

actividades. Las actividades siguientes del proyecto pueden ser reorganizadas para reducir la duración del camino crítico.

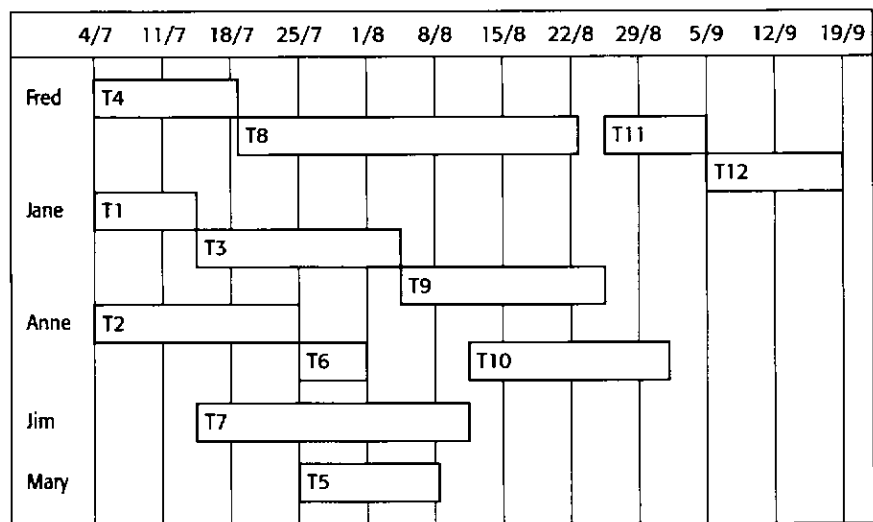
La Figura 5.7 es una forma alternativa de representar la información del calendario del proyecto. Es un gráfico de barras (algunas veces llamado gráfico de Gantt, su inventor) que muestra el calendario de un proyecto y las fechas iniciales y finales de las actividades. Algunas de las actividades que se muestran en la Figura 5.7 son seguidas por una barra sombreada cuya longitud es calculada por una herramienta de calendarización. Esto muestra que existe alguna flexibilidad en las fechas de terminación de estas actividades. Si alguna de éstas no se completa a tiempo, el camino crítico no se verá afectado hasta el final del periodo marcado por la barra sombreada. Las actividades que caen sobre dicho camino no tienen margen de error y se distinguen por no tener asociada una barra sombreada.

Además de considerar la calendarización, los gestores de proyectos también deben tener en cuenta la asignación de recursos y, en particular, la asignación de personal a las actividades del proyecto. Esta asignación puede ser introducida también desde las herramientas de gestión de proyectos, y los gráficos de barras generados muestran el personal del proyecto (Figura 5.8). Las personas no tienen por qué estar asignadas al proyecto en todo momento. Durante diferentes periodos pueden estar de vacaciones, trabajando en otros proyectos, en cursos de formación o realizando otras actividades.

Por lo general, las grandes organizaciones emplean varios especialistas para que trabajen en el proyecto cuando sea necesario. En la Figura 5.8 se puede ver que Mary y Jim son especialistas que sólo trabajan en una actividad del proyecto. Esto puede provocar problemas en la calendarización. Si un proyecto se retrasa mientras un especialista trabaja en él, puede causar efectos contundentes en los otros proyectos. Estos proyectos serán retrasados ya que el especialista no estará disponible.

## 5.4 Gestión de riesgos

Una tarea importante del gestor de proyectos es anticipar los riesgos que podrían afectar a la programación del proyecto o a la calidad del software a desarrollar y emprender acciones para



**Figura 5.8** Gráfico de asignación de personal/tiempo.

evitar esos riesgos. Los resultados de este análisis de riesgos se deben documentar a lo largo del plan del proyecto junto con el análisis de consecuencias cuando el riesgo ocurra. Identificar éstos y crear planes para minimizar sus efectos en el proyecto se llama gestión de riesgos (Hall, 1998; Ould, 1999).

De forma simple, se puede concebir un riesgo como una probabilidad de que una circunstancia adversa ocurra. Los riesgos son una amenaza para el proyecto, para el software que se está desarrollando y para la organización. Estas categorías de riesgos se definen como se muestra a continuación:

1. *Riesgos del proyecto.* Éstos afectan la calendarización o los recursos del proyecto. Un ejemplo podría ser la pérdida de un diseñador experimentado.
2. *Riesgos del producto.* Éstos afectan a la calidad o al rendimiento del software que se está desarrollando. Un ejemplo podría ser que el rendimiento en un componente que hemos comprado sea menor que el esperado.
3. *Riesgos del negocio.* Éstos afectan a la organización que desarrolla o suministra el software. Por ejemplo, que un competidor introduzca un nuevo producto es un riesgo de negocio.

Por supuesto, estos tipos no son exclusivos entre sí. Si un programador experto abandona el proyecto, esto es un riesgo para el proyecto (debido a que la entrega del sistema se puede retrasar), para el producto (debido a que un sustituto puede no ser tan experto y cometer muchos errores) y para el negocio (debido a que esa experiencia puede no contribuir a negocios futuros).

Los riesgos que pueden afectar a un proyecto dependen del propio proyecto y del entorno organizacional donde se desarrolla. Sin embargo, muchos riesgos son universales. La Figura 5.9 muestra algunos de estos riesgos.

La gestión de riesgos es importante particularmente para los proyectos de software debido a las incertidumbres inherentes con las que se enfrentan muchos proyectos. Estas incerti-

|   |                     |  |
|---|---------------------|--|
| Rotación de personal                    | Proyecto            | Personal con experiencia abandona el proyecto antes de que finalice.                               |
| Cambio de gestión                       | Proyecto            | Habrà un cambio de gestión organizacional con diferentes prioridades.                              |
| No disponibilidad del hardware          | Proyecto            | El hardware esencial para el proyecto no será entregado a tiempo.                                  |
| Cambio de requerimientos                | Proyecto y producto | Habrà más cambios en los requerimientos de lo esperado.  |
| Retrasos en la especificación           | Proyecto y producto | Las especificaciones de las interfaces esenciales no estarán a tiempo.                             |
| Subestimación del tamaño                | Proyecto y producto | El tamaño del sistema se ha subestimado.   |
| Bajo rendimiento de la herramienta CASE | Producto            | Las herramientas CASE que ayudan al proyecto no tienen el rendimiento esperado.                    |
| Cambio de tecnología                    | Negocio             | Un producto competitivo se pone en venta antes de que el sistema se complete.                      |
| Competencia del producto                | Negocio             | La tecnología fundamental sobre la que se construirà el sistema se sustituye por nueva tecnología. |

**Figura 5.9** Posibles riesgos del software.

dumbres son el resultado de los requerimientos ambiguamente definidos, las dificultades en la estimación de tiempos y los recursos para el desarrollo del software, la dependencia en las habilidades individuales, y los cambios en los requerimientos debidos a los cambios en las necesidades del cliente. Es preciso anticiparse a los riesgos: comprender el impacto de éstos en el proyecto, en el producto y en el negocio, y considerar los pasos para evitarlos. En el caso de que ocurran, se deben crear planes de contingencia para que sea posible aplicar acciones de recuperación.

La Figura 5.10 muestra el proceso de gestión de riesgos. Éste comprende varias etapas:

1. *Identificación de riesgos.* Identificar los posibles riesgos para el proyecto, el producto y los negocios.
2. *Análisis de riesgos.* Valorar las probabilidades y consecuencias de estos riesgos.
3. *Planificación de riesgos.* Crear planes para abordar los riesgos, ya sea para evitarlos o minimizar sus efectos en el proyecto.
4. *Supervisión de riesgos.* Valorar los riesgos de forma constante y revisar los planes para la mitigación de riesgos tan pronto como la información de los riesgos esté disponible.

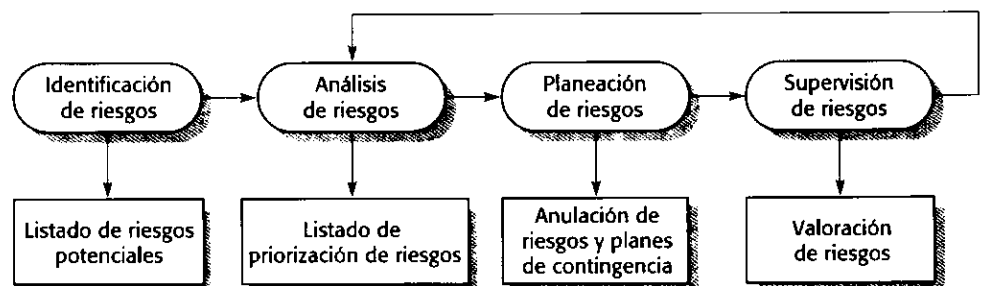
El proceso de gestión de riesgos, como otros de planificación de proyectos, es un proceso iterativo que se aplica a lo largo de todo el proyecto. Una vez que se genera un conjunto de planes iniciales, se supervisa la situación. En cuanto surja más información acerca de los riesgos, éstos deben analizarse nuevamente y se deben establecer nuevas prioridades. La prevención de riesgos y los planes de contingencia se deben modificar tan pronto como surja nueva información de los riesgos.

Los resultados del proceso de gestión de riesgos se deben documentar en un plan de gestión de riesgos. Éste debe incluir un estudio de los riesgos a los que se enfrenta el proyecto, un análisis de éstos y los planes requeridos para su gestión. Si es necesario, puede incluir algunos resultados de la gestión de riesgos; por ejemplo, planes específicos de contingencia que se activan si aparecen dichos riesgos.

### 5.4.1 Identificación de riesgos

Ésta es la primera etapa de la gestión de riesgos. Comprende el descubrimiento de los posibles riesgos del proyecto. En principio, no hay que valorarlos o darles prioridad en esta etapa aunque, en la práctica, por lo general no se consideran los riesgos con consecuencias menores o con baja probabilidad.

Esta identificación se puede llevar a cabo a través de un proceso de grupo utilizando un enfoque de tormenta de ideas o simplemente puede basarse en la experiencia. Para ayudar al pro-



**Figura 5.10**  
El proceso de  
gestión de riesgos.

ceso, se utiliza una lista de posibles tipos de riesgos. Hay al menos seis tipos de riesgos que pueden aparecer:

1. *Riesgos de tecnología.* Se derivan de las tecnologías de software o de hardware utilizadas en el sistema que se está desarrollando.
2. *Riesgos de personal.* Riesgos asociados con las personas del equipo de desarrollo.
3. *Riesgos organizacionales.* Se derivan del entorno organizacional donde el software se está desarrollando.
4. *Riesgos de herramientas.* Se derivan de herramientas CASE y de otro software de apoyo utilizado para desarrollar el sistema.
5. *Riesgos de requerimientos.* Se derivan de los cambios de los requerimientos del cliente y el proceso de gestionar dicho cambio.
6. *Riesgos de estimación.* Se derivan de los estimados administrativos de las características del sistema y los recursos requeridos para construir dicho sistema.

La Figura 5.11 proporciona algunos ejemplos de riesgos posibles en cada una de estas categorías. El resultado de este proceso debe ser una larga lista de riesgos que podrían presentarse y afectar al producto, al proceso o al negocio.

### 5.4.2 Análisis de riesgos

Durante este proceso, se considera por separado cada riesgo identificado y se decide acerca de la probabilidad y la seriedad del mismo. No existe una forma fácil de hacer esto —recae en la opinión y experiencia del gestor del proyecto—. No se hace una valoración con números precisos sino en intervalos:

- La probabilidad del riesgo se puede valorar como muy bajo (<10%), bajo (10-25%), moderado (25-50%), alto (50-75%) o muy alto (>75%).
- Los efectos del riesgo pueden ser valorados como catastrófico, serio, tolerable o insignificante.

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Tecnología</b>     | La base de datos que se utiliza en el sistema no puede procesar muchas transacciones por segundo como se esperaba.<br>Los componentes de software que deben reutilizarse contienen defectos que limitan su funcionalidad.  |
| <b>Personal</b>       | Es imposible reclutar personal con las habilidades requeridas para el proyecto.<br>El personal clave está enfermo y no disponible en momentos críticos.<br>La capacitación solicitada para el personal no está disponible. |
| <b>Organizacional</b> | La organización se reestructura de tal forma que una gestión diferente se responsabiliza del proyecto.<br>Los problemas financieros de la organización fuerzan a reducciones en el presupuesto del proyecto.               |
| <b>Herramientas</b>   | Es ineficiente el código generado por las herramientas CASE.<br>Las herramientas CASE no se pueden integrar.   |
| <b>Requerimientos</b> | Se proponen cambios en los requerimientos que requieren rehacer el diseño.<br>Los clientes no comprenden el impacto de los cambios en los requerimientos.  |
| <b>Estimación</b>     | El tiempo requerido para desarrollar el software está subestimado.<br>La tasa de reparación de defectos está subestimada.<br>El tamaño del software está subestimado.  |

Figura 5.11 Riesgos y tipos de riesgos.

El resultado de este proceso de análisis se debe colocar en una tabla, la cual debe estar ordenada según la seriedad del riesgo. La Figura 5.12 ilustra esto para los riesgos identificados en la Figura 5.11. Obviamente, aquí es arbitraria la valoración de la probabilidad y seriedad. En la práctica, para hacer esta valoración se necesita información detallada del proyecto, el proceso, el equipo de desarrollo y la organización.

Por supuesto, tanto la probabilidad como la valoración de los efectos de un riesgo cambian conforme se disponga de mayor información acerca del riesgo y los planes de gestión del mismo se implementen. Por lo tanto, esta tabla se debe actualizar durante cada iteración del proceso de riesgos.

Una vez que los riesgos se hayan analizado y clasificado, se debe discernir cuáles son los más importantes que se deben considerar durante el proyecto. Este discernimiento debe depender de una combinación de la probabilidad de aparición del riesgo y de los efectos del mismo. En general, siempre se deben tener en cuenta todos los riesgos catastróficos, así como todos los riesgos serios que tienen más que una moderada probabilidad de ocurrir.

Boehm (Boehm, 1988) recomienda identificar y supervisar los «10 riesgos más altos», pero este número parece demasiado arbitrario. El número exacto de riesgos a supervisar debe depender del proyecto. Pueden ser cinco o 15. No obstante, el número apropiado debe ser manejable. Un número muy grande de riesgos requiere obtener mucha información. De los riesgos identificados en la Figura 5.12, conviene considerar los ocho que tienen consecuencias serias o catastróficas.

|  |          |                |
|--|----------|----------------|
| Los problemas financieros de la organización fuerzan a reducir el presupuesto del proyecto.                        | Baja     | Catastrófico   |
| Es imposible reclutar personal con las habilidades requeridas para el proyecto.                                    | Alta     | Catastrófico   |
| El personal clave está enfermo y no disponible en momentos críticos.   | Moderada | Serio          |
| Los componentes de software que deben reutilizarse contienen defectos que limitan su funcionalidad.                | Moderada | Serio          |
| Se proponen cambios en los requerimientos que requieren rehacer el diseño.   | Moderada | Serio          |
| La organización se reestructura de tal forma que cambia el grupo de gestión.                                       | Alta     | Serio          |
| La base de datos que se utiliza en el sistema no puede procesar muchas transacciones por segundo como se esperaba. | Moderada | Serio          |
| El tiempo requerido para desarrollar el software está subestimado.   | Alta     | Serio          |
| Las herramientas CASE no se pueden integrar.   | Alta     | Tolerable      |
| Los clientes no comprenden el impacto de los cambios en los requerimientos.  | Moderada | Tolerable      |
| La capacitación solicitada para el personal no está disponible.  | Moderada | Tolerable      |
| La tasa de reparación de defectos está subestimada.  | Moderada | Tolerable      |
| El tamaño del software está subestimado.   | Alta     | Tolerable      |
| Es ineficiente el código generado por las herramientas CASE.   | Moderada | insignificante |

Figura 5.12 Análisis de riesgos.

### 5.4.3 Planificación de riesgos

El proceso de planificación de riesgos considera cada uno de los riesgos clave que han sido identificados, así como las estrategias para gestionarlos. Otra vez, no existe un proceso sencillo que nos permita establecer los planes de gestión de riesgos. Depende del juicio y de la experiencia del gestor del proyecto. La Figura 5.13 muestra posibles estrategias para los riesgos que han sido identificados en la Figura 5.12. Estas estrategias seguidas pueden dividirse en tres categorías.

1. *Estrategias de prevención.* Siguiendo estas estrategias, la probabilidad de que el riesgo aparezca se reduce. Un ejemplo de este tipo de estrategias es la estrategia de evitación de defectos en componentes de la Figura 5.13.
2. *Estrategias de minimización.* Siguiendo estas estrategias se reducirá el impacto del riesgo. Un ejemplo de esto es la estrategia frente a enfermedad del personal de la Figura 5.13.
3. *Planes de contingencia.* Seguir estas estrategias es estar preparado para lo peor y tener una estrategia para cada caso. Un ejemplo de este tipo de estrategia es el mostrado en la Figura 5.13 con la estrategia para problemas financieros.

Puede verse aquí una analogía con las estrategias utilizadas en sistemas críticos para asegurar fiabilidad, protección y seguridad. Básicamente, es mejor usar una estrategia para evitar el riesgo. Si esto no es posible, utilizar una para reducir los efectos serios de los riesgos. Finalmente, tener estrategias para reducir el impacto del riesgo en el proyecto y en el producto.

### 5.4.4 Supervisión de riesgos

La supervisión de riesgos normalmente valora cada uno de los riesgos identificados para decidir si éste es más o menos probable y si han cambiado sus efectos. Por supuesto, esto no se puede observar de forma directa, por lo que se tienen que buscar otros factores para dar indi-

|  |   |
|--|---|
| Problemas financieros de la organización | Preparar un documento breve para el gestor principal que muestre que el proyecto hace contribuciones muy importantes a las metas del negocio. |
| Problemas de reclutamiento               | Alertar al cliente de las dificultades potenciales y los posibles retrasos, investigar la compra de componentes.                              |
| Enfermedad de personal                   | Reorganizar el equipo de tal forma que haya solapamiento en el trabajo y las personas comprendan el de los demás.                             |
| Componentes defectuosos                  | Reemplazar los componentes defectuosos con los comprados de fiabilidad conocida.  |
| Cambios de los requerimientos            | Rastrear la información para valorar el impacto de los requerimientos, maximizar la información oculta en ellos.                              |
| Reestructuración organizacional          | Preparar un documento breve para el gestor principal que muestre que el proyecto hace contribuciones muy importantes a las metas del negocio. |
| Rendimiento de la base de datos          | Investigar la posibilidad de comprar una base de datos de alto rendimiento.   |
| Tiempo de desarrollo subestimado         | Investigar los componentes comprados y la utilización de un generador de programas.   |

Figura 5.13 Estrategia de gestión de riesgos.

cios de la probabilidad del riesgo y sus efectos. Obviamente, estos factores dependen de los tipos de riesgo. La Figura 5.14 da algunos ejemplos de los factores que ayudan en la valoración de estos tipos de riesgos.

La supervisión de riesgos debe ser un proceso continuo y, en cada revisión del progreso de gestión, cada uno de los riesgos clave debe ser considerado y analizado por separado.

|                |  |
|----------------|--|
| Tecnología     | Entrega retrasada del hardware o de la ayuda al software, muchos problemas tecnológicos reportados.  |
| Personal       | Baja moral del personal, malas relaciones entre los miembros del equipo, disponibilidad de empleo.   |
| Organizacional | Chismorreos organizacionales, falta de acciones por el gestor principal.   |
| Herramientas   | Rechazo de los miembros del equipo para utilizar herramientas, quejas acerca de las herramientas CASE, peticiones de estaciones de trabajo más potentes. |
| Requerimientos | Peticiones de muchos cambios en los requerimientos, quejas del cliente.  |
| Estimación     | Fracaso en el cumplimiento de los tiempos acordados, y en la eliminación de defectos reportados.   |

**Figura 5.14** Factores de riesgo.



## PUNTOS CLAVE

- Es esencial una buena gestión de proyectos de software para que los proyectos de ingeniería de software se desarrollen a tiempo y según presupuesto.
- La gestión de proyectos de software es diferente a la gestión de otro tipo de ingenierías. El software es intangible. Los proyectos pueden ser nuevos o innovadores, por lo que no existe un conjunto de experiencias para guiar su gestión. El proceso del software no se comprende del todo.
- Los gestores de software tienen diversos papeles. Sus actividades más significativas son la planificación, estimación y calendarización de los proyectos. La planificación y la estimación son procesos iterativos. Tienen continuidad a lo largo del proyecto. En cuanto se tenga más información, se deben revisar los planes y calendarios.
- Un hito de un proyecto es el resultado predecible de una actividad en el que se debe presentar un informe del progreso a la gestión. Los hitos ocurren de forma frecuente en un proyecto de software. Una entrega es un hito que se entrega al cliente del proyecto.
- La calendarización de proyectos implica la creación de varias representaciones gráficas de partes del plan del proyecto. Éstas incluyen redes de actividades que muestran las interrelaciones de las actividades del proyecto y gráficos de barras que muestran la duración de dichas actividades.
- Se deben identificar y valorar los riesgos mayores del proyecto para establecer su probabilidad y consecuencias para éste. En cuanto a los riesgos más probables y potencialmente serios, se deben hacer planes para anularlos, gestionarlos o tratarlos. Estos riesgos se deben analizar de manera explícita en cada reunión del progreso del proyecto.