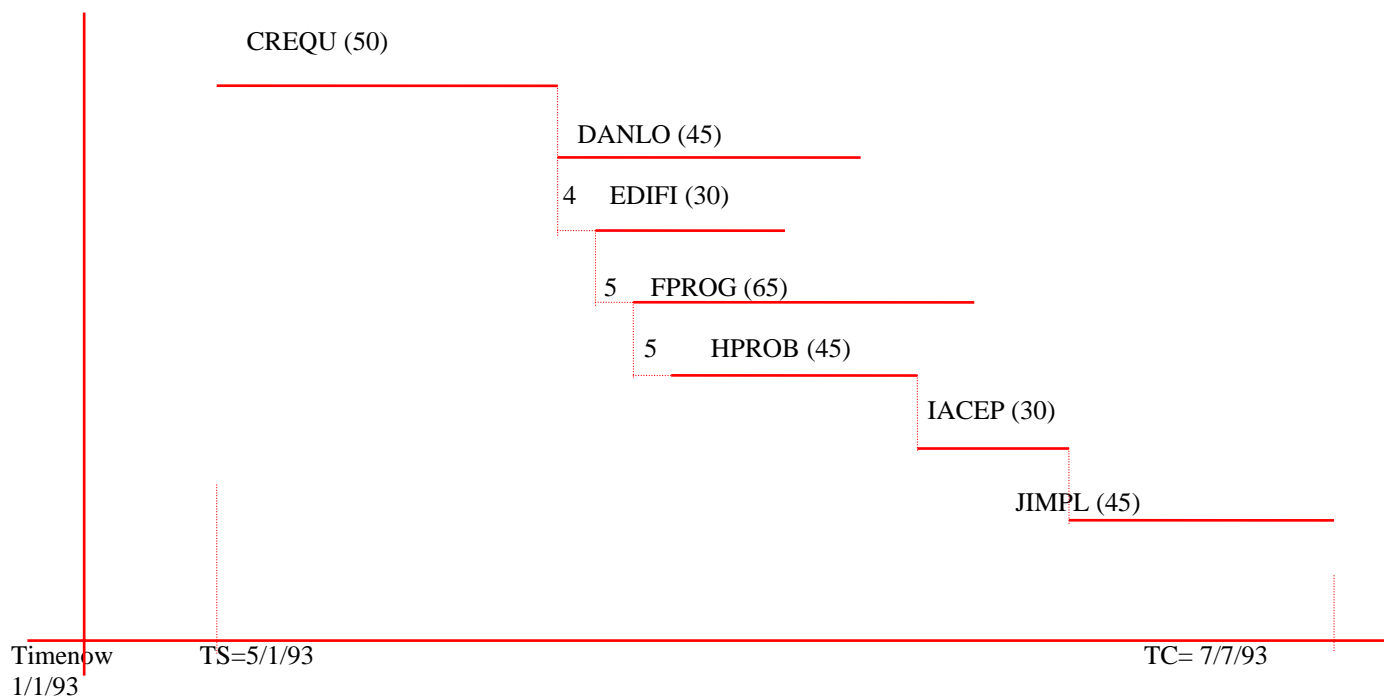
No se permite que una Actividad se parta en uno o más trozos por falta de disponibilidad de Recursos. Es decir, la Actividad tiene que realizarse completa en un período continuo de tiempo. Una vez comenzada, no puede detenerse y volver a continuar de nuevo más tarde.

Se desea conocer:

1. Fecha objetivo de finalización del Proyecto (TARGET COMPLETE), obtenida del Análisis de tiempos de la Red.
2. Diagrama de Barras de la Red (Analizada)

3. Fecha objetivo de finalización del Proyecto (TARGET COMPLETE), obtenida de la Nivelación de la Red limitada por tiempo.
4. Diagrama de Barras de la Red (Nivelación limitada por tiempo)
5. Sobrecargas de Recursos.
6. Fecha objetivo de finalización del Proyecto (TARGET COMPLETE), obtenida de la Nivelación de la Red, limitada por recursos.
7. Diagrama de Barras de la Red (Nivelación limitada por recursos)
8. Posible existencia de inconsistencias lógicas en la Red.

Análisis de la Red: Diagrama de Barras y Fechas TS y TC.



Fechas Early y Late:

	ES	EF	LS	LF
CREQU	05-01-93	23-02-93	05-01-93	23-02-93
DANLO	24-02-93	09-04-93	24-02-93	07-07-93
EDIFI	28-02-93	29-03-93	28-02-93	07-07-93
FPROG	05-03-93	08-05-93	05-03-93	07-07-93
HPROB	10-03-93	23-04-93	10-03-93	23-04-93
IACEP	24-04-93	23-05-93	24-04-93	23-05-93
JIMPL	24-05-93	07-07-93	24-05-93	07-07-93

Nivelación limitada por tiempo:

La red resultante de la nivelación coincide con la del análisis. Las posibles sobrecargas de recursos se estudian a continuación.

Estudio de Sobrecargas:

Actividad	Recursos Asignados	Asignación (Horas / día)
CREQU	JJT	100h/50d = 2 h/d
	RALMAO	50h/50d = 1 h/d
DANLO	ASOUTO	30h/45d = 0,66 h/d
	JJT	30h/45d = 0,66 h/d
	RALMAO	60h/45d = 1,33 h/d
EDIFI	RALMAO	40h/30d = 1,33 h/d
FPROG	RALMAO	180h/65d = 2,77 h/d
	LQR	200h/65d = 3,07 h/d
HPROB	RALMAO	50h/45d = 1,11 h/d
	LQR	80h/45d = 1,77 h/d
IACEP	LQR	50h/30d = 1,66 h/d
	PCAARG	50h/30d = 1,66 h/d
	RALMAO	50h/30d = 1,66 h/d
JIMPL	JJT	30h/45d = 0,66 h/d
	PCAARG	50h/45d = 1,11 h/d
	RALMAO	50h/45d = 1,11 h/d

Como se puede observar, a nivel de actividad individual, ningún recurso supera las 5 horas / día de disponibilidad, por lo que no se presentan sobrecargas. Es necesario ahora estudiar las actividades que comparten recursos y coinciden en el tiempo, para determinar los posibles conflictos.

Los recursos con posibles conflictos son RALMAO y LQR, ya que JJT no está asignado en actividades que coincidan en el tiempo y PCAARG, por ser un grupo de recursos, tiene una disponibilidad de 50 horas / día y no va a presentar sobrecargas.

Estudiaremos por tanto a RALMAO y a LQR en las actividades que intervienen y que coinciden en el tiempo.

1. Recurso RALMAO

Participa simultáneamente en DANLO y EDIFI (Ver Análisis de la Red).
Dedicaciones: $1,33 + 1,33 = 2,66$ horas / día. No hay sobrecarga.

Participa simultáneamente en EDIFI y FPROG.
Dedicaciones: $1,33 + 2,77 = 4,10$ horas / día. No hay sobrecarga.

Participa simultáneamente en DANLO, EDIFI, FPROG y HPROB
Dedicaciones: $1,33 + 1,33 + 2,77 + 1,11 = 6,54$ horas / día, por tanto presenta sobrecarga.

Participa simultáneamente en FPROG y HPROB
Dedicaciones: $2,77 + 1,11 = 3,88$ horas / día. No hay sobrecarga.

Participa simultáneamente en FPROG e IACEP
Dedicaciones: $2,77 + 1,66 = 4,43$ horas / día. No hay sobrecarga.

2. Recurso LQR

Participa simultáneamente en FPROG y HPROB
Dedicaciones: $3,07 + 1,77 = 3,84$ horas / día. No hay sobrecarga.

Participa simultáneamente en FPROG e IACEP
Dedicaciones: $3,07 + 1,66 = 4,13$ horas / día. No hay sobrecarga.

Sobrecargas acumuladas:

El recurso RALMAO trabaja durante 5 días en DANLO, EDIFI y FPROG, con un total de 5,43 horas / día, lo que da una sobrecarga diaria de 0,43 horas y una sobrecarga total de $0,43 \times 5 = 2,15$ horas.

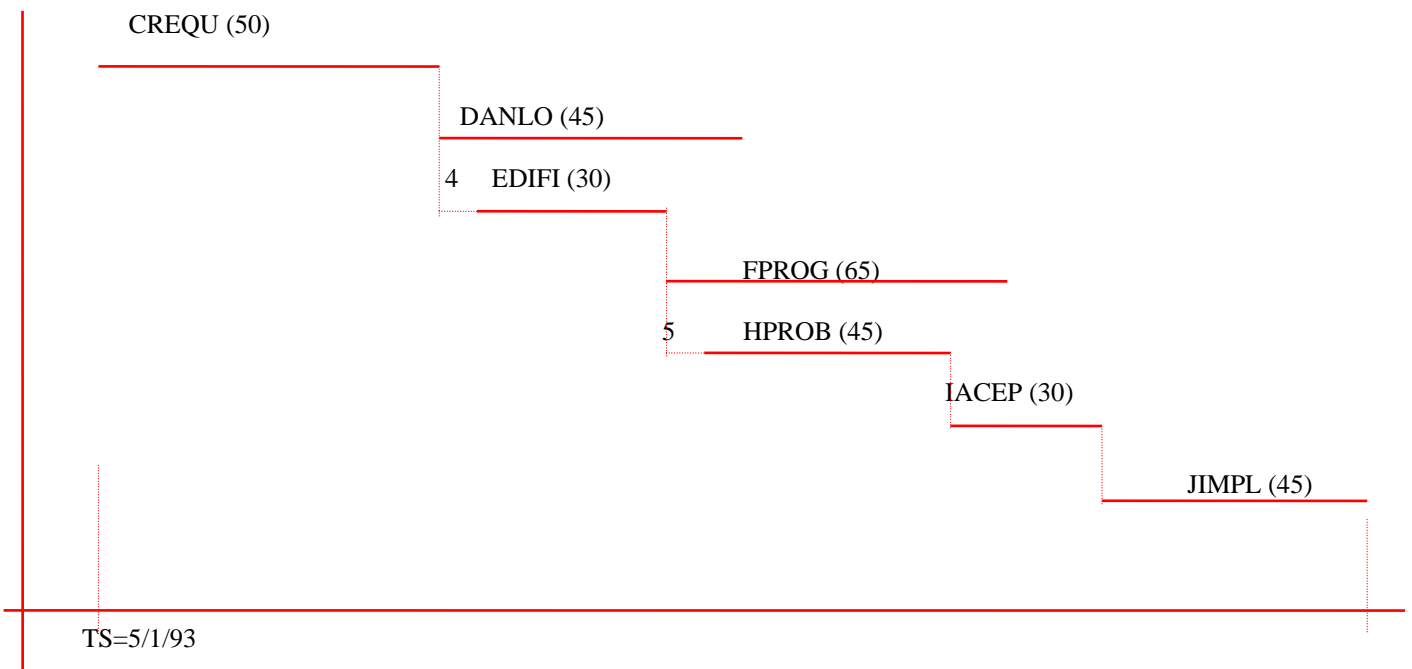
Además trabaja durante 20 días en DANLO, EDIFI, FPROG y HPROB, con un total de 6,54 horas / día, lo que arroja una sobrecarga diaria de 1,54 horas y una sobrecarga total de 30,8 horas.

Cuando termina EDIFI, trabaja en DANLO, FPROG y HPROB durante 11 días, con un total de 5,21 horas / día. lo que origina una sobrecarga diaria de 0,21 horas y una sobrecarga total de 2,31 horas.

Por tanto, la sobrecarga total acumulada de RALMAO será de 35,26 horas.

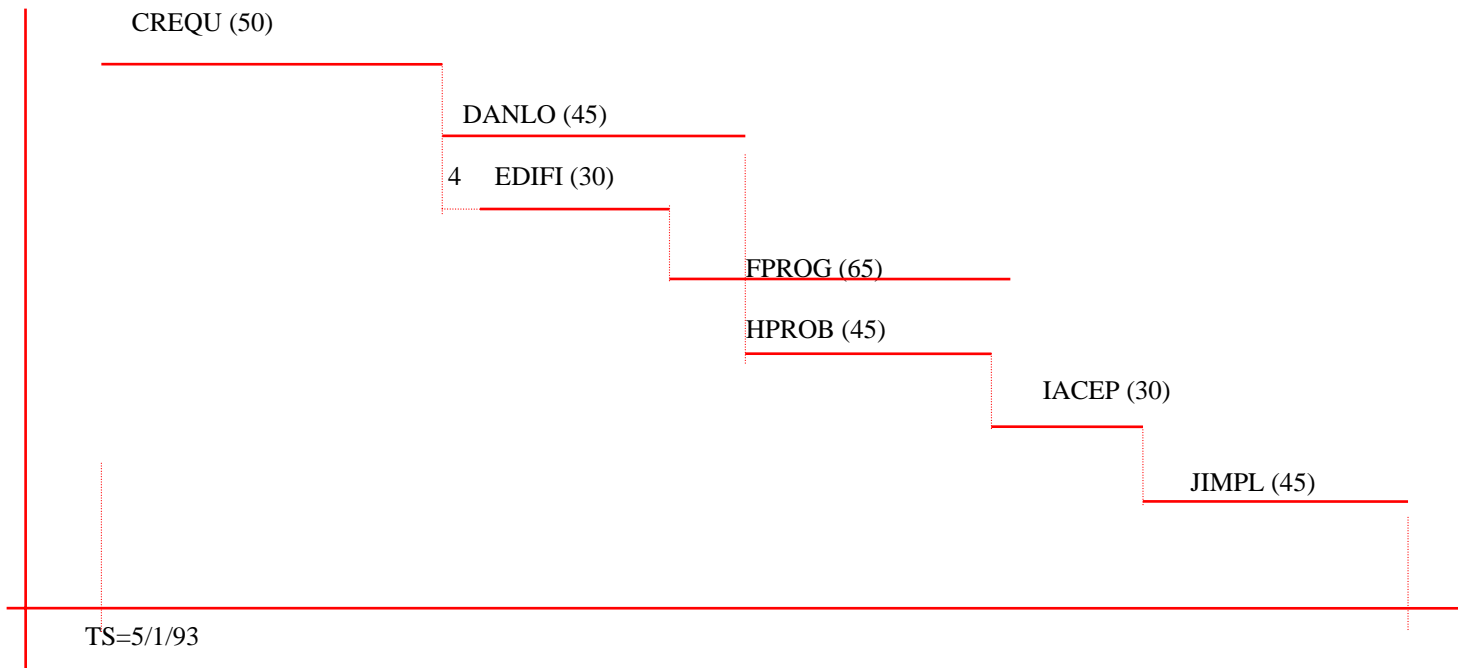
Nivelación limitada por recursos:

Del estudio de sobrecargas se observa que solo se presentan cuando RALMAO trabaja conjuntamente en DANLO, EDIFI, FPROG y HPROB. más aún, el recurso puede realizar simultáneamente las dos primeras actividades, pero al añadir la tercera ya se presentan sobrecargas ($1,33 + 1,33 + 2,77 = 5,43$), por lo que RALMAO *no puede trabajar en FPROG hasta que no termine EDIFI* (puesto que DANLO termina más tarde que EDIFI). Por su parte, el desplazamiento de FPROG arrastra al resto de actividades, por lo que la Red quedaría como sigue:



Si con esta nueva Red estudiamos nuevamente las posibles cargas de recursos, se puede observar que RALMAO no puede hacer simultáneamente DANLO, FPROG y HPROB ($1,33 + 2,77 + 1,11 = 5,21$), por lo que *HPROB no podrá comenzar hasta que no termine DANLO*.

Teniendo en cuenta esta nueva restricción, la Red quedará:



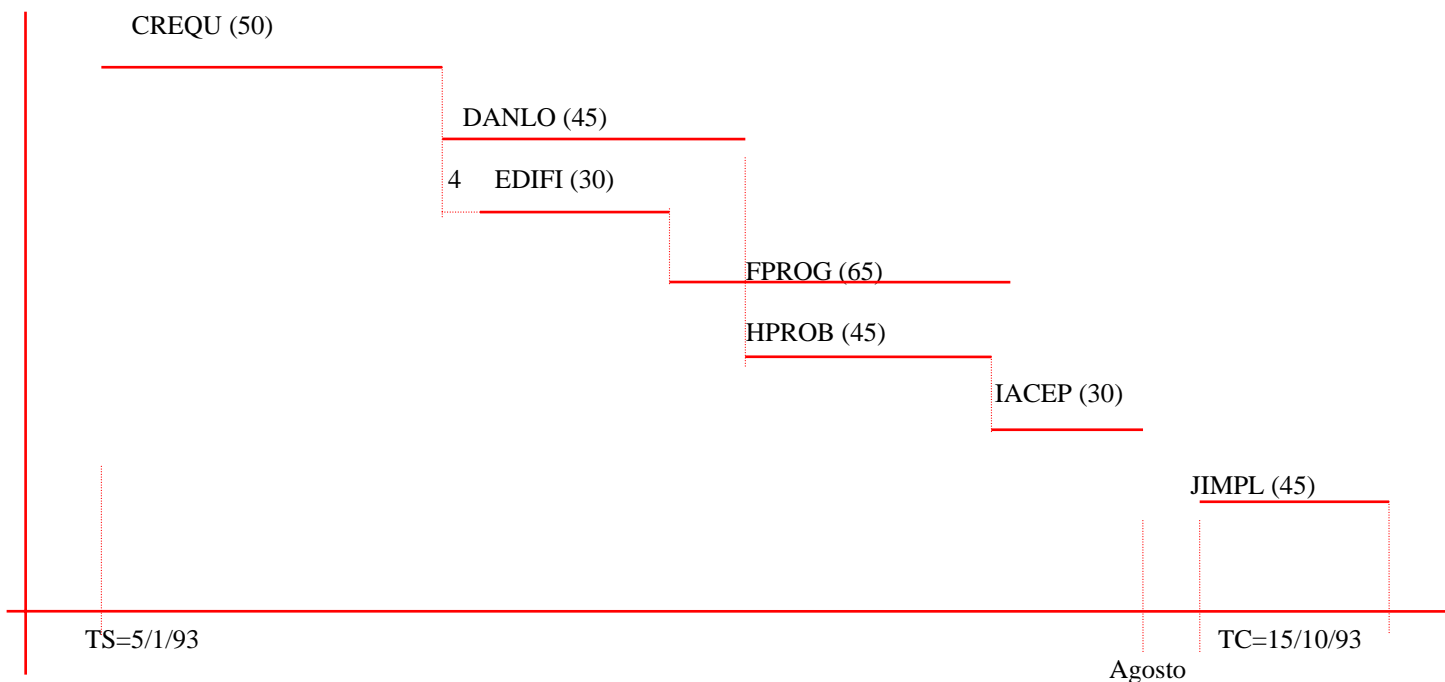
Estudiando nuevamente las cargas, no se observa ninguna sobrecarga en la Red, ya que RALMAO puede trabajar simultáneamente en FPROG y DANLO ($2,77 + 1,33 = 4,10$) y en FPROG e IACEP ($2,77 + 1,66 = 4,43$), por lo que, en principio ésta podría ser la Red nivelada con limitación por recurso.

Sin embargo, aún queda otra limitación a considerar: las vacaciones de los recursos. De acuerdo con el planteamiento inicial, en el mes de Agosto no se trabaja, por lo que la disponibilidad de recursos en este mes es cero. Por tanto, habrá que comprobar si alguna de las actividades coincide en el mes de Agosto.

Si observamos la Red, podremos comprobar que esto sucede con JIMPL, cuyo Early Start es el 24/06/93 y su Early Finish el 07/08/93. Por lo tanto, como se necesita trabajar *una semana* en Agosto, y esa semana no hay disponibilidad de recursos, y como además no se permite partir actividades, JIMPL no podrá comenzar hasta el 1 de Septiembre, terminando 45 días después, el 15/10/93, fecha de fin del proyecto.

Ante una situación como ésta, en la práctica sería conveniente revisar la red para intentar evitar que la implantación se meta en el mes de Agosto y demore el proyecto hasta mediados del mes de Octubre.

La Red definitiva sería:



Como ejercicio complementario se plantea la obtención de las fechas Early y Late (niveladas) de todas las actividades de la Red.

Inconsistencias lógicas de la Red:

Evidentemente, cualquier herramienta de Gestión de Proyectos es capaz de obtener los resultados anteriores de modo automático, simplificando así los cálculos. Lo que no va a poder realizar es un estudio de la Red desde un punto de vista lógico, trabajo que queda para la persona que está planificando. En el ejemplo que se está estudiando se han introducido dos inconsistencias lógicas desde el punto de vista de diseño de la Red, que deberemos notar.

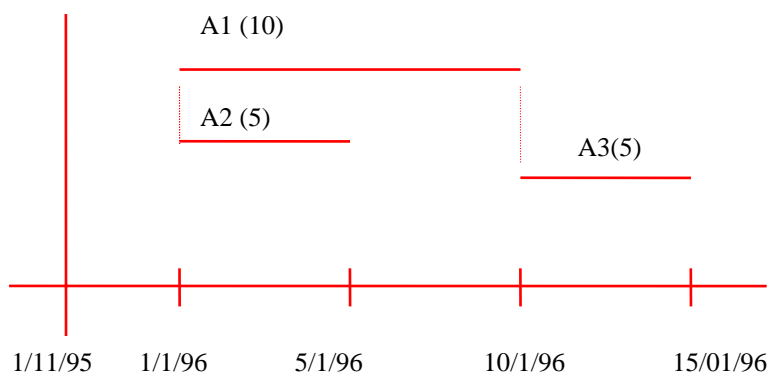
La primera es que es Diseño Físico termina antes que el Análisis Lógico y la segunda es que las Pruebas terminan antes de la Programación, ambas cosas poco probables en un proyecto de desarrollo.

Apéndice A

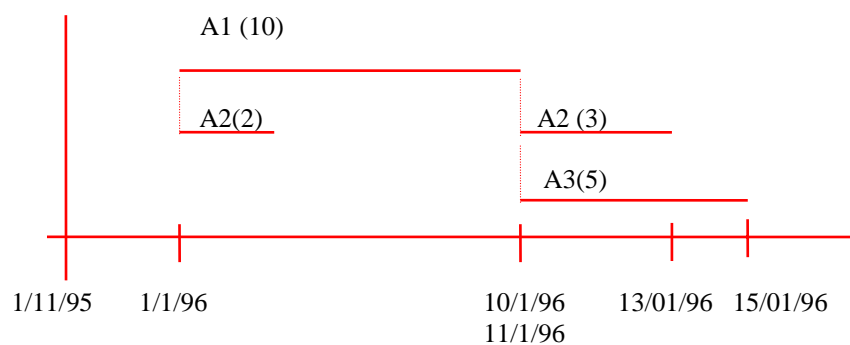
Solución al Ejercicio propuesto

Análisis de la Red

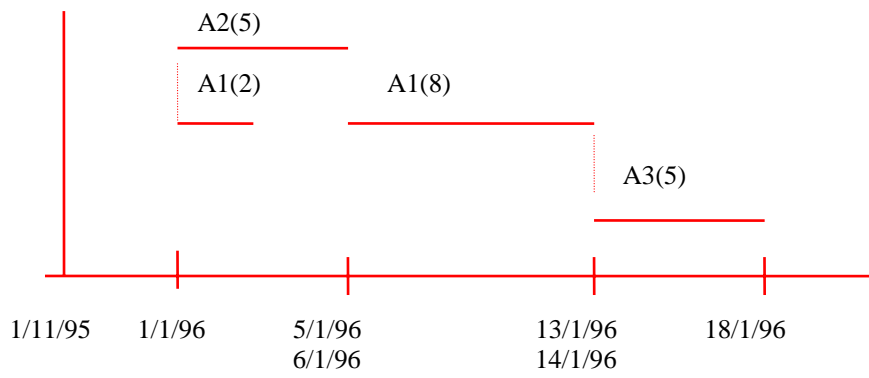
Timenow = 1/11/95



Nivelación a Recurso fijo, con A1 más prioritaria que A2 y NSP > 0



Nivelación a Recurso fijo, con A2 más prioritaria que A1 y NSP > 0



Ejercicios propuestos y sus soluciones

Ejercicio 1: Planificación de un Proyecto de Desarrollo.

Datos:

Timenow: 01-01-99

Disponibilidad: 5,1 horas/día, excepto en Agosto que es cero.

NSP=1 para todas las actividades

Actividades:

Código Act (AN)	Nombre Actividad (AD)	Dur Act (DU)	FecIni Obj Act (TS)
APLAN	Planificación	355	01-05-99
BVIAB	Estudio Viabilidad	35	
CREQU	Análisis Reqrmts	90	
DANLO	Análisis Lógico	90	
EDIFI	Diseño Físico	85	
FPROG	Programación	200	
HPROB	Pruebas	30	
IACEP	Aceptación	30	
JIMPL	Implantación	15	

Relaciones:

CodAct Precedente (PAN)	CodAct Sucesora (SAN)	Tipo Restric (CONTYP)	Demora Restric (CDE)
APLAN	BVIAB	SS	0
BVIAB	CREQU	FS	0
CREQU	DANLO	SS	30
DANLO	EDIFI	SS	20
EDIFI	FPROG	SS	15
FPROG	HPROB	FS	0
HPROB	IACEP	SS	10
IACEP	JIMPL	FS	0

Recursos:

Código Act (AN)	Código Rec (RES)	Cantidad Rec (QTY)	Demora Rec (DER)	Dur Rec (DUR)	TipoCan Rec (RESTYP)	NumRec Part (NSP)
APLAN	MFL	20	0	0	TOTAL	1
BVIAB	MFL	175	0	0	TOTAL	1
CREQU	MFL	1	0	0	LEVEL	1
DANLO	MFL	1	0	0	LEVEL	1
EDIFI	MFL	1	0	0	LEVEL	1
FPROG	MFL	1	0	0	LEVEL	1
HPROB	MFL	4	0	0	LEVEL	1
IACEP	MFL	20	0	0	TOTAL	1
JIMPL	MFL	30	0	0	TOTAL	1

Solución:

Informe : DIAGRAMA DE BARRAS DE ACTIVIDADES - ANALIZADO

Código Act AN	Nombre Act AD	Dur Act DU	FIni Ana ES	MAY 99	JUL 99	SEP 99	NOV 99	ENE 00	MAR 00	FFin Ana EF
APLAN	Planificación	355	01-05-1999	*****						19-04-2000
BVIAB	Estudio Viabilidad	35	01-05-1999	*****	I	I	I	I	I	I 04-06-1999
CREQU	Análisis Reqrmts	90	05-06-1999	I	*****I					I 02-09-1999
DANLO	Análisis Lógico	90	05-07-1999	I	*****					I 02-10-1999
EDIFI	Diseño Físico	85	25-07-1999	I	I	*****				I 17-10-1999
FPROG	Programación	200	09-08-1999	I	I	*****				I 24-02-2000
HPROB	Pruebas	30	25-02-2000	I	I	I	I	I	*****	I 25-03-2000
IACEP	Aceptación	30	06-03-2000	I	I	I	I	I	*****	I 04-04-2000
JIMPL	Implantación	15	05-04-2000	I	I	I	I	I	I	*** 19-04-2000

Informe: Fechas Early y Fechas Late - Analizado

Código Act AN	Nombre Act AD	Calendar CAL	Demo Act DE	FIni Ana ES	FIniTar Act LS	Dur Act DU	FFin Ana EF	FFinTar Ana LF	HoTot Act TF
APLAN	Planificación			01-05-1999	01-05-1999	355	19-04-2000	19-04-2000	
BVIAB	Estudio Viabilidad			01-05-1999	01-05-1999	35	04-06-1999	04-06-1999	
CREQU	Análisis Reqrmts			05-06-1999	05-06-1999	90	02-09-1999	02-09-1999	
DANLO	Análisis Lógico			05-07-1999	05-07-1999	90	02-10-1999	02-10-1999	
EDIFI	Diseño Físico			25-07-1999	25-07-1999	85	17-10-1999	17-10-1999	
FPROG	Programación			09-08-1999	09-08-1999	200	24-02-2000	24-02-2000	
HPROB	Pruebas			25-02-2000	25-02-2000	30	25-03-2000	25-03-2000	
IACEP	Aceptación			06-03-2000	06-03-2000	30	04-04-2000	04-04-2000	
JIMPL	Implantación			05-04-2000	05-04-2000	15	19-04-2000	19-04-2000	

Informe : CARGA DE RECURSOS (después de nivelación a tiempo fijo)

FecIni Periodo DFR	FFin Periodo DTO	-----This Period-----><-----Cumulative-----><-----Average----->				CanReg Acum CL	CanDisp Acum CA	SobCrga Acum CO	InfCrga Acum CU	CanReq Media AL	Disp Media AA	SobCrga Media AO	InfCrga Media AU
		CanReg Rec RL	CanDisp Rec RA	CanSob Rec RO	CanInf Rec RU								
Resource:	MFL												
01-12-1998	31-12-1998		158,1		158,1		158,1		158,1		5,1		5,1
01-01-1999	31-01-1999		158,1		158,1		316,2		316,2		5,1		5,1
01-02-1999	28-02-1999		142,8		142,8		459,0		459,0		5,1		5,1
01-03-1999	31-03-1999		158,1		158,1		617,1		617,1		5,1		5,1
01-04-1999	30-04-1999		153,0		153,0		770,1		770,1		5,1		5,1
01-05-1999	31-05-1999	156,7	158,1		1,4	156,7	928,2		771,5	5,1	5,1		0,0
01-06-1999	30-06-1999	47,7	153,0		105,3	204,4	1081,2		876,8	1,6	5,1		3,5
01-07-1999	31-07-1999	66,7	158,1		91,4	271,2	1239,3		968,1	2,2	5,1		2,9
01-08-1999	31-08-1999	117,7		117,7		388,9	1239,3	117,7	968,1	3,8		3,8	
01-09-1999	30-09-1999	93,7	153,0		59,3	482,6	1392,3	117,7	1027,4	3,1	5,1		2,0
01-10-1999	31-10-1999	51,7	158,1		106,4	534,4	1550,4	117,7	1133,8	1,7	5,1		3,4
01-11-1999	30-11-1999	31,7	153,0		121,3	566,1	1703,4	117,7	1255,1	1,1	5,1		4,0
01-12-1999	31-12-1999	32,7	158,1		125,4	598,8	1861,5	117,7	1380,4	1,1	5,1		4,0
01-01-2000	31-01-2000	32,7	158,1		125,4	631,5	2019,6	117,7	1505,8	1,1	5,1		4,0
01-02-2000	29-02-2000	45,6	147,9		102,3	677,2	2167,5	117,7	1608,1	1,6	5,1		3,5
01-03-2000	31-03-2000	119,1	158,1		39,0	796,3	2325,6	117,7	1647,1	3,8	5,1		1,3
01-04-2000	30-04-2000	33,7	153,0		119,3	830,0	2478,6	117,7	1766,3	1,1	5,1		4,0

Existen sobrecargas. Hacer nivelación a recurso fijo.

Informe : DIAGRAMA DE BARRAS DE ACTIVIDADES (después de nivelación a recurso fijo)

Código Act AN	Nombre Act AD	Dur Act DU	FiniEa Niv ESS	MAY 99	JUL 99	SEP 99	NOV 99	ENE 00	FFinEa Niv BFS

APLAN	Planificación	355	01-05-1999	*****					20-05-2000
BVIAB	Estudio Viabilidad	35	01-05-1999	*****	I	I	I	I	04-06-1999
CREQU	Análisis Reqrmts	90	05-06-1999	I	*****		I	I	03-10-1999
DANLO	Análisis Lógico	90	05-07-1999	I	*****		I	I	02-11-1999
EDIFI	Diseño Físico	85	25-07-1999	I	I	*****		I	17-11-1999
FPROG	Programación	200	01-09-1999	I	I	*****		I	18-03-2000
HPROB	Pruebas	30	19-03-2000	I	I	I	I	I	17-04-2000
IACEP	Aceptación	30	29-03-2000	I	I	I	I	I	27-04-2000
JIMPL	Implantación	15	28-04-2000	I	I	I	I	I	12-05-2000

Sobrecargas de recursos: No existen. Se alarga la fecha final del proyecto hasta el 12/05/2000

Informe: Fechas Early, Fechas Late y holguras - Nivelado a recurso fijo

Código Act AN	Nombre Act AD	Calendar CAL	Demo Act DE	FiniEa Niv ESS	Scheduled Late Start	Dur Act DU	FFinEa Niv BFS	Scheduled Late Finish	HoTot Niv TFS
APLAN	Planificación			01-05-1999	01-05-1999	355	20-05-2000	20-05-2000	-31
BVIAB	Estudio Viabilidad			01-05-1999	01-05-1999	35	04-06-1999	04-06-1999	
CREQU	Análisis Reqrmts			05-06-1999	05-06-1999	90	03-10-1999	03-10-1999	-31
DANLO	Análisis Lógico			05-07-1999	05-07-1999	90	02-11-1999	02-11-1999	-31
EDIFI	Diseño Físico			25-07-1999	25-07-1999	85	17-11-1999	17-11-1999	-31
FPROG	Programación			01-09-1999	01-09-1999	200	18-03-2000	18-03-2000	-23
HPROB	Pruebas			19-03-2000	19-03-2000	30	17-04-2000	17-04-2000	-23
IACEP	Aceptación			29-03-2000	29-03-2000	30	27-04-2000	27-04-2000	-23
JIMPL	Implantación			28-04-2000	28-04-2000	15	12-05-2000	12-05-2000	-23

Ejercicio 2: Planificación de un Proyecto de Mantenimiento.

Datos:

Timenow: 01-12-98

Disponibilidad: 5,1 horas/día, excepto en Agosto que es cero.

Actividades:

Código Act (AN)	Nombre Actividad (AD)	Dur Act (DU)	FecIni Obj Act (TS)	FecFin Obj Act (TC)
AANAL	Analizar	365	01-01-99	31-12-99
BPROG	Programar	365	01-01-99	31-12-99
CPROB	Probar	365	01-01-99	31-12-99
DDOCU	Documentar	365	01-01-99	31-12-99
EAPOY	Apoyar Producción	365	01-01-99	31-12-99
FUSUA	Atender Usuarios	365	01-01-99	31-12-99
GEXPL	Explotar Desarrollo	365	01-01-99	31-12-99

Relaciones: No se han definido.

Recursos:

Código Act (AN)	Código Rec (RES)	Cantidad Rec (QTY)	Demora Rec (DER)	Dur Rec (DUR)	TipoCan Rec (RESTYP)	NumRec Part (NSP)
AANAL	MFL	30	0	212	TOTAL	1
AANAL	MFL	20	243	122	TOTAL	1
BPROG	MFL	10	0	212	TOTAL	1
BPROG	MFL	8	243	122	TOTAL	1
CPROB	MFL	10	0	212	TOTAL	1
CPROB	MFL	8	243	122	TOTAL	1
DDOCU	MFL	6	0	212	TOTAL	1
DDOCU	MFL	4	243	122	TOTAL	1
EAPOY	MFL	18	0	212	TOTAL	1
EAPOY	MFL	12	243	122	TOTAL	1
FUSUA	MFL	24	0	212	TOTAL	1
FUSUA	MFL	16	243	122	TOTAL	1
GEXPL	MFL	6	0	212	TOTAL	1
GEXPL	MFL	4	243	122	TOTAL	1

Solución:

Informe : DIAGRAMA DE BARRAS DE ACTIVIDADES - ANALIZADO

Código Act AN	Nombre Act AD	Dur Act DU	FIni Ana ES	ENE 99	MAR 99	MAY 99	JUL 99	SEP 99	NOV 99	FFin Ana EF
AANAL	Analizar	365	01-01-1999	*****						31-12-1999
BPROG	Programar	365	01-01-1999	*****						31-12-1999
CPROB	Probar	365	01-01-1999	*****						31-12-1999
DDOCU	Documentar	365	01-01-1999	*****						31-12-1999
EAPOY	Apoyar Producción	365	01-01-1999	*****						31-12-1999
FUSUA	Atender Usuarios	365	01-01-1999	*****						31-12-1999
GEXPL	Explotar Desarrollo	365	01-01-1999	*****						31-12-1999

Informe : DIAGRAMA DE BARRAS DE ACTIVIDADES - COMPARACIÓN (después de nivelación a tiempo fijo)

Código Act AN	Nombre Act AD	Dur Act DU	Curr/Orig Start	ENE 99	MAR 99	MAY 99	JUL 99	SEP 99	NOV 99	ENE 00	Curr/Orig Finish
AANAL	Analizar	365	01-01-1999	I*****I	I	I	I	I	I	I	I 31-12-1999
BPROG	Programar	365	01-01-1999	I*****I	I	I	I	I	I	I	I 31-12-1999
CPROB	Probar	365	01-01-1999	I*****I	I	I	I	I	I	I	I 31-12-1999
DDOCU	Documentar	365	01-01-1999	I*****I	I	I	I	I	I	I	I 31-12-1999
EAPOY	Apoyar Producción	365	01-01-1999	I*****I	I	I	I	I	I	I	I 31-12-1999
FUSUA	Atender Usuarios	365	01-01-1999	I*****I	I	I	I	I	I	I	I 31-12-1999
GEXPL	Explotar Desarrollo	365	01-01-1999	I*****I	I	I	I	I	I	I	I 31-12-1999

Informe : CARGA DE RECURSOS (después de nivelación a tiempo fijo)

FecIni Período DFR	FFin Período DTO	-----This Period-----><-----				-----Cumulative-----><-----				-----Average-----><-----			
		CanReq Rec RL	CanDisp Rec RA	CanSob Rec RO	CanInf Rec RU	CanReq Acum CL	CanDisp Acum CA	SobCrga Acum CO	InfCrga Acum CU	CanReq Media AL	Disp Media AA	SobCrga Media AO	InfCrga Media AU
Resource:	MFL												
01-12-1998	31-12-1998		158,1		158,1		158,1		158,1		5,1		5,1
01-01-1999	31-01-1999	15,2	158,1		142,9	15,2	316,2		301,0	0,5	5,1		4,6
01-02-1999	28-02-1999	13,7	142,8		129,1	28,9	459,0		430,1	0,5	5,1		4,6
01-03-1999	31-03-1999	15,2	158,1		142,9	44,2	617,1		572,9	0,5	5,1		4,6
01-04-1999	30-04-1999	14,7	153,0		138,3	58,9	770,1		711,2	0,5	5,1		4,6
01-05-1999	31-05-1999	15,2	158,1		142,9	74,1	928,2		854,1	0,5	5,1		4,6
01-06-1999	30-06-1999	14,7	153,0		138,3	88,8	1081,2		992,4	0,5	5,1		4,6
01-07-1999	31-07-1999	15,2	158,1		142,9	104,0	1239,3		1135,3	0,5	5,1		4,6
01-08-1999	31-08-1999					104,0	1239,3		1135,3				
01-09-1999	30-09-1999	17,7	153,0		135,3	121,7	1392,3		1270,6	0,6	5,1		4,5
01-10-1999	31-10-1999	18,3	158,1		139,8	140,0	1550,4		1410,4	0,6	5,1		4,5
01-11-1999	30-11-1999	17,7	153,0		135,3	157,7	1703,4		1545,7	0,6	5,1		4,5
01-12-1999	31-12-1999	18,3	158,1		139,8	176,0	1861,5		1685,5	0,6	5,1		4,5

No existen sobrecargas. No es necesario nivelar a recurso fijo, ya que el resultado sería el mismo.

Apéndice A: Tabla de Demoras

Posibles demoras a introducir en un proyecto de desarrollo.

En la tabla se indica, por ejemplo, que la fase de Análisis Lógico puede comenzar cuando el 70% de las especificaciones hayan sido definidas. Estos porcentajes de demora son orientativos y específicos de un entorno concreto, por lo que cada Organización deberá de definir los suyos propios, basándose en su experiencia.

Planificar /
Programar
Proyecto

FS	Estudiar Viabilidad							
	FS	Definir Especificaciones						
		70%	Realizar Análisis Lógico					
			30%	Realizar Diseño Físico				
				20%	Programar Sistema			
					40%	Probar Sistema		
						50%	Aceptar Sistema	
							70%	Implantar Sistema

Nota: En algunos casos es posible llevar a cabo la aceptación y la implantación casi simultáneamente.

Apéndice B: Actividades mínimas de un Sistema de Gestión de Proyectos y su relación con los productos obtenidos normalmente en el Desarrollo de Sistemas de Información

Para facilitar al máximo la Planificación de Proyectos se proponen las actividades mínimas de un Sistema de Gestión de Proyectos y sus equivalencias con los trabajos normalmente realizados en el Desarrollo de Sistemas de Información, para Proyectos de Desarrollo, Proyectos de Mantenimiento y Estudios de Viabilidad.

1. Proyectos de Desarrollo

PRODUCTOS / ACCIONES	ACTIVIDADES SGP
Plan de Proyecto	Planificar / Programar Proyecto
Notas sobre Requerimientos	Definir Requerimientos
Identificación de Procesos y/o Programas; Diseño de Datos; Diseño de Interfaces de Usuario; VTOC; SDAT; DFD; E/R; ELKA; Identificación del contenido de información de Pantallas e Impresos; Control de Datos	Realizar Análisis Lógico
Cuadernos de Carga; Diseño de Bases de Datos; Definición de Bases de Datos; Diseño detallado de Pantallas e Impresos;	Realizar Diseño Físico
Programas Host	Programar Sistema
Programas de Terminales Bancarios	Programar Terminales Bancarios
Pruebas Teleproceso y Batch (Pruebas del Producto por el equipo de proyecto: funcionalidad, carga, tiempos de respuesta, etc.)	Probar Sistema en Entorno de Desarrollo
Paso a Producción	Aceptar Sistema
Realización del Plan de Implantación: Acciones de Formación; Depuración y Carga de Datos; Resolución de Incidencias; Atención a Usuarios Finales; Confección del Manual de Usuario; Elaboración de Circulares, etc.	Implantar Sistema

2. Proyectos de Mantenimiento

PRODUCTOS / ACCIONES	ACTIVIDADES SGP
Planificar, controlar y dirigir el proyecto durante todo su Ciclo de Vida.	Planificar
Desarrollar programas; realizar modificaciones en programas.	Programar
Realizar pruebas individuales de programas y pruebas globales del Sistema.	Probar
Documentar los programas y las modificaciones en el Diccionario de Datos.	Documentar
Realizar acciones de soporte a Producción; colaborar en la migración de las aplicaciones a Producción	Apoyar a Producción
Llevar a cabo reuniones con los usuarios; atender solicitudes de los usuarios, etc.	Atender a Usuarios
Ejecutar y supervisar la explotación de las aplicaciones en entorno de desarrollo.	Explotar en Desarrollo

3. Estudios de Viabilidad

PRODUCTOS / ACCIONES	ACTIVIDADES SGP
Plan de Proyecto	Planificar / Programar Proyecto
Estudio del Sistema Actual	Definir Alcance y Objetivos
Estudio del Sistema Propuesto	Identificar y Evaluar Alternativas de Solución
Elaboración del documento resultante	Presentar Informe de Estudio para Toma de Decisiones

Bibliografía de Herramientas de Gestión de Proyectos

1. Bibliografía recomendada

[Albretch - Gaffney, 1983] Albretch, A. J. and Gaffney, J. R. *Software function, source lines of code, and development effort prediction: a software science validation*. IEEE Transaction on Software Engineering, 9(6): 639-48.

[Bentley, 1982] Colin Bentley. *Computer Project Management*. C. Heyden & Son Ltd. 1982.

[Behrens, 1983] Behrens, C. A. *Measuring the productivity of computer systems development activities with function-points*. IEEE Transactions on Software Engineering, 9(6): 649-58. 1983.

[Boehm, 1981] B. W. Boehm. *Software Engineering Economics*. Englewood Cliffs, NJ Prentice-Hall, Inc., 1981.

[Fersko-Weiss, 1987-1989] Fersko-Weiss, Henry. Project Management Software. PC Magazine, 1987, 1988, 1989.

[Gilbreath, 1986] Gilbreath, Robert D. *Winning at Project Management: What Works, What Fails and Why*. John Wiley & Sons, 1986.

[Norden, 1970] Norden P. *Use tools for project management, Management of Production*, M. K. Starr (ed), Penguin Books, Baltimore, Md., 1970, 71-101.

[Putnam, 1978] Putnam, L. *A general empirical solution to the macro software sizing and estimation problem*. IEEE Transactions on Software Engineering, Vol SE-4, No. 4,(July, 1978), pp. 345-361.

[Yahdav, 1989] Yahdav, Daniel. *Resource Management: An Imperfect Science*. PC Magazine, 1989.

2. Bibliografía complementaria

[Bohem, 1976] B.W.Bohem. *Software Engineering*. IEEE Trans. Computers, Diciembre 1976, pp. 1226-1241.

[Bohem, 1997] Boehm, B.W., Abts, C., Clark, B., and Devnani-Chulani. S. *Cocomo II Model Definition Manual*. The University of Southern California. 1997.

[Cardenas, 1985] Alfonso Cárdenas. *PDM80. Prototype Development Methodology*. Computomata Intl. Co. 1985.

[Caridad, 1991] Serafín Caridad. *Metodologías de Desarrollo de Sistemas en un Ambiente de Control de Calidad*. Separata de Los Medios Informáticos de la Gestión Empresarial Pública y Privada. Publicaciones de la Fundación Alfredo Brañas. Velograf. S.A. 1991.

[Caridad, 1983] Serafín Caridad. *Metodología de Programación Estructurada*. Banco Pastor, S.A. 1983.

[Caridad - Souto, 1985] Serafín Caridad y Ramón Souto. *Control de Calidad de Seguimiento Proyectos*. Banco Pastor, S. A. 1985.

[Fleming, 1983] Fleming, Quentin W. *Put Earned Value Into Your Managemet Control System*. Publishing Horizons, 1983.

[Guido, 1985] Gido, Jack. *An Introduction to Project Planning*. Industrial Press, 1985.

[Grafton, 1986] William Grafton. *Test to Production Migration Procedures for DB/DC*. Computomata Intl. Co, 1986.

[Kerzner, 1984] Kerzner, Harold. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Van Nostrand Reinhold, 1984.

[Kerzner, 1982] Kerzner, Harold. *Project Management for Executives*. Van Nostrand Reinhold, 1982.

[Levine, 1986] Levine, Harvey A. *Project Management Using Microcomputers*. Osborne McGraw-Hill, 1986.

[Meredith-Mantel, 1985] Meredith, J.R., y S.J. Mantel, Jr. *Project Management: A Managerial Approach*. John Wiley & Sons, 1985.

[Mills, 1976] Harlan D. Mills. *Improved Programming Technologies*. IBM. IPTO Support Group. 1976.

[Moder-Davies, 1983] Moder, Joseph J., C.R. Phillips, y E.W. Davis. Project Management with CPM, PERT, and Precedence Diagramming. Van Nostrand Reinhold, 1983.

[Peat, 1980] Peat, Marwick, Mitchell & Co. *System Development Manual*. 1980.

[Putnam, 1976] Putnam L. *A macro-estimating methodology for software development*. IEEE Computer Society Comcon, Washington, D. C., September, 1976, 138-143.

[Souto, 1986] Ramón Souto. *Procedimiento de Migración de Aplicaciones a Producción*. Banco Pastor, S. A. 1986.

[Weist-Ferdinand, 1977] Weist, Jerome D., y Ferdinand K. Levy. A Management Guide to PERT/CPM. Prentice-Hall, 1977.

[Westney, 1985] Westney, Richard E. *Managing the Engineering and Construction of Small Projects*. Marcel Dekker, 1985.