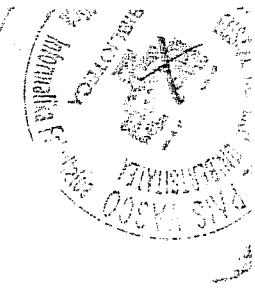


NA 1058353
NEC



EL PROYECTO FIN DE CARRERA EN INGENIERÍA INFORMÁTICA: UNA GUÍA PARA EL ESTUDIANTE



002211792

UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA
FACULTAD DE INFORMATICA-INFORMATIKA FAKULTATEA
SAN SEBASTIÁN - DONOSTIA

N.º de Registro 19.341

Fecha 4-XII-03 N.º ITEM

Signatura A-001.8 DIRE

Firma 001.8

1. Investigación - Metodología
2. Información - Estado del
en desarrollo

Índice

<i>Prólogo</i>	<i>xi</i>
<i>Prólogo a la edición española</i>	<i>xiii</i>
<i>Prefacio.....</i>	<i>xv</i>
Capítulo 0. El papel del proyecto fin de carrera en ingeniería informática	1
0.1. Introducción.....	1
0.2. Una perspectiva histórica de los estudios de ingeniería informática	2
0.3. Aspectos de organización académica de los proyectos fin de carrera	3
0.4. Proyecto académico y proyecto empresarial.....	8
Capítulo 1. ¿Qué es un proyecto fin de carrera en informática?.....	11
1.1. Introducción.....	11
1.2. ¿Qué es la investigación?	12
1.3. El proceso de investigación.....	16
1.4. Clasificar la investigación	20
1.5. ¿Qué son los proyectos?.....	23
1.6. Resumen	26
1.7. Ejercicios	26
PARTE I: PREPARACIÓN DE LAS BASES PARA EL PROYECTO	
Capítulo 2. Elegir un proyecto y escribir una propuesta.....	29
2.1. Introducción.....	29
2.2. Elegir un proyecto	29
2.3. Preparar una propuesta de proyecto	35
2.4. Elegir un supervisor	41
2.5. Resumen	41
2.6. Ejercicios	42
Capítulo 3. Planificación del proyecto	43
3.1. Introducción.....	43
3.2. Definición del proyecto	44

3.3.	Planificación del proyecto	46
3.4.	Resumen	58
3.5.	Lecturas adicionales	60
3.6.	Ejercicios	60

PARTE II: REALIZACIÓN Y GESTIÓN DEL PROYECTO

Capítulo 4. Búsqueda y revisión de la bibliografía 63

4.1.	Introducción.....	63
4.2.	El proceso de investigación bibliográfica	66
4.3.	Búsqueda bibliográfica.....	68
4.4.	Gestionar la información.....	74
4.5.	Evaluación crítica	76
4.6.	Escribir revisiones bibliográficas	77
4.7.	Resumen	80
4.8.	Lecturas adicionales	81

Capítulo 5. Realización del proyecto 83

5.1.	Introducción.....	83
5.2.	Enfrentarse a los problemas	86
5.3.	Organizarse el tiempo.....	89
5.4.	Cómo utilizar al director del proyecto	96
5.5.	Trabajar en equipo.....	99
5.6.	Resumen	103
5.7.	Lecturas adicionales	104
5.8.	Ejercicios	104

PARTE III: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Capítulo 6. La redacción de la memoria 107

6.1.	Introducción.....	107
6.2.	Redactar y estructurar la memoria	108
6.3.	Redactar resúmenes	115
6.4.	Presentación de datos	116
6.5.	Referencias	127
6.6.	Documentar el software	134
6.7.	Temas adicionales.....	137
6.8.	Resumen	138
6.9.	Lecturas adicionales	138
6.10.	Ejercicios	138

Capítulo 7. Presentación del trabajo	139
7.1. Introducción.....	139
7.2. Presentaciones orales.....	140
7.3. Probar el software.....	149
7.4. Defensa del proyecto.....	152
7.5. Resumen	155
7.6. Lecturas adicionales	156
Capítulo 8. Consideraciones finales	157
8.1. Introducción.....	157
8.2. El cierre del proyecto fin de carrera.....	158
8.3. Evaluación del coste del proyecto.....	159
8.4. Seguir desarrollando el proyecto.....	161
8.5. El futuro.....	163
8.6. Resumen	166
8.7. Ejercicios	166
Bibliografía.....	167

Prólogo

Los proyectos son un componente cada vez más importante, en la práctica totalidad de las actuales titulaciones universitarias relacionadas con la informática y los sistemas de información, cualquiera que sea su nivel académico (estudios de pregrado y postgrado). El desarrollo de estos proyectos académicos requiere que el estudiante domine un importante número de destrezas y capacidades, aparentemente dispersas entre sí, aunque extraordinariamente importantes para su formación profesional: efectuar una correcta revisión bibliográficas, redactar informes o memorias, documentar adecuadamente el software, capacidad de presentación de resultados propios, planificación temporal y de recursos, conocimientos en la gestión de proyectos, etc. El dominio de todas estas áreas es un objetivo a conseguir por el propio estudiante por sí mismo, ya que las instituciones académicas asumen y esperan que hayan sido adquiridas como parte del propio proceso de aprendizaje y formación universitaria.

Aunque existen textos que cubren parte de estos temas con gran detalle, en nuestro conocimiento no existe ninguno que se ocupe en su totalidad de estos temas de forma estructurada y específicamente dirigida a los estudiantes de informática, en sus distintas titulaciones universitarias. Este texto trata de cubrir esta carencia y proporciona los fundamentos de este conjunto de habilidades tan necesarias para que los estudiantes de informática puedan completar de forma satisfactoria sus respectivos proyectos.

El libro se estructura de una manera cronológica, esto es, siguiendo secuencialmente las principales fases que hay que cubrir para desarrollar un proyecto académico. Se empieza con una introducción general a la investigación y al concepto de proyecto informático, para a continuación organizar su contenido en tres secciones principales:

Poniendo las bases del proyecto. Esta sección cubre las habilidades y conocimientos que serán necesarios durante las primeras fases del proyecto informático. Se describen temas tales como la forma de decidir o escoger un proyecto, cómo redactar una propuesta del mismo y cómo planificarlo adecuadamente.

Desarrollo del proyecto. Esta sección se ocupa de las técnicas de desarrollo de proyecto que se tienen que tener en cuenta durante la fase en la que realmente se está trabajando en él; esto incluye: el proceso de revisión bibliográfica y la obtención de la información imprescindible para su desarrollo, la planificación y el control del tiempo, así como la relación a establecer entre el estudiante y el tutor o supervisor del proyecto.

Presentación del proyecto. La parte final de todo proyecto académico consiste en la redacción de una memoria final y, normalmente, una presentación oral. Esta sección cubre los conocimientos y destrezas que son necesarios para que este proceso general de presentación final recoja de la mejor forma posible los resultados obtenidos y ponga de manifiesto todo lo que el estudiante ha aprendido y aportado durante el desarrollo del proyecto.

El contenido del presente libro se basa en la experiencia de varios años, en tres módulos relacionados con métodos de investigación, que se han impartido en la Universidad de Derby. Uno de estos módulos se desarrolló para formar a estudiantes de pregrado en la preparación de su proyecto final de carrera en ciencias de la computación y en sistemas de información. Otro módulo estaba dirigido a estudiantes de segundo ciclo (Master in Sciences) en informática, y un tercero tenía como objetivo la preparación de estudiantes tercer ciclo desde una óptica universitaria más amplia.

Quisiera aprovechar esta oportunidad para expresar mi agradecimiento a todos aquéllos que me han ayudado y animado en el proceso de redacción de este libro. Ello incluye a todos los colegas que me han proporcionado su consejo técnico, así como, quizás lo más importante, el ánimo y el apoyo que he recibido tanto de mi esposa Sara como de mi madre.

Christian Dawson
Marzo 1999

Prólogo a la edición española

Los estudios de ingeniería informática, tanto la técnica o de primer ciclo como la de primer y segundo ciclo o superior, son relativamente jóvenes, ya que hasta la reforma de principios de los años noventa eran respectivamente diplomaturas y licenciaturas. Aunque existe una continuidad entre los títulos antiguos y las ingenierías actuales, quizás la novedad más importante que registran los distintos planes de estudios sea la existencia explícita de un proyecto fin de carrera que culmina el proceso formativo del futuro profesional, en línea con la tradición del resto de ingenierías, tanto en nuestro sistema educativo, como en el anglosajón u otros.

Esta evolución académica reciente posiblemente explique en parte la carencia en la bibliografía castellana de un texto que ayude al estudiante en la elaboración de su proyecto fin de carrera, cuando este tipo de textos sí existen en otras ramas más consolidadas de la ingeniería. Aunque sí existen excelentes libros relacionados con la gestión y elaboración de proyectos informáticos, vistos desde el punto de vista de la práctica profesional del ingeniero informático, es evidente que el proyecto académico presenta unas particularidades que aconsejan completar esta visión del proyecto informático profesional, para que el estudiante pueda enfrentarse con éxito a esta tarea que va a culminar su proceso de formación en su fase de formación en la universidad. Bien es cierto que los autores del presente texto damos por hecho que el estudiante ha asumido que su proceso de formación y puesta al día no termina con la obtención de un título oficial.

El profesor Dawson al escribir su libro, y Pearson Education al editar lo en el año 2000, hicieron un esfuerzo importante y casi definitivo en este sentido, pero como no podía ser de otra manera, debido a las diferencias existentes en los diversos sistemas universitarios, existía la necesidad de hacer un proceso tanto de adaptación como de explicación de las analogías y diferencias existentes entre el sistema anglosajón y el español. Al completar ahora, el trabajo del profesor Dawson desde la óptica del sistema español, con la experiencia de 5 años de docencia en este campo, creemos que hacemos una aportación que será válida, no sólo para los estudiantes del nuestro sistema universitario, sino para la totalidad de las universidades hispanoparlantes.

Lo que aquí se plantea es tanto una adaptación de un libro anglosajón como la plasmación de la experiencia acumulada tras haber juzgado y supervisado el trabajo de estudiantes y tutores de más de cien proyectos fin de carrera leídos en la Universidad de Valencia. Vaya aquí mi agradecimiento a todos los profesores que han dirigido y tutorizado proyectos y a todos los estudiantes que han tenido que pasar largas horas puliendo sus proyectos. Gracias por haberme enseñado tanto a través de sus memorias y exposiciones. Promoción tras promoción, la experiencia me ha proporcionado la convicción y el pequeño orgullo de saber que este ejercicio, el desarrollo y defensa del proyecto fin de carrera, es un paso, nada banal y

extraordinariamente útil, para la legítima aspiración de formar unos futuros buenos profesionales informáticos, tanto desde el punto de vista técnico como ético.

Mi esposa Pepa es el otro objeto de mi profundo agradecimiento al terminar esta redacción. Es sólo un pequeño acto de justicia y reconocimiento a la compañera de mi vida.

Gregorio Martín
Valencia, abril 2002

Prefacio

La petición de Gregorio Martín para que prologara este libro sobre la realización de proyectos en las carreras de ingeniería informática hizo que revivieran en mí todas las relaciones que he tenido con estos proyectos.

La primera fue cuando, al acabar mis estudios de ingeniería industrial, tuve que realizar el correspondiente proyecto. Era en la primera mitad de los sesenta, y entonces, en mi escuela, los proyectos eran realmente proyectos que constaban de cuatro apartados fundamentales: memoria, planos, presupuesto y pliego de condiciones. Y he dicho que era realmente un proyecto, porque no había ninguna realización.

Mi segunda relación fue en la segunda mitad de los años setenta, cuando la primera promoción de la Facultat d'Informàtica de Barcelona acabó la carrera y sus componentes tuvieron que realizar el correspondiente trabajo al final de sus estudios. Y digo trabajo y no proyecto, porque en aquellos tiempos la titulación que se impartía era la de licenciado en Informática. Hubo numerosas reuniones y discusiones sobre lo que podía y debía ser ese trabajo. La conclusión fue que:

- El alumno tenía que demostrar a través de ese trabajo que había asimilado el conjunto de conocimientos de la carrera.
- Podía tratarse tanto de un trabajo teórico como aplicado.
- Podía ser tanto un proyecto, como un estudio o una realización.

Se planteó también la discusión sobre si:

- El cuadro de profesores del centro tenía que plantear una lista de trabajos o si los alumnos tenían que buscar el director del trabajo y el tema del mismo.
- El trabajo tenía que ser realizado dentro del centro universitario o podía hacerse fuera en el marco de alguna empresa.
- El trabajo tenía que ser único o el mismo trabajo podía asignarse a distintos alumnos de la misma o distinta promoción.

Cuando en la Facultat d'Informàtica (posteriormente transformada en Escola Politècnica Superior) de la Universitat de les Illes Balears se puso en marcha la licenciatura en Informática y, posteriormente, la ingeniería en Informática, volvieron a plantearse las mismas cuestiones y discusiones.

Tanto en un centro como en el otro participé (y sigo participando) como miembro de los tribunales que evalúan dichos trabajos y proyectos.

Para mí, el proyecto debe ser, como ya he dicho, un trabajo que ponga de manifiesto la asimilación de los conocimientos adquiridos por el alumno a largo de la carrera, que no es necesario que sea original, y que es conveniente que se realice en un marco tan real como

sea posible, bien sea como parte de un proyecto de investigación de un grupo de trabajo de la universidad o bien en el marco de alguna empresa.

Después de leer selectivamente este libro, me di cuenta de que analizaba la problemática que había vivido en los dos centros en los que tuve que participar en la definición de lo que debía ser un proyecto fin de carrera, y respondía a lo que el alumno debe hacer para realizar un proyecto de final de carrera (lo recalco ya que un proyecto de final de carrera no es un proyecto informático en sentido profesional) desde el momento en que empieza a pensar en ello, con la búsqueda del tema y el director, hasta su presentación y defensa, pasando por todas las fases de realización (con los consiguientes estados de euforia y desánimo por los que se pasa).

Para concluir, permítaseme explicar una pequeña anécdota que pone de manifiesto la diferencia que hay entre un proyecto fin de carrera y un proyecto profesional en el ámbito que sea. Durante unos años formé parte de la junta de la Associació d'Enginyers Industrial de Catalunya, que anualmente premia los mejores proyectos fin de carrera en las escuelas catalanas de esta carrera, y tuve que formar parte de la comisión que evaluaba los proyectos presentados para obtener ese premio. Uno de ellos trataba de una instalación de riego por goteo. Era un magnífico proyecto desde el punto de vista profesional, listo para su realización. Sin embargo, muchas de las decisiones de diseño que se tomaban, eran dictadas por la experiencia y sin ninguna justificación, es decir, no eran el resultado de la aplicación de los conocimientos impartidos en la carrera para determinar el caudal, los puntos de goteo y su diámetro para que la cantidad de agua recibida por la planta fuera la adecuada. Este proyecto no tuvo premio. Creo que esta anécdota pone de manifiesto con claridad lo que se espera de un proyecto fin de carrera y su diferencia con respecto a un proyecto profesional.

Pues bien, este libro explica a los alumnos como deben plantearse la realización de un proyecto fin de carrera de ingeniería informática, que como he dicho no tiene por qué coincidir con un proyecto profesional. Por la oportunidad y por el interés de la obra, este libro viene a llenar un hueco que existía en la bibliografía castellana para los estudiantes de ingeniería informática. Por todo ello, vaya desde aquí mi felicitación al autor, al traductor y al editor.

Ramón Puigjaner
Catedrático de Universidad de Arquitectura y Tecnología de Computadores
Presidente de la CODDI (Conferencia de Decanos y Directores
de centros universitarios de informática)

CAPÍTULO 0

El papel del proyecto fin de carrera en ingeniería informática

Propósito

Situar el proyecto fin de carrera dentro del proceso de formación del ingeniero informático en los distintos sistemas universitarios.

Objetivos de aprendizaje:

Al completar este capítulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Tener una perspectiva histórica de los estudios de ingeniería informática.
- Conocer las diferencias y analogías entre los distintos sistemas educativos universitarios en cuanto a la ingeniería informática, así como el papel que en ellos juega el proyecto fin de carrera.
- Distinguir los proyectos académicos de los empresariales.

0.1. Introducción

Los estudios universitarios tienen la obligación de evolucionar tanto de acuerdo con el avance científico-tecnológico como con las demandas profesionales que se generan, manteniendo los principios que justifican la existencia de la propia institución universitaria. Las posibles disfunciones que aquejan a los distintos sistemas educativos hunden sus raíces en lo más hondo de la historia de cada país. En el caso de la ingeniería informática, las causas son incluso más complicadas por razón de la materia misma y su rápida evolución.

Aunque ahora sea un debate superado, durante mucho tiempo se discutió si se estaba ante una ciencia o se trataba simplemente de una técnica. El debate no era baladí, pues de él dependía en gran medida el papel que se asignaría a las universidades y al sistema de formación reglada en la preparación de estos nuevos profesionales.

Tomando como ejemplo la situación en España, cuando la enseñanza informática se oficializó ya trabajaban en el sector decenas de miles de autodidactas, muchos de ellos sin titulación específica alguna, pero que realizaban una meritaria labor en su campo después de años de constante esfuerzo personal. Surgió entonces el problema de las convalidaciones, que cobró una inusitada virulencia, ya que tras el objetivo de conseguir un diploma universitario, existían unos móviles justos y defendibles, como eran el salario y el establecimiento de una carrera profesional, como ocurre con otras ingenierías más tradicionales.

0.2. Una perspectiva histórica de los estudios de ingeniería informática

Según Luis Arroyo (*Informática*, Espasa-Calpe, 1991), los primeros en llegar a la profesión fueron los contratados para trabajar en las casas fabricantes de computadores, titulados superiores en su mayoría, que seguían un curso de formación intensiva de un mínimo de un año. Los encargados de impartir estas enseñanzas eran empleados o expertos procedentes de otras oficinas del fabricante en el extranjero. El papel que desempeñaron estas promociones de profesionales fue decisivo, pues sobre ellas recaía tanto la formación de los clientes, nuevos usuarios de la informática, como la puesta en marcha de sus aplicaciones.

Ante el auge espectacular de la informática, empezaron a proliferar los centros privados de enseñanza a los cuales acudían miles de jóvenes atraídos por un futuro que, entonces, imaginaban brillante y bien remunerado. Ingenieros industriales en telecomunicaciones, físicos y matemáticos, entre otros, por especialización dentro de su propia carrera, tuvieron acceso a tareas de tipo científico en las que pudieron familiarizarse con el uso del computador y con temas relacionados con la informática; en consecuencia, fueron los titulados que ocuparon estos primeros puestos de trabajo.

A lo largo de los años sesenta, el conflicto de los profesionales ya era importante, y esta crisis tuvo también efectos positivos, en tanto que supuso un reforzamiento de los movimientos asociativos y una toma de conciencia sobre la profesión que los informáticos mantuvieron en épocas posteriores. En marzo de 1969 se creó un Instituto de Informática, dependiente del Ministerio de Educación y Ciencia, con sede en Madrid, y se regularon las enseñanzas de la misma.

En agosto de 1971 se publicó la Orden Ministerial sobre la revalidación de títulos del Instituto de Informática para profesionales; sin embargo, se trataba de una norma parcial e instrumentalista, que todavía no supuso la integración plena de la informática en el sistema educativo español.

Después de años de aparente estancamiento, no exento de discusiones y enfrentamientos, se desarrolló la normativa que configuró el marco legal para la docencia de esta profesión. La síntesis de esta normativa podría ser la siguiente:

En febrero de 1976 se publicó el Decreto sobre la estructuración de las enseñanzas dentro del actual sistema educativo. Se estableció que las enseñanzas de informática se desarrollarían a través de la educación universitaria y de la formación profesional. En marzo, del mismo año, se crearon facultades de informática en Barcelona, Madrid y San Sebastián, y en junio, se detalló la impartición de las enseñanzas en las facultades de informática.

Como ya hemos apuntado, en realidad, la enseñanza de la informática no estaba ausente de la enseñanza universitaria como materia o asignatura; así, por ejemplo, la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia, en su plan de estudios de 1975, ofertaba la especialidad de “Electricidad, Electrónica e Informática” dentro de la licenciatura de ciencias físicas, adelantándose, incluso en un año, a la creación de las primeras facultades de informática. Después de estas primeras medidas vendría el establecimiento de un título de grado medio, la diplomatura de informática; éstos que fueron los primeros estudios reglados en la materia que se pusieron en marcha en muchas universidades españolas.

Habría que esperar hasta el desarrollo de la Ley de Reforma Universitaria de 1983 (que en su artículo 28.1 dice: “El Gobierno, a propuesta del Consejo de Universidades, establecerá los títulos que tengan carácter oficial y validez en todo el territorio nacional, así como

las directrices generales de los planes de estudio que deban cursarse para su obtención y homologación”), para que los títulos de informática pasaran de ser considerados licenciaturas a ser ingenierías, y de diplomaturas a ingenierías técnicas. Ello supuso el respaldo para la introducción de la figura del “proyecto fin de carrera” como requisito básico para la formación del futuro titulado. Éste es un tema que vamos a tratar a continuación.

0.3. Aspectos de organización académica de los proyectos fin de carrera

Aunque el término “proyecto” no figura en las materias troncales de ingeniería informática en España, no es menos cierto que aparece, en las regulaciones oficiales de ingeniero informático, la materia troncal *Sistemas informáticos*, con 15 créditos de carácter práctico, y con unos descriptores tan amplios como: *Metodología de análisis. Configuración, diseño, gestión y evaluación de sistemas informáticos. Entornos de sistemas informáticos. Tecnologías avanzadas de sistemas información, bases de datos y sistemas operativos. Proyectos de sistemas informáticos*, por lo que no es extraño que la mayor parte de las universidades la hayan asimilado a un proyecto fin de carrera similar al existente en otras ingenierías. La extensión de los descriptores de la materia y la adjudicación de créditos de carácter no teórico indicaban esta intencionalidad del legislador. Un análisis de los planes de estudio de las distintas universidades españolas y foráneas confirmaba esta idea.

Aunque en algunos planes de estudio no figure explícitamente como tal la denominación de proyecto fin de carrera, sí podemos afirmar que la ingeniería informática exige en España, en los países latinoamericanos y en los de habla no hispana, la realización de un “proyecto” como culminación de la formación universitaria en materia de ingeniería informática.

Posiblemente la no utilización del término “proyecto” en estos planes de estudio sea para evitar la confusión con el de “proyecto informático”, que incluye una serie de destrezas profesionales que no son propias de un proyecto estrictamente académico, sino más bien de una práctica profesional, y que también deben ser dominadas por un ingeniero informático. El objetivo del presente texto es desarrollar los elementos relacionados con el proyecto académico, sin que importe mucho que se le designe o no “proyecto fin de carrera” por parte de cada universidad en particular.

Es curioso que esta misma ambigüedad formal, en cuanto a la denominación del proyecto, se encuentra también en el ámbito anglosajón; así, el *Computer Curricula 2001* de la ACM/IEEE refiere como componente final dentro de su modelo curricular de cuatro años de duración, con carácter cuasiobligatorio, la inclusión del curso *CS490*, que titula *Capstone Project*, cuya traducción como “proyecto fin de carrera” puede considerarse correcta.

Según señala este importante e influyente informe de la IEEE/ACM: “Este curso proporciona a los estudiantes la oportunidad de mejorar determinadas habilidades, que quizás no hayan sido desarrolladas del todo en el marco habitual de la enseñanza tradicional. Éste es el caso del trabajo en equipo, la interacción con el usuario, el desarrollo formal de especificaciones, la revisión de revistas de investigación, la construcción de prototipos y la capacidad para hacer presentaciones orales”. Como puede verse, en sistemas educativos como el español, no estamos alejados de lo que viene haciéndose en el ámbito geográfico y cultural de EE.UU., que está siendo considerado como referencia para los estudios de informática.

0.3.1. Análisis comparativo de los estudios informáticos de los sistemas español y anglosajón

En los distintos sistemas universitarios la titulación de informática está estructurada del siguiente modo:

Sistema español

- Estudios de primer ciclo:

Duración: 3 años.

Titulación: Ingeniero técnico de informática de gestión.

Ingeniero técnico de informática de sistemas.

Proyecto fin de carrera: Figura en los planes de estudio en la mayoría de las universidades.

- Estudios de segundo ciclo.

Duración: 5 años.

Titulación: Ingeniero informático.

Proyecto fin de carrera: En todas las universidades.

- Estudios de doctorado: Tercer ciclo + tesis.

Sistema anglosajón

- Estudios de pregrado (Undergraduate).

Duración: 3 ó 4 años.

Titulación: Graduado.

Proyecto fin de carrera: *Undergraduate Project* (aunque no en todas las universidades).

- Estudios de postgrado o máster (Postgraduate).

Duración: 1 ó 2 años.

Titulación: Máster en alguna especialidad propia de cada universidad.

Proyecto: *Postgraduate Project*.

- Estudios de doctorado (Philosophical Doctor): Cursos avanzados + tesis.

Desgraciadamente, a nivel europeo no existe una visión común de las titulaciones universitarias en general, ni de las de informática en particular; por esta razón, en Bolonia, en junio de 1999, 29 países firmaron una declaración, que lleva el nombre de la ciudad italiana, conducente a la construcción de un “Espacio Europeo de Enseñanza Superior”, con el horizonte de conseguir su aplicación en 2010.

Los seis objetivos de la Declaración de Bolonia son:

- La adopción de un sistema de titulaciones fácilmente legible y comparable mediante la implantación, entre otras cosas, de un suplemento al diploma.
- La adopción de un sistema basado, fundamentalmente, en dos ciclos principales: pregrado y postgrado. El título otorgado al terminar el primer ciclo tendrá que tener un valor específico en el mercado de trabajo europeo. El segundo ciclo llevará a la obtención de un máster.
- El establecimiento de un sistema de créditos normalizado, como el sistema ECTS.
- La promoción de la cooperación europea para asegurar un nivel de calidad para el desarrollo de criterios con metodologías comparables.
- La promoción de una necesaria dimensión europea en la educación superior, con particular énfasis en el desarrollo curricular.
- La promoción de la movilidad y remoción de obstáculos para el ejercicio libre de la misma, por los estudiantes, profesores, y la personal administrativo de las universidades y otras instituciones de enseñanza superior europea.

En conclusión, y a la espera de que la Declaración de Bolonia acabe estableciendo estas normas comunes para todas las universidades europeas, que permitirán la equiparación de títulos con el resto de países del mundo, hay que distinguir *tres tipos* de proyectos informáticos académicos: *pregrado, postgrado y doctorado*.

0.3.2. *El concepto de Master en el sistema anglosajón*

Con un cierto abuso del término, la mayor parte de este libro, que ha tomado como referencia un texto británico, se referirá al proyecto fin de carrera de la ingeniería informática, asumiendo que su nivel puede ser parecido, con todas las cautelas, al proyecto de *Master* para el caso inglés (cuyo grado son sólo tres años), o al pregrado americano (que suele tener 4 años).

En el sistema anglosajón, los títulos de nivel de *Master* en materias relacionadas con la informática se pueden clasificar en cuatro tipos: *conversión, intensificación, desarrollo profesional, y dirigido a la investigación*.

- *Conversión*. Dirigido a estudiantes que se han graduado en disciplinas afines, aunque distintas a la informática, y que ahora desean centrarse y profundizar más en ella. El proyecto de MSc de *conversión* normalmente permite al estudiante demostrar un conocimiento detallado de un área dentro del campo de la informática. El proyecto, a menudo, abarcará el trabajo de varios de los módulos que el estudiante ha cursado durante el *Master*, proporcionando un grado de revisión del material estudiado, y normalmente incluirá el desarrollo de un sistema que tenga en cuenta los avances más recientes del área. El proyecto suele llevar a obtener un prototipo que sea ilustrativo de la investigación o desarrollo asignado al estudiante, como por ejemplo mostrar el potencial o evaluar un producto de una tecnología en particular. Se espera que los contenidos del informe o memoria final demuestren la capacidad del estudiante, en la práctica, para obtener soluciones a problemas, incluyendo investigación-análisis, diseño, síntesis, y una valoración crítica del campo estudiado.
- *Intensificación*. Es una ruta conducente a la especialización y a estar al día en una determinada área; no necesariamente supone el desarrollo de nuevas ideas o productos.

El proyecto de *Master de intensificación* normalmente tiene como objetivo permitir que los estudiantes muestren un buen conocimiento en un área concreta dentro del campo de la informática. Igual que en el caso del proyecto de MSc de conversión, el proyecto a menudo abarcará el trabajo de varios de los módulos que los estudiantes ya han visto. Sin embargo, se espera que la profundidad de la investigación y evaluación sean mayores que en el caso de un proyecto de conversión. El informe final deberá, por tanto, demostrar una mayor profundidad en el entendimiento y comprensión del contexto del campo de trabajo seleccionado y un claro dominio de los desarrollos recientes dentro del área. Se espera que contenga nuevos conocimientos, en forma de una evaluación de los desarrollos recientes que podrían contribuir a la solución del problema abordado en el proyecto.

- *Desarrollo profesional.* Va dirigido a estudiantes que, estando ya en la empresa y en la práctica profesional, desean conseguir más conocimientos en las áreas en las que ya trabajan profesionalmente, pero que carecen de las cualificaciones oficiales correspondientes.

El proyecto de MSc de *desarrollo profesional* normalmente tiene como objetivo permitir a los estudiantes incorporar su experiencia profesional a los conocimientos académicos cursados durante los módulos del *Master*. Se supone que, en este campo, el participante sabrá investigar con solvencia sobre su tema y estará en condiciones de proporcionar una solución acertada a un problema determinado basándose en su propia experiencia profesional. Se espera que el área de trabajo abarque los temas de varios de los módulos que el estudiante ha visto, y también que pueda recurrir a sus experiencias del trabajo diario. El proyecto puede entonces estar basado en el lugar de trabajo habitual, con el apoyo de compañeros y empleados. De acuerdo con lo anterior, se suele esperar que la memoria adopte la forma de: un prototipo de software; un análisis de las prácticas habituales actuales dentro de una empresa o industria (junto con recomendaciones de cambios); una especificación; etc.

- *Basados en la investigación.* Están dirigidos a aquellos estudiantes que desean especializarse en un área concreta, para la que un entorno informático es un prerequisito esencial; pensemos, por ejemplo, en lo que ocurre en la actualidad con la bioinformática. El proyecto de MSc de *investigación* suele tener como principal objetivo que los estudiantes obtengan experiencia en dirigir un proyecto de investigación significativo, en un área asociada a su nueva especialidad, y en documentar la investigación a través de un informe. Se espera que esta memoria establezca el contexto de investigación, proporcione un análisis crítico del trabajo actual, y demuestre una comprensión, capacidad y dominio profundo de temas de investigación específicos que están asociados al área del proyecto. Es esencial que el criterio de la evaluación se establezca antes del comienzo del proyecto. En este caso, suele ser menos frecuente que el trabajo del proyecto dé como resultado un producto software.

0.3.3. Diferencias entre el proyecto fin de carrera y la tesis doctoral

Al contrario de lo que se espera de una tesis doctoral, después de todo lo dicho debe quedar claro que en el proyecto fin de carrera no se espera que se haga una contribución importante al mundo del conocimiento, aunque sí que se trabaje con los últimos conocimientos y con las herramientas más modernas y aceptadas y que se demuestre una autonomía y criterios propios debidamente madurados, de forma que se garantice la incorporación del estudiante

al mundo profesional con unos conocimientos actualizados y con habilidades basadas en una formación sólida.

La Figura 0.1 trata de mostrar el contexto habitual de lo que sería un proyecto fin de carrera. Como se observa, en él se combinan más de un campo de trabajo, que se suponen ya conocidos. No interesa tanto el conocimiento original que se aporte como la capacidad del estudiante para enlazar correctamente los distintos aspectos, mostrando un buen dominio de cada uno de ellos. Sólo se exige que el proyecto quede bien enmarcado en un contexto más bien amplio, y que en él aparezcan apreciaciones personales y desarrollos correctos en el área elegida. Normalmente, los examinadores de los proyectos de estos candidatos se interesan por las ideas propias de cada estudiante, las interpretaciones de lo que han realizado, y la claridad de conceptos manejados en su trabajo.

Por su parte, la Figura 0.2 trata de esquematizar la perspectiva de un proyecto más próximo a una tesis doctoral, donde es obligada la ejecución de una investigación estrictamente original. Aquí no sólo se espera que se integren los conocimientos y habilidades de un mayor número de campos de conocimiento, sino que se intente contribuir al conocimiento general, llenando un hueco que pueda existir y que el estudiante ha identificado. El tratamiento del contenido de una memoria de tesis doctoral está fuera de la óptica de este texto, centrado en el proyecto fin de carrera, por lo que no volveremos a referirnos a este tipo de trabajo académico que pertenece al tercer ciclo universitario.

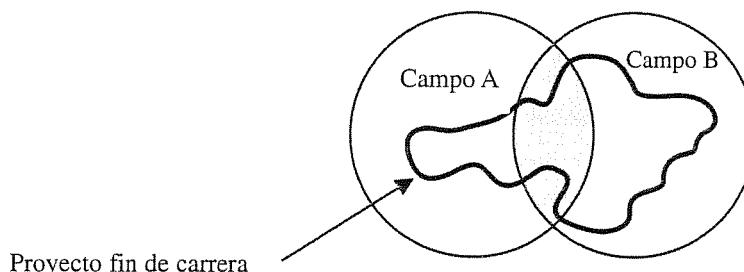


Figura 0.1. *Un proyecto fin de carrera cuyo contexto se sitúa entre dos campos de trabajo*

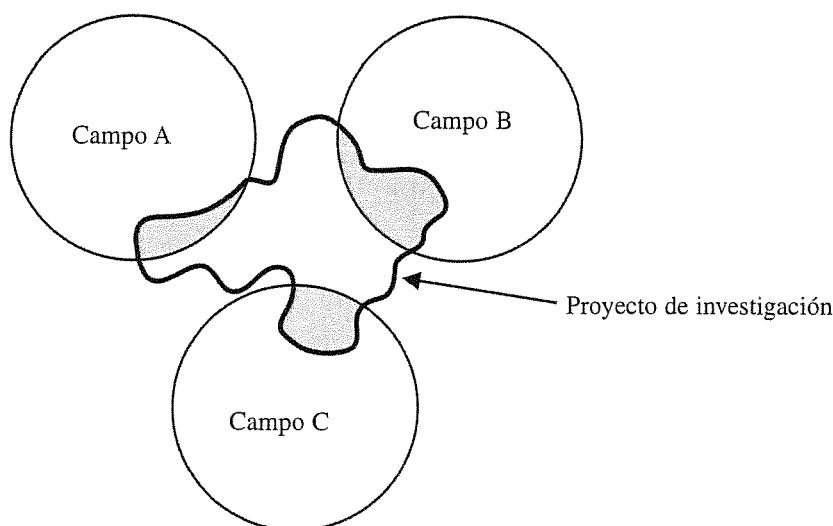


Figura 0.2. *Un proyecto de investigación más próximo a una tesis doctoral que une tres áreas de conocimiento previamente sin relación entre sí*

0.4. Proyecto académico y proyecto empresarial

La informática es, como toda ingeniería, una titulación con una fuerte orientación profesional ligada muchas veces a la actividad empresarial e industrial. Como ya hemos señalado, el “proyecto informático profesional” no coincide plenamente, ni se pretende, con el “proyecto académico”. El proyecto informático ligado a una empresa tiene unas componentes que ya se estudian a lo largo de la carrera, y precisa de habilidades y conocimientos que no coinciden, punto por punto, con su homónimo académico y viceversa, aunque no es casual ni desacertado que en ambos casos aparezca el término “proyecto”. La razón de ser de este texto es precisamente insistir en las peculiaridades del proyecto académico. Existen en la bibliografía otros textos centrados en el otro concepto de proyecto informático.

Como se insistirá en el próximo capítulo, en el proyecto fin de carrera se espera que el estudiante vea las cosas de una forma mucho más crítica y profunda que si estuviera realizando un proyecto no académico. A modo de ejemplo, considérese un proyecto estrictamente empresarial, en el que el jefe de producción puede pedir el desarrollo de un programa de software para resolver un determinado problema o para mejorar la productividad en un área concreta. Puede que el ahora estudiante y futuro profesional escriba un programa que funcione sin problemas y lo instale en un plazo de pocos meses, dejando satisfecho a todo el mundo. Sin embargo, aunque el programa se adapte perfectamente a las necesidades de la empresa, académicamente el proyecto sería deficiente, por paradójico que pueda parecer.

¿Cuál es la razón? La principal es el propio sentido de esta nueva materia a la que se enfrenta el estudiante. Los proyectos académicos deben demostrar una comprensión profunda de lo que se está haciendo, cosa que a veces no es imprescindible para la totalidad de un equipo de desarrollo industrial, y requieren, además, alguna forma de justificación y de ubicación en el contexto del conocimiento relacionado con aquella parte de la informática, en la cual se quiere investigar o hacer alguna aportación original. En el proyecto fin de carrera, no sólo se espera que el estudiante haga lo que se le ha indicado al asumir un determinado tema, sino que además se aspira a que desarrolle sus propios pensamientos, argumentos, ideas y conceptos. Téngase en cuenta que limitarse a hacer sólo, aunque disciplinadamente, lo que se nos ordena no conduce a descubrimientos intelectuales y a contribuciones al mundo del pensamiento. Esto puede importar menos en un proyecto empresarial, donde existen otros objetivos a cubrir, más allá de los estrictamente intelectuales.

Aunque el futuro profesional del ingeniero en informática pase por trabajar en una empresa, seguramente como miembro de un grupo o de una estructura más compleja, con responsabilidades más repartidas, el estudiante debe tener la seguridad de que la ejecución de un buen proyecto fin de carrera es un ejercicio formativo importante que le ayudara a ejercer su profesión futura con mayor solvencia.

Empecemos señalando la amplia gama de proyectos académicos que existen y que, incluso, conducen a distintos modelos de trabajo y de aproximación, como hemos señalado al clasificar los distintos tipos de máster. En un extremo, estarían aquellos proyectos que, por similitud con la actividad profesional, se plantean y llevan a cabo en equipo, como sería el caso de un proyecto en ingeniería del software para un sistema de información, realizado por un grupo de estudiantes que diseñarían una solución y, trabajando en equipo, la llevarían a la práctica conjuntamente, aunque luego presentarían independientemente su trabajo individual.

En el otro extremo, estarían los proyectos más alejados del sector privado, que presentan una componente mayor de investigación individual, con mayor énfasis en la originalidad

y la revisión de la bibliografía científica, e incluso con la posibilidad de llegar a hacer algún tipo de publicación científico-técnica más formal, una vez terminado el proyecto.

Entre estos dos extremos se sitúan la totalidad de proyectos fin de carrera en ingeniería informática.

Es importante señalar que en el informe del *Computer Curricula 2001* se considera básico que los estudiantes de ingeniería informática acaben sus estudios con una cierta experiencia de trabajo en equipo, como parte de su formación como futuros profesionales. Esta experiencia puede adquirirse durante el proyecto fin de carrera, o puede haberse ya adquirido en otros cursos de la carrera. Esta capacidad de trabajar en equipo, que es difícil de conseguir en proyectos no muy extensos, como son los que nos ocupan, no tiene por qué darse necesariamente sólo entre informáticos, sino que también debemos considerar la posibilidad de conseguirla en proyectos interdisciplinares, como sería el ejemplo ya citado, de una colaboración con biólogos para abordar proyectos relacionados con la bioinformática. Es importante, por tanto, que todo futuro ingeniero informático, que sólo excepcionalmente trabajará de forma aislada, conozca la dinámica propia de una participación efectiva en el seno de un equipo de trabajo, con las ventajas e inconvenientes que ello lleva asociado.

CAPÍTULO 1

¿Qué es un proyecto fin de carrera en informática?

Propósito

Introducir los proyectos informáticos académicos.

Objetivos de aprendizaje

Al completar este capítulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Saber lo que significa la investigación.
- Comprender el proceso de investigación.
- Clasificar la investigación y entender los diferentes métodos para abordarla.
- Comprender qué son los proyectos, y en concreto los diferentes tipos de proyectos académicos que pueden hacerse en ingeniería informática.

1.1. Introducción

Realizar un proyecto fin de carrera como estudiante de primer o segundo ciclo en un centro académico no es necesariamente lo mismo que llevar a cabo un proyecto en el marco de una empresa. En el caso del proyecto fin de carrera, se espera que un estudiante, en un curso avanzado de informática, vea las cosas de una forma más crítica y profunda.

A modo de ejemplo, considérese un proyecto estrictamente empresarial, en el que el jefe de producción puede pedir el desarrollo de un programa de software para resolver un problema o para mejorar la productividad en un área concreta. Puede que el estudiante escriba un programa que funcione y que lo instale en un plazo de pocos meses, dejando satisfecho a todo el mundo. Sin embargo, aunque el programa se adapte perfectamente a las necesidades y requisitos de la empresa, académicamente el proyecto sería deficiente, por paradójico que pueda parecer.

¿Cuál es la razón? La principal es el propio sentido de esta nueva asignatura a la que se enfrenta el estudiante. Los proyectos académicos deben demostrar una comprensión profunda de lo que se está haciendo, cosa que a veces no es imprescindible para todo un equipo de desarrollo industrial, y requieren alguna forma de justificación y de ubicación en el entorno en el cual se quiere investigar o hacer alguna aportación original. No se espera que el estudiante haga solamente lo que se le ha dicho que haga, sino que, además, desarrolle sus propios pensamientos, argumentos, ideas y conceptos. Se espera que, en la medida de lo posible,

cuestione las cosas y las mire desde otros puntos de vista. Téngase en cuenta que limitarse a hacer sólo, aunque disciplinadamente, lo que se nos ordena no suele conducir a descubrimientos intelectuales, ni a contribuciones originales al mundo del pensamiento. Como estudiante de último curso de carrera se espera que se razone de forma autónoma, aunque el futuro profesional pase por trabajar en una empresa, como miembro de un grupo y de una estructura profesional muy compleja y con responsabilidades más repartidas.

Este conocimiento más profundo de las situaciones y problemas se ve favorecido por determinadas habilidades en el campo de la investigación, que son de vital importancia en el marco de los proyectos académicos. Este capítulo empezará, por tanto, explorando lo que se conoce por investigación antes de examinar con mayor detalle los proyectos informáticos como tales.

1.2. ¿Qué es la investigación?

El buen investigador no es aquél que conoce las respuestas correctas, sino el que lucha para descubrir cuáles son las preguntas adecuadas.

Phillips y Pugh (1994, 48)

1.2.1. Una definición

El Consejo Superior para la Financiación de la Educación del Reino Unido define la investigación como “un trabajo original encaminado a ampliar el conocimiento y la comprensión” (HEFCE, 1998). Hay tres términos clave en esta definición: *originalidad, ganancia o ampliación de conocimientos, y comprensión*.

1.2.2. Originalidad

Partamos del convencimiento de que no tiene ningún mérito repetir el trabajo de otros o descubrir y producir lo que ya se conoce. La originalidad, entendida de forma muy simple, es hacer o producir algo que no se ha hecho con anterioridad. Aunque esto no deja de ser una idea algo banal del término, es importante analizar cómo se relaciona la originalidad con los proyectos. ¿Qué podemos hacer que resulte ser original? Se puede ser original de dos formas:

- a) En la manera de hacer las cosas; por ejemplo, desarrollando un tema ya conocido, pero usando una perspectiva diferente.
- b) Producido algo completamente nuevo.

Decir que algo es original supone tener un conocimiento profundo de todo lo publicado hasta el momento en un determinado campo del conocimiento, lo cual dista mucho de ser fácil. Por ello, hay que ir con mucho cuidado a la hora de calificar de original nuestro trabajo.

En términos de originalidad en la forma de hacer las cosas, Cryer (1996, 146) identifica un conjunto de aspectos en los cuales un proyecto puede ser original:

- *Herramientas, técnicas, procedimientos y métodos.* Se pueden aplicar nuevas herramientas y técnicas a problemas sin resolver o a problemas ya resueltos. La originalidad del trabajo no depende del éxito de la investigación, sino del enfoque novedoso que se ha dado al problema, incluso aunque se fracase y el nuevo método no acabe mejorando los ya existentes.
- *Explorar lo desconocido.* En raras ocasiones, puede ocurrir que se investigue en un campo en el que nadie ha pensado investigar antes. Los descubrimientos recientes en el ámbito científico pueden abrir multitud de nuevas posibilidades y caminos de investigación inexplorados. La informática es un campo especialmente abierto en estos momentos a nuevas aplicaciones e ideas.
- *Explorar lo que no está previsto.* Incluso cuando investiguemos en un campo que ya se ha examinado reiteradamente en muchas ocasiones, cabe la posibilidad de que se pueda llegar a resultados inesperados, o de descubrir nuevos caminos para investigar que puedan resultar provechosos. En esta situación, sin embargo, hay que ser cauteloso, ya que podrían conducir a callejones sin salida.
Ello significa que explorar en un campo que ya ha sido investigado por otros no necesariamente impide que el trabajo sea original. Se puede mejorar lo que ya existe, encontrar nuevos puntos de vista e interpretaciones, o producir un estudio en profundidad de revisión del tema que no estuviera hecho hasta ahora.
- *El uso de los datos.* Podemos interpretar los datos de diferentes maneras, usarlos de nuevas formas, o aplicarlos en áreas que no han sido investigadas todavía.

En cuanto a los resultados del proyecto, Cryer (1996, 147) sugiere que los resultados originales deben incluir alguna de las siguientes aportaciones: un nuevo producto, una nueva teoría, un nuevo modelo o un nuevo método. Aunque los resultados obtenidos no sean concluyentes, lo que se obtiene a partir de ellos puede ser original (por ejemplo, la comprensión de por qué un experimento particular falla o una técnica específica no funciona en un nuevo ámbito). Miles de artículos científicos se publican cada año con estas pretensiones, en principio nada espectaculares, aunque sí originales.

1.2.3. *Ganancia o ampliación*

Éste es quizás un término de la definición del HEFCE que merece una cierta matización, ya que ganar o ampliar no alude necesariamente al objetivo de que la investigación aporte una *contribución* y no sólo sirva para adquirir conocimiento. Nótese que está muy bien llevar a cabo una investigación exclusivamente personal y aprender algo por uno mismo, pero a menos que este conocimiento se pueda difundir y comunicar a otros, se echarán a perder, de alguna manera, los resultados de la investigación. Teniendo esto en mente, la discusión que sigue se centra en el término “contribución”, que da un mensaje mucho más claro acerca de que la investigación, además de aportar nuevas cosas al mundo del conocimiento, tiene que hacerlo de forma que estas novedades sean accesibles a todos, y no solamente a uno mismo. Se trata de contribuir a un acervo común, no sólo a un objetivo individual.

La Figura 1.1 da una visión global del *corpus* de conocimientos actuales del mundo y de cómo se puede contribuir a su ampliación. Entendemos que este *corpus* de conocimientos incluye: la comprensión, la teoría, los conceptos, los modelos, las ciencias, las artes, etc. Nuestro conocimiento individual se muestra contenido dentro de este dominio, y lo repre-

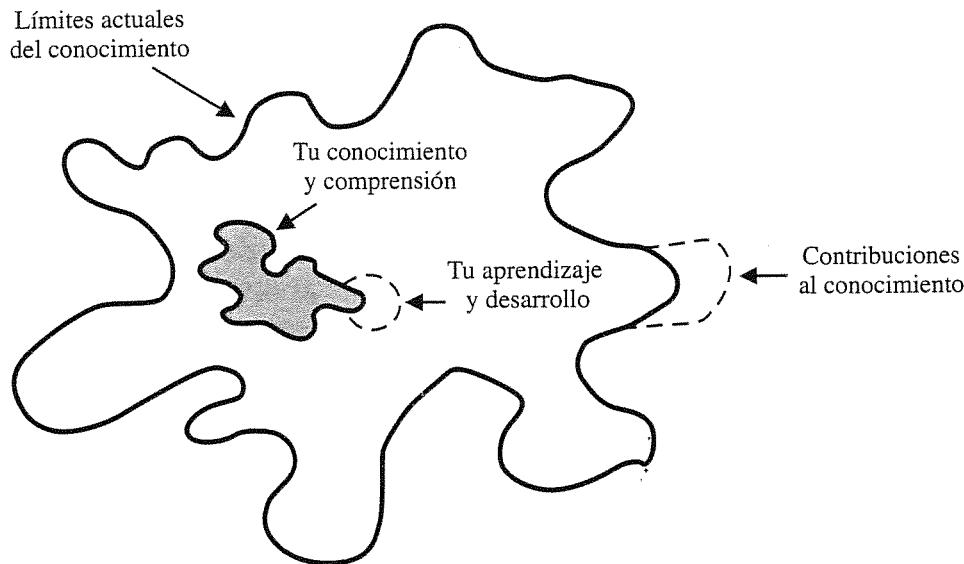


Figura 1.1. *Contribuciones al conocimiento*

sentamos en la región sombreada. Como parte de nuestro aprendizaje aprendemos cosas que ya son conocidas, y esto se representa mediante una expansión de nuestra “nube” de conocimiento. De la misma forma, se puede contribuir al conocimiento a partir de la investigación, a través de diversas formas, (inventos, desarrollos, nuevas teorías, etc.), que representamos como expansiones del cuerpo de conocimientos generales, mediante una línea de puntos. Así, las contribuciones se refieren a compartir nuevas ideas, teorías y resultados con el resto del mundo, y con ello a ampliar lo que ya se conoce.

1.2.4. *Conocimiento y comprensión*

Para explicar lo que se entiende por conocimiento, vamos a considerar la siguiente jerarquía conceptual: datos, información, conocimiento y sabiduría. Post y Anderson (1997, 7) definen estos términos de la siguiente manera:

- *Datos*. Los datos son elementos que describen objetos, hechos o acontecimientos. Representan las cifras y el texto que recopilamos durante la investigación. Por ejemplo, como parte de un proyecto de investigación puede ser necesario reunir datos sobre la pluviosidad en varios lugares de una región. Estos datos, obtenidos de las lluvias diarias en cincuenta lugares, se reúnen en forma de cifras que, por sí mismas, no significan nada, en la forma en la cual están recién recopiladas.
- *Información*. La información es la representación de los datos ya analizados, resumidos, procesados y presentados en un formato más comprensible y útil, de forma que ya pueda transmitirse a otras personas, en cualquiera de las formas habituales: libros, artículos, grabaciones, charlas, etc. (Orna y Stevens, 1995, 36). Convertir los datos de pluviosidad en información puede llevar a la elaboración de nuevos elementos, tales como gráficas que resuman los totales mensuales, tablas que representen las fluctuaciones por estaciones, y texto que resuma la pluviosidad media diaria en diferentes lugares. En estos formatos los datos ya tienen significado, y se tiene cierta idea de lo que representan.

- *Conocimiento*. El conocimiento es un estadio más elevado que la comprensión de las cosas. Mientras que la información da una idea acerca del “qué” (es decir, qué está sucediendo en el mundo real), el conocimiento representa la comprensión del “por qué”. El conocimiento es la interpretación personal de lo que se obtiene a partir de la información, en forma de reglas, patrones, decisiones, modelos, ideas, etc. Según Orna y Stevens (1995, 35), el conocimiento representa los resultados de la experiencia, organizados y almacenados en la mente de cada uno.

Mientras que la información sobre la pluviosidad en una zona geográfica da una idea global sobre el tiempo en ese país durante un determinado período, el conocimiento representa la comprensión de por qué la pluviosidad puede haber cambiado durante dicho período. El conocimiento sería la comprensión de por qué la pluviosidad ha aumentado en determinados lugares de la región desde 1900.

- *Sabiduría*. Entendemos como sabiduría la capacidad para poner en práctica el conocimiento que se posee. Representa la capacidad individual para aplicar tanto la experiencia como el *corpus* de conocimiento que poseemos para crear nuevo conocimiento y adaptarlo a situaciones diferentes y no consideradas hasta ahora.

Con respecto al ejemplo de la pluviometría, la sabiduría vendría representada por la capacidad para predecir cambios en la tendencia de las lluvias que se producirán o para intentar explicar las variaciones de agua recogida en zonas geográficas alejadas de la región objeto de nuestro estudio.

Otro concepto que cabría mencionar aquí es el de *teoría*. Mientras que los datos, la información, y el conocimiento representan una comprensión relativamente firme de lo que sucede, una teoría representa ideas, opiniones y suposiciones basadas en las observaciones del mundo. Una teoría no es necesariamente cierta, pero en cada momento representa la mejor explicación que se tiene acerca de lo que se observa.

A pesar de que hemos definido conocimiento desde una óptica individual, el conocimiento colectivo del mundo puede definirse de forma bastante parecida. El conocimiento tiene que ver con la comprensión del mundo, la sabiduría y la interpretación que cada uno hace de él, así como cada cosa o idea que ha sido documentada, no importa por quién ni dónde.

Al proceso de recoger datos e información, lo denominan Phillips y Pugh (1994, 46) *Intelligence gathering*, un anglicismo de difícil traducción que ha hecho fortuna. Esta expresión se relaciona con los datos que se usan para responder a lo que Phillips y Pugh llaman “qué”: qué está pasando en el mundo, qué no conocemos, y qué podemos descubrir.

La investigación, sin embargo, debe ir más allá del mero hecho de reunir datos y de describir lo que se ve. Toda investigación debe hacer una contribución al conocimiento, buscando nuevas explicaciones, relaciones, comparaciones, predicciones, generalizaciones y teorías. Así, la investigación representa lo que Phillips y Pugh llaman “el porqué”: por qué suceden las cosas de la forma en que suceden y no de otra, por qué es la situación como es, etc. Los datos y la información por sí mismos sólo pueden responder al “qué”; el conocimiento se refiere al “porqué”.

1.2.5. Resumen

Ahora que hemos examinado en detalle los tres aspectos principales de la investigación, presentemos otra definición más elaborada de investigación (Sharp y Howard, 1996, 7):

Buscar, a través de *procesos metódicos*, *enriquecer el conocimiento* propio, y presumiblemente el de los demás, mediante el *descubrimiento de hechos y puntos de vista no triviales*.

Una vez más, hemos escrito en cursiva los términos importantes de la definición; algunos de ellos se relacionan directamente con los que ya hemos examinado. “Enriquecer”, por ejemplo, se relaciona con la discusión de “contribución”, y “descubrimiento” parece implicar algún tipo de originalidad. El término “presumiblemente” está quizás fuera de lugar, ya que se espera de toda investigación que contribuya a ampliar el conocimiento. “Hechos y perspectivas no triviales” se relacionan con “conocimiento”, no con datos o información.

Un aspecto nuevo en esta definición es el de “proceso metódico”. Este concepto destaca que la investigación no se hace de una forma *ad hoc*, sino que es algo que se planifica y se lleva a cabo de forma cuidadosa. Por ello, el proceso de la investigación, que se discute en la sección siguiente, es el metodológico.

Uniendo estos puntos se obtiene la siguiente definición sucinta de investigación, que engloba todos los elementos discutidos hasta ahora (consideración, originalidad, contribución y conocimiento):

La investigación es una actividad cuidadosa que se orienta a realizar una contribución original al conocimiento.

1.3. El proceso de investigación

1.3.1. Visión global

La anterior definición reconoce que la investigación debe ser una actividad cuidadosa. En otras palabras, debe seguir un método estándar reconocido: el método científico. No debemos realizar una actividad investigadora como y cuando nos venga en gana. Blaxter et al. (1996, 7) identifican cuatro visiones comunes del proceso de investigación, que llamaremos: *secuencial, generalizada, circular y evolutiva*:

a) *Secuencial*. El proceso secuencial es el más simple de todos. En él se lleva a cabo una serie de actividades, una detrás de otra, como un conjunto lineal y fijo de pasos.

Un ejemplo de procesos de este tipo es el modelo de proceso sistemático de Sharp y Howard (1996, 15). Este proceso consiste en siete únicos pasos secuenciales:

- Identificar el área global de estudio.
- Seleccionar un tema de investigación.
- Decidir la forma de atacar el problema.
- Planificar cómo llevar a cabo la investigación.
- Trabajar para reunir datos e información.
- Analizar e interpretar los datos obtenidos.
- Presentar los resultados y descubrimientos obtenidos.

Aunque este modelo parece enteramente secuencial, Sharp y Howard (1996, 15) admiten que pueden aparecer repeticiones y ciclos durante el proceso. Sin embargo, la manera y el momento en el que aparecen estas repeticiones no se identifica explícitamente. Otro ejemplo quizás más simple de un proceso secuencial de investigación

es el definido por Greenfield (1996, 7), quien divide el proceso de investigación en cuatro partes:

- Revisar el campo de estudio, es decir, realizar una búsqueda bibliográfica.
 - Construir una teoría basada en la compresión y la interpretación del campo de estudio.
 - Probar la teoría. ¿Funciona?
 - Reflejar e integrar, es decir, poner al día las ideas basadas en las pruebas realizadas y comunicar los nuevos descubrimientos a los demás.
- b) *Generalizado*. Este proceso de investigación es parecido al secuencial, ya que las actividades se realizan una detrás de otra siguiendo una secuencia determinada, aunque el modelo generalizado reconoce que no todos los pasos son aplicables, y que algunos deberían llevarse a cabo de maneras diferentes, dependiendo del tipo de investigación. Así, el modelo generalizado identifica caminos alternativos que se tomarán en pasos diferentes dependiendo de la naturaleza y de los resultados de la investigación. Un ejemplo de un modelo de este tipo se puede encontrar en Kane (1985, 13), citado por Blaxter et al. (1996, 8).
- c) *Circular*: El modelo circular reconoce que cualquier investigación que se lleve a cabo forma parte de un ciclo continuo de descubrimientos e investigación. Un ejemplo de proceso circular es la rueda de investigación de Rudestand y Newton (1992, 5), que sugiere “un ciclo recursivo” de pasos que se repiten en el tiempo. La experiencia en investigación puede llevar a revisar o reinterpretar los estados anteriores del trabajo (Blaxter et al., 1996, 7); por ello, la interpretación circular también permite que el proceso de investigación se revise en cualquier punto, y que, en el fondo, reconozca que el proceso nunca tiene fin.
- d) *Evolutivo*. El concepto de modelo evolutivo lleva más allá la interpretación del modelo circular, y reconoce que la investigación debe evolucionar y cambiar a lo largo del tiempo, no necesariamente siguiendo un patrón circular definido o repitiendo las mismas formas de análisis e interpretación que se llevaron a cabo anteriormente. Los resultados de cada evolución influyen en las posteriores revisiones en mayor o menor medida, dependiendo de cada caso.

Quizás uno de los ejemplos más apropiados del proceso de investigación sea el definido por Orna y Stevens (1995, 11). Estos autores definen un proceso que es circular en el nivel superior y evolutivo en la parte básica del trabajo de búsqueda. La Figura 1.2 es una interpretación adaptada de este modelo. En ella se muestra un proceso de investigación circular, que comienza, en la parte superior izquierda, con una definición de la investigación a realizar. Estos autores identifican ésta definición de la investigación como un intento de responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué estoy buscando?
- ¿Por qué lo estoy buscando?
- ¿Cómo lo voy a buscar?
- ¿Por dónde voy a empezar?

A partir de este esquema, comienza la investigación evolutiva del campo a estudiar. Ésta tendrá lugar dentro de los límites actuales de cada *corpus* de conocimientos, de forma que mientras se investiga, se digiere y se evalúa el material disponible. Este proceso de búsque-

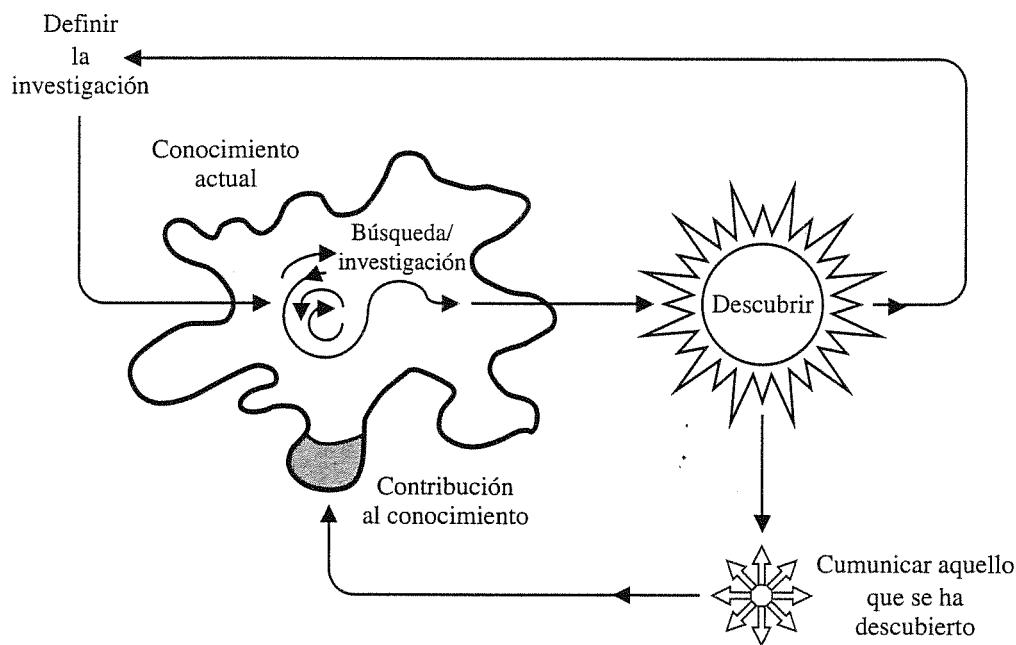


Figura 1.2. *El proceso de investigación*

Fuente: Adaptado y reproducido, con permiso, a partir de Orna y Stevens (1995)

da en investigación no está claramente definido, y evolucionará con el tiempo. Se necesita tiempo para que las ideas maduren; mientras, se corre el riesgo de seguir caminos sin salida y de que aparezcan más preguntas que respuestas. Sin embargo, no hay que desesperar, pues la diligencia suele ser recompensada, y se acaba por descubrir resultados valiosos.

El descubrimiento debe ser entonces comunicado a otros a través de informes, presentaciones, artículos y discusiones. No tiene ningún sentido mantener para uno mismo los descubiertos, y en caso de hacerlo, se ignorarían los propósitos fundamentales del proceso de investigación, es decir, el difundir las ideas recién descubiertas y los resultados obtenidos a otros investigadores. Mediante esta comunicación se realizan las contribuciones al mundo del conocimiento, mostradas por la región sombreada de la Figura 1.2.

Sin embargo, aunque se descubra algo de valor, y con ello se contribuya al conocimiento global, el proceso de investigación no ha terminado. Todo hallazgo debe conducir a nuevas preguntas y a nuevos caminos de investigación. Así, el ciclo de investigación vuelve a comenzar cuando se redifine la búsqueda y se continúa el viaje del descubrimiento.

1.3.2. *Descubrimiento intelectual*

Aunque el proceso de investigación puede representarse por algún tipo de los modelos expuestos, es necesario señalar que los procesos de razonamiento y los descubrimientos intelectuales son a menudo mucho más complicados y personales. Cuando se plantean preguntas para ser contestadas y se buscan sus respectivas respuestas, se sigue a menudo un proceso complejo de razonamiento inductivo y deductivo, que debemos aclarar:

- *Razonamiento inductivo*. Se empieza con observaciones del mundo y se llega a conclusiones generales sobre él. En otras palabras, se construyen modelos y teorías ba-

sados en la interpretación del investigador sobre el mundo. Claramente, esta interpretación dependerá de los datos y de la información que se puede obtener de la materia o problema que se está estudiando y, lo que no es menos importante, de lo que el investigador ya conoce.

El conocimiento que se puede obtener de lo que se está estudiando se denomina *epistemología* (Cornford y Smithson, 1996, 39). Podemos obtener conclusiones generales a partir de lo observado y estudiado, tanto para aplicarlas a otras cosas (positivismo), como para solo inducir conocimiento propio para sí mismo y la situación particular estudiada (antipositivismo).

- *Razonamiento deductivo*. Observemos que a partir de un conocimiento y una comprensión del mundo, somos capaces de predecir observaciones sobre el mismo, aunque dichas observaciones no se hayan realizado nunca antes. Estamos deduciendo. El razonamiento deductivo depende de la teoría que cada investigador tenga acerca de la realidad, de su comprensión personal del mundo, y de las ideas subyacentes sobre el objeto de su investigación. Estos elementos en su conjunto se suelen denominar *ontología*, en lo que puede ser considerado un cierto abuso del lenguaje. Diversas personas pueden deducir cosas diferentes, debido a que sus comprensiones también lo son, y pueden ver las cosas de forma distinta.

Para solucionar problemas complejos se necesitaría seguir una complicada cadena de razonamientos inductivos y deductivos. Sin embargo, el descubrimiento intelectual va más allá. Si tenemos dificultades para resolver un problema, hay dos métodos interesantes de descubrimiento intelectual citados por Greenfien (1996, 5), que nos pueden ayudar:

- El método de **Pappus**: asumir que el problema está resuelto y calcular hacia atrás.
- El método de **Terullus**: asumir que una solución es imposible y tratar de demostrar por qué.

Además, Greenfield sugiere intentar técnicas como las siguientes:

- *Ensayos aleatorios*. Una técnica similar a la “tormenta de ideas” (Brainstorming) según la cual se puede intentar resolver un problema generando un número al azar de potenciales soluciones, con la esperanza de que una de ellas muestre un camino hacia la solución.
- *Analogía*. ¿Es el problema similar a otro que ya tiene solución o explicación?
- *Inversión*. Se intenta mirar las cosas desde el ángulo opuesto; por ejemplo, en lugar de preguntarnos qué lenguaje de programación se debería usar, preguntarnos por qué no usar C.
- *Partición*. Dividir el problema en otros más pequeños, más manejables y más comprensibles; una aproximación al “divide y vencerás”, tan utilizado en informática.

También vale la pena dedicar algún tiempo a profundizar en el tema de saber adónde nos dirigimos con la investigación, antes de invertir varios meses llevándola a cabo. Por ejemplo, a menudo los estudiantes tendrán una idea para su investigación y la seguirán con entusiasmo. Sin embargo, cuando finalmente obtienen una respuesta, se dan cuenta de que ésta es de pequeño valor. Por ello se debe tratar de pensar adónde se puede llegar en el caso de que tengamos éxito; asumir que se ha obtenido ya la respuesta para luego preguntarse qué utilidad tiene el haberla conseguido.

1.4. Clasificar la investigación

1.4.1. Introducción

Podemos clasificar la investigación atendiendo a tres aspectos: su campo, su perspectiva y su naturaleza. Estas tres categorías son adaptaciones de las cuatro categorías examinadas por Sharp y Howard (1996, 11) y Herbert (1990, 1). Estos autores identifican una categoría adicional llamada propósito.

- *Campo*. El campo de la investigación es “poco más que un mecanismo de etiquetando que permite a los grupos de investigadores con similares intereses ser identificados” (Sharp y Howard, 1996). Por ejemplo, en informática podríamos clasificar los campos de investigación en áreas, como los sistemas de información, la inteligencia artificial, la arquitectura de computadores o la ingeniería del software.
- *Perspectiva*. La perspectiva representa los métodos de investigación que se emplean como parte del proceso investigador; por ejemplo, el estudio de casos, los experimentos, el seguimiento, etc. Estos métodos se analizan con mayor detalle en la siguiente sección.
- *Naturaleza*. El tipo de contribución que la investigación hace al conocimiento depende de la naturaleza del mismo; así, Sharp y Howard (1996, 13) identifican tres niveles que pueden ser utilizados para clasificar la naturaleza de la investigación:
 - Nivel 1: desarrollo teórico.
 - Nivel 2: investigación que revisa la teoría y evalúa su potencial para aplicaciones prácticas.
 - Nivel 3: investigación aplicada que tiene algún uso o resultado práctico. Aquí habría que situar la mayor parte de los proyectos fin de carrera en informática.

La naturaleza de la investigación se puede clasificar también atendiendo a los criterios de Sharp y Howard (1996, 13), Herbert (1990, 1) y Saunders et al. (1997, 78-79), de la siguiente forma:

- Teoría pura: desarrollar teorías para explicar cosas sin necesidad de relacionarlas con la práctica. Normalmente, se basa en el razonamiento inductivo.
- Estudios descriptivos: se refieren a trabajos tales como revisar y evaluar las teorías existentes y el conocimiento en un campo determinado, o en describir situaciones o sucesos particulares. También se incluyen en este grupo las siguientes actividades: probar teorías existentes, describir el estado actual del conocimiento, o buscar los límites a generalizaciones anteriores que se hayan publicado.
- Estudios exploratorios: profundizar y explorar una situación o un problema. Estos estudios son útiles para descubrir “qué está sucediendo; para descubrir nuevas perspectivas; para hacer preguntas, y para tratar los fenómenos con una nueva luz” (Robson, 1993, 42; citado por Saunders et al., 1997, 78-79). Los estudios exploratorios pueden realizarse mediante búsquedas bibliográficas, cuestionarios abiertos y entrevistas personales. Estos estudios pueden empezar explorando áreas, conceptos e ideas, particularmente extensas, para luego reducir, durante el trabajo de investigación, su ámbito a procesos mas específicos. Este proceso es iterativo y flexible y va a la búsqueda de nuevas informaciones e ideas.

- Estudios explicativos: explicar o clarificar algo e identificar relaciones entre fenómenos y cosas.
- Estudios causales: evaluar los efectos que una o más variables puedan tener sobre las demás. Las variables independientes son aquéllas que podrían estar influyendo en las variables dependientes, que son las que nos interesan. En estos estudios se manipulan las variables independientes y se visualizan los cambios producidos en las variables dependientes. Por ejemplo, ¿afecta el tamaño de un programa de software (variable independiente) a la dificultad de mantenerlo (variable dependiente que se sabe como medir)? En estos estudios es importante asegurar que los factores externos no influyen en los resultados. Por ejemplo, el tamaño del software influye en la dificultad de mantenerlo, pero, de hecho, esta dificultad puede depender de otros factores de los cuales no se es consciente y que, por tanto, no han sido objeto de control.
- Resolver un problema con una solución novedosa y/o mejorar algo de alguna forma.
- Desarrollar o construir algo nuevo.

1.4.2. Métodos de investigación

Aunque las técnicas específicas de muestreo, acumulación de datos, entrevistas, etc., están más allá del propósito de este libro, es útil tratar brevemente algunos de los métodos de investigación más ampliamente aceptados. La naturaleza del proyecto dependerá de que se usen estos métodos o de que se decida combinarlos de alguna manera. Cuatro de los métodos de investigación más comunes son: la *observación activa*, el *experimento*, el *estudio de casos*, y la *revisión y seguimiento*.

Observación activa

La observación activa se entiende como “un estudio cuidadosamente documentado para resolver un problema y/o cambiar una situación” (Herbert, 1990, 29). Supone trabajar en un problema o proyecto específico, con una persona en concreto o, más frecuentemente, con una organización, y evaluar los resultados correspondientes. Este método se usa para conseguir “una mayor comprensión y una mejora de la práctica *a lo largo de un cierto período de tiempo*” (Bell, 1993, 8). El proyectando, si se plantea una observación activa, no debe obsesionarse en completar la acción en sí: basta con que se límite a evaluarla como parte del proyecto académico.

Experimento

La experimentación supone una investigación de las relaciones causales usando determinaciones y pruebas específicas controladas por el investigador. A menudo nos tendremos que conformar con llevar a cabo una investigación sólo cuasiexperimental, debido a problemas de muy distinta índole (insuficiente número de muestras, problemas éticos, etc.). Según Saunders et al. (1997, 75), los experimentos suponen:

- Definir una hipótesis teórica.
- Seleccionar muestras a partir de poblaciones conocidas.
- Localizar las muestras en diferentes condiciones experimentales.

- Introducir cambios planificados anteriormente en una o más variables dependientes.
- Medir un pequeño número de variables independientes.
- Controlar el resto de variables que intervienen en el proceso.

Estudio de casos

Un estudio de casos es “una exploración en profundidad de una situación” (Cornford y Smithson, 1996, 49). Se incluye en este capítulo la investigación de una situación particular, de un problema específico o de una empresa o grupo de empresas. Esta investigación puede llevarse a cabo directamente, por ejemplo, mediante entrevistas, observaciones, etc., o indirectamente, estudiando, por ejemplo, informes o documentación de la empresa. Para más información sobre investigación basada en estudio de casos se pueden consultar textos como el de Yin (1989) y el de Easton (1992), que son libros enteramente dedicados al tema.

Revisión y seguimiento

Se realiza normalmente a través de cuestionarios o entrevistas. “Permite la recopilación de un gran número de datos a partir de una población de tamaño mensurable, de una forma muy económica” (Saunders et al., 1997, 76). Como parte de un seguimiento se deberá, probablemente, identificar muestras y seleccionar su tamaño, diseñar cuestionarios y definir entrevistas. Los textos de Fowler (1995) y de Czaja y Blair (1996) cubren este tema en detalle.

Los métodos de investigación se pueden clasificar también atendiendo a sus restricciones temporales; en otras palabras, ¿es el estudio realizado una “fotografía instantánea” de lo observado, o bien los datos se centran en ofrecer una visión de los sucesos *a lo largo del tiempo*? Una fotografía instantánea de una situación o el estudio de un determinado acontecimiento se denominan *estudio de sección cruzada*. Una imagen en la que los datos se recogen de forma continua a lo largo de un período de tiempo se denomina *estudio longitudinal*. El tipo de estudio que se use dependerá de la naturaleza de la investigación y de lo que se pretenda conseguir con ella. Para más información sobre este tipo de estudios conviene consultar libros como Saunders et al. (1997, 77) y Cornford y Smithson (1996, 48).

1.4.3. ¿Qué es una buena investigación?

Se debería tener ya una idea de lo que es la investigación y cómo clasificarla, pero, ¿qué se entiende por buena investigación? Phillips y Pugh (1994, 47) identifican tres características:

- *Mentalidad abierta*. Se debe trabajar con un “sistema de pensamiento abierto”, esto es, ser abierto de mente en las cuestiones planteadas. “El conocimiento convencional y la doctrina aceptada hasta ahora ... pueden ser inadecuados.”
- *Análisis crítico*. Se deben examinar los datos críticamente: ¿Son correctas las cifras? ¿Han sido sesgadas de alguna manera? ¿Qué significan *realmente* estos datos? ¿Existen datos alternativos disponibles? ¿Podemos interpretar los datos de diferente manera?
- *Generalizaciones*. Los investigadores tienden a generalizar sus resultados. El proceso de generalización permite interpretar y aplicar la investigación en una mas amplia variedad de situaciones. Sin embargo, los investigadores deben ser conscientes y conocer las limitaciones de estas generalizaciones.

Téngase en cuenta que si no se atienden debidamente estos requisitos, las ideas vigentes continuarán sin ser puestas en cuestión, pues la investigación que hagamos no tendrá la solvencia necesaria para ello. Sin una mente abierta a las cosas, sin un ojo crítico, y sin la habilidad de generalizar la comprensión de los diversos fenómenos, no se puede realizar una contribución al conocimiento. Éste es, al fin y al cabo, el propósito principal de la investigación.

1.5. ¿Qué son los proyectos?

1.5.1. Introducción

Hasta aquí hemos explicado el significado y la metodología de la investigación. En el Capítulo 0, hemos tratado de avanzar en el concepto de proyecto, que ahora hay que encajar en el proceso de investigación. En particular, veamos cómo los proyectos informáticos y su investigación asociada encajan en el contexto de lo dicho hasta ahora.

Un proyecto se ha definido como “algo que tiene un principio y un final” (Barnes, 1989; citado por Turner, 1993, 4). Desafortunadamente, esta definición, más bien amplia, no engloba el propósito subyacente de los proyectos, que es aportar algún beneficio. Este cambio nos conduce desde una situación actual a una situación deseada en el futuro, lo que se puede representar por el modelo mostrado en la Figura 1.3. En ella representamos el proyecto mediante un conjunto de acciones. Así, un proyecto permite pasar de una situación a otra. Este movimiento hacia la situación deseada puede surgir tanto de la insatisfacción con la situación actual, como de la aspiración a una situación mejor que la actual, razón por la cual se llama *modelo meliorista*, del latín *melior* = mejor.

De alguna forma, el propio planteamiento de una situación deseada ya representa una contribución al conocimiento. El término “contribución” implica necesariamente, en este contexto, la unicidad del proyecto y la novedad de su resultado.

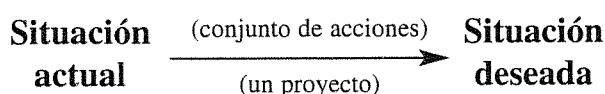


Figura 1.3. *El modelo meliorista*

En un proyecto industrial, el jefe de proyecto se ocupa de aspectos del mismo, tales como su complejidad, restricciones, cuestiones organizativas, etc.; en un proyecto académico no se espera que el estudiante se ocupe de estos aspectos, sino que se centre únicamente en la contribución que su proyecto va a representar. Esta interpretación simplista de los proyectos nos servirá de momento.

Hasta ahora, hemos identificado los proyectos como algo que tiene un principio y un final, y que supone un cambio beneficioso gracias a algún tipo de contribución. Profundizando un poco más en el proyecto académico, debemos conocer el tipo de contribuciones que éste puede hacer.

Existen muchas clases diferentes de proyectos informáticos, ya que el campo que engloban es inmenso. Sin embargo, hoy en día está cada vez más ampliamente reconocido en las instituciones académicas que los proyectos informáticos son algo más que desarrollar un pro-

grama de software. Desde esta perspectiva, el proyecto debe incluir algún elemento de investigación, esto es, debe estar debidamente razonado y llegar de forma sistemática a unos resultados. Desarrollar meramente una herramienta o un algoritmo sin hacer ninguna evaluación técnica, ni englobarlos en un contexto más amplio, puede ser aceptable en la industria, donde las soluciones comerciales son necesarias y a veces prioritarias; sin embargo, en el mundo académico, todo proyecto debe contener, en mayor o menor medida, algún elemento de investigación.

Al realizar nuestro proyecto fin de carrera en ingeniería informática tenemos la oportunidad de hacer nuestra *propia* contribución. No tiene sentido imitar simplemente el trabajo de otros. Los pensamientos, ideas y desarrollos propios son importantes, interesan a las personas que juzgarán o leerán la memoria final. Mediante un proyecto se desarrollarán no sólo las habilidades propias del investigador, sino también las ideas y el trabajo de otros. El nivel de contribución que se espera de un proyecto fin de carrera, es difícil de determinar de forma general, aunque se analiza con más detalle en la Sección 4.1.

La sección siguiente introduce los diferentes tipos de proyectos que comúnmente se encuentran en el campo de la computación. En cada uno de estos casos se ha identificado su contribución como desarrollo académico. Como se verá, estos proyectos no se enfocan únicamente a la obtención de un producto, sino que tratan de aportar algo más.

1.5.2. *Tipos de proyectos informáticos*

Los proyectos informáticos tienden a englobarse en una de las cinco categorías siguientes:

- *Proyectos basados en la investigación.* “Algunos buenos proyectos no hacen más que revisar sistemáticamente y dar algún tipo de estructura a un campo de interés” (Sharp y Howard, 1996, 25). Un proyecto basado en la investigación implica un análisis cuidadoso de un área particular, mejorando la comprensión de ésta, identificando los puntos fuertes y débiles en el campo estudiado, y reconociendo los aspectos susceptibles de un desarrollo ulterior. Este tipo de proyectos requieren inevitablemente una buena búsqueda bibliográfica, y son más adecuados y accesibles para los proyectos de ingeniería superior.
- *Proyectos de desarrollo.* Esta categoría incluye el desarrollo no sólo de sistemas de software, hardware o telemática, sino también de modelos de procesos, métodos y algoritmos. Suelen requerir que el estudiante incluya una cierta evaluación y una documentación acerca de: requisitos, diseño, análisis y pruebas, todo ello debidamente documentado mediante manuales de usuario o guías.

Dependiendo de la especialidad informática, el enfoque de un proyecto de desarrollo puede variar. Por ejemplo, en los relacionados con la ingeniería del software se debe hacer mayor hincapié en el desarrollo y evaluación de un programa de software, siguiendo modelos particulares que generan documentación de evaluación interna; en aquellos dirigidos a sistemas de información, se requiere que el investigador destaque el desarrollo de sistemas más amplios, usando lenguajes de cuarta generación, herramientas CASE y/o sistemas de bases de datos; en este caso, se debe centrar más el estudio en la interacción hombre-máquina y en los requisitos y necesidades del cliente. Obviamente, los proyectos relacionados con el hardware y la telemática presentan también sus peculiaridades que cada tutor ayudará a destacar.

Es muy improbable que el desarrollo de un producto a partir de un proyecto sea aceptable y funcional sin mayor esfuerzo. Por ello, se espera generalmente que su autor incluya una evaluación crítica del producto y que especifique el proceso de desarrollo seguido. Precisamente esta evaluación crítica centra la distinción entre la calidad académica del trabajo y la utilidad técnica.

- *Proyecto de evaluación.* Engloba todos los proyectos que incluyan alguna forma de evaluación como objetivo principal, ya sea la evaluación de diferentes perspectivas de enfoque de un mismo problema, la de dos o más lenguajes de programación (aplicados en diferentes contextos o a diferentes problemas), la de un proceso de producción industrial, la de diferentes interfaces de usuario, la evaluación de un concepto concreto, etc. Los proyectos en este grupo podrían incluir asimismo estudios por casos, como una manera legítima e interesante de evaluar el aspecto objeto del estudio.
- *Proyectos en colaboración con la industria.* Proyectos realizados para una empresa que implican resolver un problema definido dentro de una organización externa (incluso dentro de un departamento universitario que no sea el de informática). Se debe tener cuidado con este tipo de proyectos para asegurarnos de que no sean “secuestados” por el patrocinador empresarial o institucional. En otras palabras, el proyecto no debe ser forzado en la dirección que la empresa desee, que puede no ser la adecuada para el proyecto académico desarrollado por el estudiante. Generalmente, se empleará un método de investigación activa en este tipo de proyectos.
- *Resolución de problemas.* Puede implicar el desarrollo de una nueva técnica para resolver un problema, o bien una mejora de la eficiencia de procesos eficientes. Suele incluir la aplicación de una técnica ya existente para resolver un problema diferente. En estos casos se espera algún tipo de evaluación; por ejemplo, ¿funciona bien la nueva perspectiva?; o bien, ¿se han descubierto las razones por las cuales no es adecuada para problemas de esta naturaleza?

Naturalmente, los tipos de proyectos que acabamos de ver no son excluyentes entre sí, y existen proyectos que engloban aspectos de varios de estos tipos. Además, la naturaleza del proyecto tendrá un efecto en los métodos que apliquemos para abordarlo. Estos métodos de investigación ya los hemos analizado anteriormente.

1.5.3. La programación en los proyectos informáticos

No se espera automáticamente que el estudiante escriba un programa por el mero hecho de estar matriculado en informática. El campo de la computación es muy amplio y engloba muchos temas (sistemas de información, ingeniería del software, ingeniería del conocimiento, aplicaciones de transmisión de datos, redes, arquitecturas de computadores, etc.), y, como es sabido, no todos estos campos implican tener que programar.

Unas veces programar es el principal objetivo del proyecto; otras será necesario escribir un programa como un medio para hacer una prueba, demostrar alguna técnica o algoritmo, o evaluar algunos conceptos en la interacción hombre-máquina.

En todo caso, de un estudiante de informática se espera que en su proyecto fin de carrera escriba programas de *calidad* más que aceptable. Aunque no se espera la realización de un programa plenamente documentado, con planes de prueba, diseños, evaluación, etc., completamente terminados, cualquier código que se escriba debe ser adecuado a los propósitos

del proyecto y de calidad suficiente. El supervisor del proyecto debe aconsejar sobre la extensión y la profundidad de cualquier software que forme parte del proyecto, y, por tanto, el estudiante debe asegurarse de que su relación con el tutor sea estrecha y fluida, también en este aspecto.

1.6. Resumen

- La investigación se define como “una actividad orientada a realizar una contribución original al conocimiento”.
- El proceso de investigación puede ser *secuencial, generalizado, circular o evolutivo*.
- La investigación puede clasificarse de acuerdo con su *campo, perspectiva o naturaleza*. Las perspectivas de investigación incluyen *estudios por casos, experimentos, seguimiento en la evolución de los procesos y observación activa*.
- Los proyectos informáticos tienden a englobarse en una de las siguientes categorías: basados en la investigación, de desarrollo, de evaluación, para la industria, y orientados a resolver un problema.

1.7. Ejercicios

1. Trata de formular tu propia definición de investigación y pregúntate qué significa la investigación para ti.
 2. Clasifica tu propio proyecto informático en una de las cinco categorías de la Sección 1.5.2.
-

PARTE I

***Preparación de las bases
para el proyecto***

CAPÍTULO 2

Elegir un proyecto y escribir una propuesta

Propósito

Establecer pautas para elegir un proyecto adecuado y dar las bases para escribir una buena propuesta de proyecto académico.

Objetivos de aprendizaje

Al completar este capítulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Elegir un proyecto adecuado.
- Escribir una propuesta acerca del proyecto elegido.
- Elegir un buen tutor.

2.1. Introducción

El campo de la informática es muy amplio; por ello, no siempre es fácil elegir un proyecto. Los tipos de proyectos que se aceptan o proponen en los diferentes departamentos universitarios también varían. Algunos departamentos ofrecen proyectos de programación extremadamente técnicos próximos a la actividad profesional, mientras que otros exigen un contenido más académico, basado en el análisis y la búsqueda bibliográfica. En el Capítulo 1 explicamos las categorías en las que se engloban los proyectos informáticos (*basados en la investigación, de desarrollo, de evaluación, orientados a la industria y encaminados a resolver problemas*). Ahora trataremos de establecer algunas pautas para elegir bien el proyecto, bien de una lista ofrecida por los departamentos, bien propuesto por el propio estudiante. Dado que en cualquier caso el estudiante deberá presentar una propuesta para que su tutor conozca el trabajo que piensa hacer, se analizan las diferentes formas de presentar una propuesta y se dan algunos consejos para elegir un tutor, en el caso que sea posible hacerlo por parte del estudiante.

2.2. Elegir un proyecto

Suele ser la parte más difícil de todas. A la hora de elegir un proyecto, es importante tener en cuenta las siguientes pautas:

- El estudiante debe ser capaz de llevarlo a cabo y completarlo en el tiempo de que dispone. El proyecto no debe ser demasiado ambicioso para la capacidad y formación del estudiante, quien debe considerar el desarrollo de esta parte de su formación como una oportunidad para desarrollar nuevas habilidades o mejorar las que ya posee, dejándole, en todo caso, tiempo suficiente para centrarse en el trabajo en sí.
- El estudiante debe escoger un proyecto que le interese. Debe recordar que estará trabajando en el proyecto durante varios meses, por lo que es importante que no se aburra ni pierda la motivación durante ese tiempo.
- El proyecto debe tener un objetivo serio, y de su resultado debe desprenderse algún tipo de beneficio para una empresa o grupo de investigación.
- El objetivo del proyecto es lo que debe determinar el enfoque que se dé al trabajo. Sin un objetivo claro, se puede perder la motivación y el rumbo a medida que el proyecto avance.
- El proyecto debe ser coherente con la formación del estudiante. Por ejemplo, no se debe orientar el proyecto hacia la electrónica si nuestra especialidad son los sistemas de información, o realizar un análisis detallado de sistemas de información si estamos especializados en inteligencia artificial.
- El proyecto debe tener una profundidad y calidad adecuadas al último curso de la ingeniería correspondiente.
- El método científico está basado en la objetividad, y hay que justificar debidamente toda opinión o resultado.

Afortunadamente, existen diversas técnicas y fuentes de información a disposición del estudiante para ayudarle a elegir un proyecto adecuado. Éstas se pueden resumir de la siguiente manera:

- *Ajustarse a los proyectos ofertados por el departamento.* A veces es la única forma de partir de ideas aceptables. Estas ideas pueden provenir de profesores de nuestro departamento o de otros departamentos de la universidad, o bien de pequeñas empresas locales.
- *Proyectos anteriores.* Normalmente el departamento o la biblioteca de la universidad conservan copias de proyectos anteriores, que pueden ser fuente de ideas o de motivación para el estudiante con vistas a su superación. Los proyectos ya presentados también pueden orientar acerca de cómo enfocar el trabajo y sobre la cantidad de esfuerzo que se espera de nosotros.
- *Hablar con compañeros.* Los compañeros, a menudo, pueden orientar nuestras ideas de otra forma, plantear dudas o sugerir alternativas.
- *Leer sobre diversos temas.* Leer libros y artículos en revistas sobre temas que nos interesen puede motivarnos. Mientras se aprende, se puede descubrir una carencia o un hueco en el campo correspondiente, y, aunque no aparezca ninguna idea brillante, leer sobre un tema siempre ayuda a consolidar conocimientos.
- *Agrupamiento y clasificación.* Aunque se haya decidido llevar a cabo un proyecto en un área concreta, podemos no saber exactamente en qué aspectos del tema centrarnos. Agrupar conceptos puede ayudar a identificar, por sus interrelaciones, los aspectos más interesantes que el tema que nos interesa encierra. Este proceso de clasificación y agrupamiento se realiza en dos partes: primero, se escriben en una lista las palabras clave relacionadas con el tema escogido; luego, una vez se hayan agotado todas

las palabras y frases que se nos puedan ocurrir, las agrupamos en categorías. Así, identificamos temas específicos relacionados entre sí, que nos interesan como base del proyecto.

Para clasificar y agrupar se pueden utilizar *mapas de investigación*, *árboles de relevancia* y *diagramas reticulares*. Un mapa de investigación, a veces llamado diagrama de afinidad, muestra cómo se relacionan entre sí los diversos temas dentro del campo de estudio, y da un modelo conceptual del área de investigación. Estos mapas pueden enriquecerse mediante líneas de conexión de mayor o menor grosor para destacar la solidez de las relaciones entre diferentes áreas. La Figura 2.1 es un ejemplo de uno de estos mapas; en este caso se trata de uno de alto nivel conceptual, enfocado al campo de la ingeniería del software. Estos mapas ayudan a relacionar temas afines, a identificar los campos concretos que nos interesan, y a clasificar u ordenar el material que hayamos ido obteniendo en el proceso de decidir nuestro tema de proyecto.

Los árboles de relevancia, tratados con detalle por Sharp y Howard (1996, 33) y Saunders et al. (1997, 50), son parecidos a los mapas de investigación en el sentido de que intentan también construir un modelo de un campo de estudio, aunque se diferencian de los mapas en su estructura. Mientras que los mapas se orientan a identificar los temas relacionados y las conexiones entre ellos, los árboles de relevancia dividen un tema en niveles cada vez más detallados, identificando los elementos de cada tema y los factores que en él influyen. Así, los mapas dan una interpretación general de complejidad creciente del campo de estudio cuando los árboles construyen una jerarquía de los temas que constituyen el área de lo que puede ser el futuro proyecto.

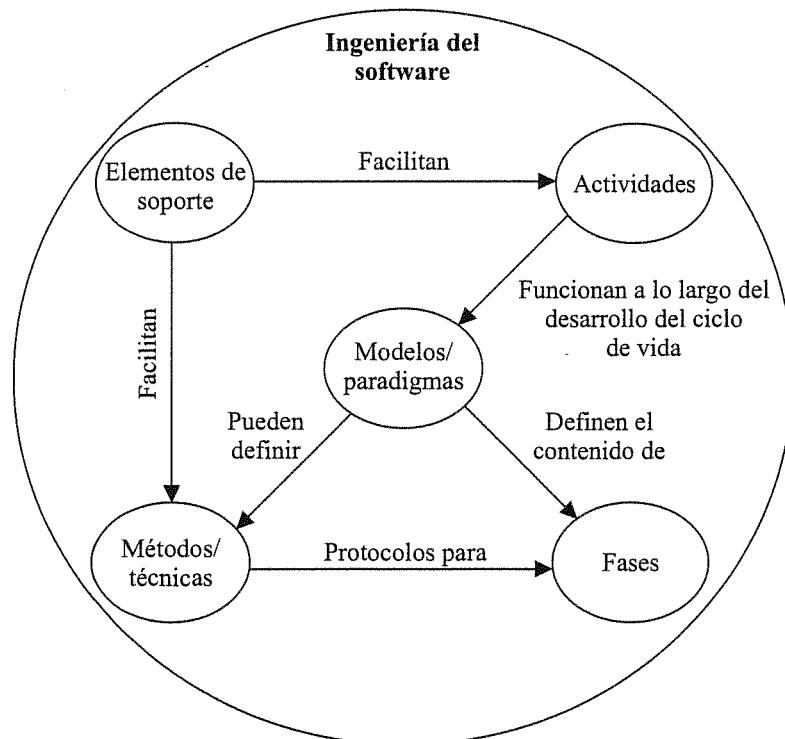


Figura 2.1. *Un mapa de investigación, de alto nivel, para el campo de la Ingeniería del software*

to. Un ejemplo de árbol de relevancia es el que se muestra en la Figura 2.2 , cuyo campo es la *inteligencia artificial*.

Otra forma de estructurar las ideas y de ver cómo se dividen, agrupan y clasifican los temas es a través del uso de los llamados diagramas reticulares. Estos diagramas son similares a los mapas de investigación, ya que destacan las relaciones entre los diferentes aspectos de una tema; también se parecen a los árboles de relevancia, porque muestran la división de los temas a partir de una idea central. En los diagramas el nodo central representa el tema de interés, y las líneas que emanan de él dividen el tema central en partes. Se usan a menudo colores para agrupar ideas y temas. La Figura 2.3 es un ejemplo de diagrama reticular orientado a la ingeniería del software y que hemos adaptado del mapa de investigación de la Figura 2.1.

Es importante recordar que la estructura de los árboles de relevancia, de los mapas de investigación y de los diagramas reticulares que construyamos, acabará dependiendo de nuestra propia interpretación del área que estamos estudiando; otras personas pueden descomponer el campo de estudio de otra manera, o bien utilizar terminología diferente para los mismos conceptos. El estudiante debe estar alerta sobre estas diferencias, para que no le confundan las posibles contradicciones que puedan aparecer entre las diversas fuentes. Por ejemplo, en la Figura 2.2 algunos autores podrían englobar la *representación del conocimiento* dentro de las *técnicas de inteligencia artificial*, o también podrían desechar completamente los *aspectos filosóficos*, mientras que otros podrían incluir algunos temas que no están presentes en la figura.

- *Tormenta de ideas* (Brainstorming). Si realmente tenemos serias dificultades para encontrar un tema para nuestro proyecto, la tormenta de ideas puede ser un recurso útil. Esta técnica consiste en escribir en un papel todas las ideas que se nos ocurran, en cualquier orden y lo más rápido posible. Debemos anotarlo todo, aunque suene completamente irracional, mientras nos queden ideas que expresar. A continuación, hay que examinarlas una a una y evaluarlas con mayor profundidad. Lo que pueda parecer ridículo en un principio podría ser fuente de una buena idea para el proyecto visto desde otro ángulo. Una forma de elegir entre varios temas es lanzar una moneda,

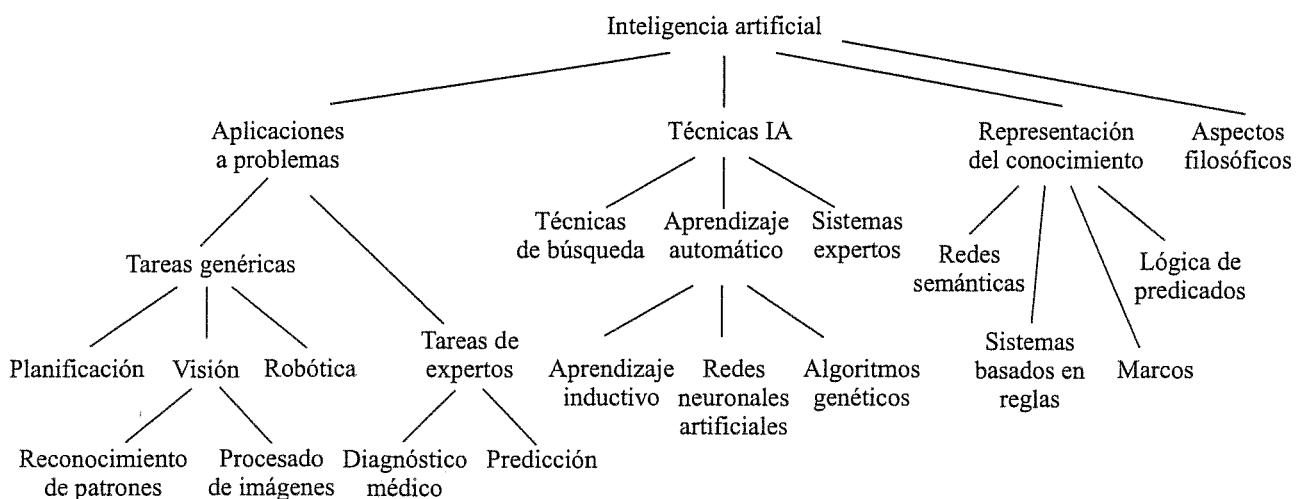


Figura 2.2. Un ejemplo de un árbol de relevancia para el campo de la inteligencia artificial

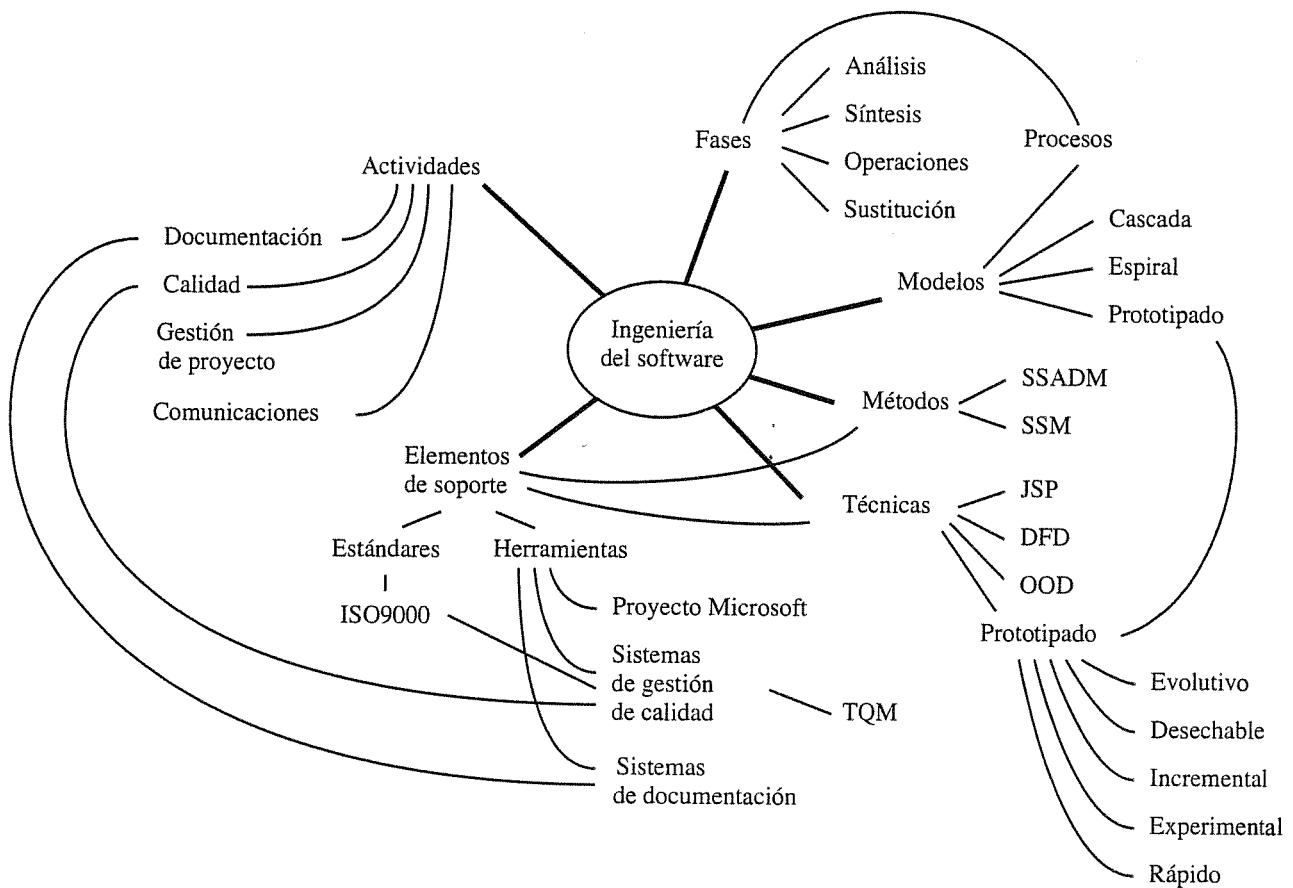


Figura 2.3. Un ejemplo de diagrama reticular para el campo de la ingeniería del software

no para ver cuál es el resultado, sino para que nos preguntemos cómo queremos que caiga la moneda, mientras está girando en el aire.

- *Dividir en capítulos.* Una vez que tengamos una idea para el proyecto, es conveniente pensar en cómo dividirlo en capítulos para el informe final. Si nos resulta difícil, significará que no tenemos claros los detalles del proyecto y que no entendemos plenamente lo que esperamos conseguir. Dividir el proyecto en capítulos también da pistas sobre la perspectiva que le vamos a dar. Si solamente se pueden distinguir dos o tres capítulos, esto significa que el proyecto no es lo bastante amplio. A la inversa, si se pueden identificar diez o más capítulos, quizás estemos intentando abarcar demasiado.

Una vez elegido un proyecto, hay que hacer una serie de consideraciones adicionales:

- *El test del “para qué”* (Herbert, 1990, 7). Ya se ha decidido el proyecto, pero, ¿para qué? ¿Es el tema elegido suficientemente relevante? Si se completa el proyecto satisfactoriamente, ¿será de valor para alguien?; ¿qué contribuciones hará? Éste es el tipo de preguntas que el estudiante debe plantearse para no perseguir algo sin valor y que realmente no valga la pena. Realizar un proyecto sin sentido puede conducirnos a perder la motivación.
- *Justificación.* ¿Se está en condiciones de explicar el proyecto a otra persona de forma clara y concisa? Si la respuesta es afirmativa, seguramente se tiene una buena com-

prensión del tema. Sin embargo hay que destacar que la explicación puede llegar a ser demasiado técnica o demasiado profunda para que una persona cualquiera la entienda; en este caso, no hay que preocuparse excesivamente, pues ello no significa que el tema no esté suficientemente claro para el propio estudiante; por suerte o por desgracia, el proyecto acabará siendo juzgado por especialistas

- *Ordenar la comprensión.* ¿Somos capaces de poner título al 80 por ciento de los capítulos? Si es así, significa que podemos ordenar nuestra propia compresión sobre nuestro campo de trabajo y que, por lo menos, tenemos un concepto claro de su extensión. Si se ignora la profundidad y la amplitud del campo de estudio, se corren demasiados riesgos. Si se llegara a la conclusión de que esta ignorancia al inicio del proyecto es demasiado importante, incluso conviene pensar en la posibilidad de cambiar de proyecto.

Este principio fue enunciado por primera vez por Lord Kelvin quien dijo:

Cuando uno puede medir aquello de lo que habla y expresarlo en forma de cifras, sabe algo del tema; cuando no podemos medirlo ni expresarlo cuantitativamente, el conocimiento que se tiene es escaso e insatisfactorio. Puede ocurrir que se esté en el principio del conocimiento, pero apenas se ha avanzado en el campo de la ciencia.

Esta idea se denomina a veces *metaconocimiento*. Se refiere al conocimiento sobre el propio conocimiento, lo que significa que una persona debe tener un cierto concepto y valoración acerca de su propio conocimiento de un tema o materia determinada. De alguna manera, cuanto más sabemos, más conscientes somos de lo que no sabemos. Esto es especialmente cierto cuando se coloca el conocimiento propio dentro del contexto más amplio del conocimiento global, incluso en el caso de que la experiencia propia sobre una materia sea muy profunda.

- *Contactos.* ¿Tenemos los contactos necesarios para que el proyecto sea viable?; ¿son accesibles y desean ayudar?; por ejemplo, ¿se ha ofrecido alguien de una empresa local a ayudar en el estudio? Si no se tiene resuelto este flanco, el proyecto va a enfrentarse con serios problemas que habrá que resolver antes o después.
- *¿Qué sabe ya el estudiante?* Orna y Stevens (1995, 29) sugieren que se debería realizar otra consideración cuando se identifica el área de investigación. Se debe pensar tanto en qué es lo que ya se sabe como en si se tiene acceso a la información relevante. Esto es útil para clarificar cuáles son las capacidades disponibles, y quizás para constituir una base para un mapa de investigación, un árbol de relevancia o un diagrama reticular. Además, quizás el estudiante desee saber lo que está aprendiendo mientras realiza el proyecto. ¿Cuáles son sus objetivos de formación? ¿Hay algunas habilidades que le gustaría desarrollar o nuevas técnicas que desearía aprender? En este último caso debemos incluir en la planificación del proyecto el tiempo necesario para adquirir estas habilidades, para forzarnos a aprenderlas.

Usar estas ideas y perspectivas sirve para tomar decisiones sobre el proyecto. Sin embargo, una vez tengamos una idea aceptable y que se ajuste a nuestra formación, tendremos que transmitirla y “vendérsela” a otros, presentando una propuesta de proyecto.

2.3. Preparar una propuesta de proyecto

2.3.1. Introducción

Muchas universidades exigen al estudiante la preparación de una propuesta evaluable del proyecto que pretende realizar antes de dar el visto bueno a su inicio. En este caso, a menos que se presente una buena propuesta, el proyecto jamás se empezará. Aunque ésta no se exija, es una buena idea tenerla antes de empezar el proyecto. La propuesta puede servir como primer contacto entre el estudiante, el departamento y el tutor con motivo del proyecto.

En muchos casos, los proyectos pueden cambiar de dirección durante su fase de realización, y de hecho lo hacen, debido a que a medida que el estudiante sabe más sobre el problema que está estudiando, puede elegir mejor a su director. Esto es admisible siempre que la perspectiva y la calidad del proyecto no se venga abajo, y éste se aleje tanto de las intenciones iniciales que sea irreconocible. En este caso, se debería pedir permiso para realizar cambios significativos, y probablemente habría que presentar una nueva propuesta.

Cuando se prepara una propuesta hay dos reglas de oro:

- Seguir las pautas al pie de la letra. La mayoría de las instituciones tienen información específica sobre lo que requieren; por ejemplo, el título del proyecto, sus objetivos, el hardware a emplear, etc. El que no se completen estas exigencias puede llevar a que se rechace la propuesta sin ni siquiera leerla.
- Preparar cuidadosamente el documento de propuesta de proyecto, incluyendo la posibilidad de conseguir que alguien la revise. Cualquier error u omisión puede ejercer una mala influencia y dar la sensación de que el estudiante no está realmente comprometido con dicha propuesta.

No hay estándares universales para proponer proyectos, pero hay algunos elementos que toda propuesta debe incluir.

2.3.2. Contenido implícito

En general, hay cuatro aspectos a los cuales la propuesta de proyecto debe hacer referencia. Aunque estos aspectos pueden no aparecer de forma explícita en la estructura de la propuesta, hay que referirlos implícitamente en su contenido. Estos son:

1. Introducción al tema. Da al lector una comprensión inicial del campo en el que se engloba el proyecto, y una idea de dónde y cómo encaja el proyecto en dicho campo. Sitúa al proyecto dentro de un contexto global y muestra que está ligado a un campo reconocido de trabajo, es decir, que lo que se plantea no es una simple ocurrencia o idea feliz del estudiante sin sentido ni base fundamentada.
2. Investigación actual en el campo de estudio. Muestra que el proyecto no está basado en un campo agotado o pasado de moda, y que el estudiante es consciente de las implicaciones de dicho campo. También trata de poner de manifiesto que se ha realizado algún tipo de investigación preliminar sobre el tema y que no se está enfocando el proyecto con poca base o motivación.
3. Identificar un hueco. El estudiante debe ser capaz de identificar algún aspecto del tema que requiera una investigación o estudio más detallado. No sirve de nada repetir el tra-

bajo de otros (a menos que estemos evaluando sus perspectivas), y hay que argumentar someramente que el campo de estudio no está agotado y que vale la pena seguir investigando en él.

4. Identificar cómo la investigación que se propone puede llenar el hueco existente. Una vez encontrada una carencia en el campo de estudio, la propuesta debe mostrar cómo el proyecto intenta llenar dicho hueco y la contribución que esto puede suponer.

2.3.3. Secciones explícitas

A continuación se detallan las secciones más comunes que las propuestas de proyectos deben incluir. Si no existe en la institución académica ninguna guía referida al contenido que debe tener la propuesta del proyecto, al redactarlas debemos incluir, como mínimo, las siguientes tres secciones:

1. Título. Debe ser claro y conciso. Hay que evitar el uso de acrónimos mientras sea posible. Son ejemplos de títulos claros y concisos los siguientes:

- “Evaluación de métodos de sistemas de software como herramientas de análisis en pequeños sistemas de software”.
- “Redes neuronales para la estimación del coste del desarrollo de software”.
- “Desarrollo de modelos de procesos para herramientas de informática gráfica”.
- “Evaluación de modelos en sistemas tolerantes a fallos”.

2. Propósito del proyecto y objetivos. El propósito de un proyecto debe mostrar aquello que se espera obtener con él. Este propósito es, por su naturaleza, una idea muy amplia. Por el contrario, los objetivos identifican los logros específicos que el estudiante espera alcanzar en su camino hacia el propósito último del proyecto. Por tanto, los objetivos son más precisos que el propósito general, ya que son “medidas cuantitativas y cualitativas por las cuales el proyecto será juzgado” (Turner, 1993, 108). En su conjunto, los objetivos representan las componentes principales que orientan el trabajo propuesto (Weiss y Wysocki, 1992, 13).

Identificar los objetivos clarifica en la mente del estudiante y del lector lo que se espera obtener en concreto del proyecto. También se usan para valorar el proyecto una vez finalizado. Por ejemplo, ¿se ha conseguido todo lo que se pretendía? Por ello, los objetivos deben ser claros y no contener ambigüedades. El Capítulo 3 trata con mayor profundidad los propósitos y objetivos de un proyecto.

Un ejemplo de objetivos y propósitos es el siguiente:

Propósito:

- Evaluar técnicas de inteligencia artificial para modelizar patrones meteorológicos.

Objetivos:

- Identificar y evaluar las técnicas de modelado existentes de los patrones de comportamiento meteorológico.
- Evaluar la adecuación de la perspectiva de la inteligencia artificial para modelar patrones en meteorología.
- Desarrollar un sistema de inteligencia artificial para modelar estos patrones climáticos.

- Diseñar y desarrollar una red neuronal para modelar estos patrones.
- Comparar la perspectiva basada en una red neuronal con otras técnicas de inteligencia artificial y con otras perspectivas existentes en el diseño de patrones meteorológicos.

3. Resultados esperados. Esta sección enumera de forma precisa lo que se espera obtener al final del proyecto. Para ello puede ser útil algún tipo de referencia o informe que incluya algunas recomendaciones e indicaciones. En primer lugar, hay que incluir una división en capítulos donde sea necesario. Estos resultados puede contener programas y documentación de usuario, así como modelos y algoritmos que se desarrollarán para tratar problemas específicos; asimismo, también puede plantearse como resultado esperado la elaboración de una especificación funcional, de un programa de software, de un prototipo o de un programa de pruebas.

Las secciones introducidas hasta ahora representan lo mínimo que debe incluir una propuesta de proyecto. Sin embargo, toda propuesta debería contener también:

4. Palabras clave. Expresiones o palabras que se usan para identificar los temas que trata el proyecto y las materias con que se relaciona, lo que quizás podría no quedar claro a la vista solamente del título. Recordemos que tanto las bibliotecas como las bases de datos también usan palabras claves para clasificar su material. El estudiante puede estar limitado en el número de palabras clave que puede utilizar (por ejemplo, cuatro o cinco), y debe recordar que estas palabras clave no son necesariamente palabras aisladas, sino un conjunto de palabras relacionadas o expresiones asumidas; por ejemplo, inteligencia artificial o arquitecturas tolerantes a fallos.

5. Introducción/contexto/visión general. Esta sección pretende dar una perspectiva general del proyecto e introducir el contexto en el que se encuadra. Aquí se pueden incluir las razones por las cuales el estudiante cree que es un candidato adecuado para llevar a buen puerto el proyecto, por qué asume que puede hacerlo, qué habilidades se necesitan y cómo domina dichas habilidades, por qué el tema le interesa particularmente, y por qué ha escogido este proyecto en primer lugar. Esta sección podría incluir también, en su caso, una introducción a la empresa u organización donde se realizará el proyecto. En definitiva, este apartado presenta al lector el marco del proyecto.

6. Investigaciones relacionadas. Se identifican otros trabajos, publicaciones e investigaciones relacionadas con el tema de interés. Se trata de demostrar que el proyecto no se sitúa en un vacío académico, sino que se sabe cómo ligarlo con temas de investigación y campos actualmente en boga. La investigación relacionada también puede ayudar a demostrar al lector el conocimiento que el futuro ingeniero tiene sobre ese campo, demostrando que está familiarizado con otros temas, que también afectarán a la calidad final de su trabajo.

7. Tipo de proyecto. Quizás queramos identificar el tipo de nuestro proyecto: basado en la investigación, de desarrollo, de evaluación, etc. Sin embargo, hay que asegurarse de que estos términos son claros y dar más detalles si fuera necesario.

8. Preguntas de investigación e hipótesis. La propuesta de proyecto debe incluir también las preguntas que plantea y las respuestas que esperamos que éste dé. Los proyectos informáticos no se enfocan necesariamente a resolver preguntas específicas, pero para algunos proyectos esto es esencial. Ejemplo de estas preguntas son:

- ¿Afecta el tamaño de una empresa a su compromiso con los estándares de calidad del software?

- ¿Cuál es la relación, si la hay, entre la facilidad de mantener el software y los estándares de estructura del código?
- ¿Existe una solución óptima para predecir los costes del desarrollo de software?
- ¿Cómo mantienen las grandes empresas en el desarrollo de su software interno?

Estas preguntas son en sí “oportunidades abiertas para satisfacer tu curiosidad” (Rudestand y Newton, 1992, 56), y se relacionan a menudo con una o más hipótesis. Una hipótesis es una “proposición de prueba sujeta a ser verificada mediante una investigación más profunda” (Verma y Beard, 1981, 114; citado por Bell, 1993, 18). Aunque en la propuesta no es necesario definir las hipótesis junto a las preguntas, conviene tener en cuenta que las hipótesis son posibles respuestas a las cuestiones planteadas y, en el fondo, sirven para enfocar la investigación. Ejemplos de hipótesis basadas en la cuarta pregunta de la lista anterior son:

Hipótesis 1: Las grandes empresas utilizan siempre estándares reconocidos para mantener la calidad de su software interno.

Hipótesis 2: Las grandes empresas generalmente tienen un departamento de calidad que garantiza la calidad del software interno.

También vale la pena mencionar aquí la importancia de mantener la *simetría* de la investigación con respecto a las preguntas y a las hipótesis. Esta simetría implica que “los resultados sean de valor independientemente de lo que se descubra” (Gill y Johnson, 1991; citado por Saunders et al., 1997, 13). Con ello en mente, es importante darse cuenta de las implicaciones de las hipótesis que se han formulado. Si son ciertas, el estudiante debe preguntarse: “¿Para qué?”; “¿valía realmente la pena probarlas?”.

9. **Métodos.** En esta sección se señala la metodología de investigación y de desarrollo de proyecto que usaremos en el proyecto. Esta sección no tiene por qué identificar aquellos métodos que vayan a ser objeto de investigación como parte del proyecto, sino los que se van a utilizar realmente como herramientas de trabajo. Podría incluir métodos de desarrollo que se están utilizando para la construcción de un sistema, métodos de control para una evaluación de casos, métodos para comparar dos o más sistemas, etc. Los métodos de investigación incluyen los introducidos en el Capítulo 1, como la observación activa, el estudio de casos, control, revisión, etc.

10. **Recursos requeridos.** Es imprescindible identificar los recursos que necesita el proyecto: hardware, software, e incluso el acceso a determinados computadores que pueden ser imprescindibles para hacer el trabajo. Puede ser que ya se tenga acceso a recursos concretos y esto hay que señalarlo en esta sección. Por supuesto, si los recursos para el proyecto no están disponibles en el propio departamento de informática, o son demasiado caros, el proyecto será inaceptable. Sin embargo, si se sabe que se necesita un programa concreto de software o un hardware determinado, debemos averiguar su coste e incluir aquí dicha información. Es importante que se señalen formas de suplir las carencias de los recursos necesarios. Una propuesta que omite esta información puede ser rechazada porque el asesor no conozca el precio o la disponibilidad del recurso descrito, y en consecuencia puede concluir que está más allá del presupuesto del proyecto.

Dentro de esta sección, o en un encabezamiento aparte, se puede incluir una lista de material bibliográfico necesario para realizar el proyecto; por ejemplo, revistas especializadas, informes de empresas, libros, etc. Una vez más, si estos materiales no están disponibles, el

proyecto será en realidad inviable, y habrá que cambiar su enfoque. También tendremos que incluir el acceso a empresas concretas en el caso de que pretendamos llevar a cabo un estudio de casos. Sin este acceso, el proyecto puede avanzar con dificultad, así que es importante mostrar que se dispone de buenos contactos.

11. Plan de proyecto. Es muy útil presentar una primera planificación del proyecto como parte de la propuesta, ya que demostrará que el proyecto es factible en el tiempo de que se dispone y que se tiene una cierta idea del trabajo que realmente supone y del camino a seguir para completarlo. La mejor manera de presentar un plan de proyecto es utilizando una representación visual, como un *diagrama de Gantt*, que describiremos en el siguiente capítulo. Sin embargo, a efectos de propuesta, esta gráfica debe reducirse a una sola página.

2.3.4. Revisar la propuesta

Como hemos adelantado, la segunda regla de oro para preparar una buena propuesta es revisarla cuidadosamente, para detectar todos los posibles fallos, omisiones y errores gramaticales. ¿Se han incluido todas las secciones necesarias con la profundidad suficiente? ¿Está bien presentada (no es aconsejable que esté escrita a mano)? ¿Encajan bien las secciones?

A continuación damos dos ejemplos de propuestas de proyecto para estudiantes de último año especializados en sistemas de información. Ambas propuestas representan el mismo proyecto, y se han resumido por motivos de claridad.

Título:

Migración del software.

Tipo de proyecto:

(Sin definir)

Propósito y objetivos:

Trasladar una serie de aplicaciones software desde un mainframe a un sistema cliente/servidor en una empresa local.

Resultados:

- Posibilidad de conectar el *mainframe* a un millar de computadores personales.
- Integración total en un entorno cliente/servidor.
- Formación de los usuarios.
- Codificación y pruebas.

Metodología de investigación:

PRINCE.

Requisitos de hardware y software:

Todos los disponibles en la empresa.

Nótese que esta propuesta es más bien pobre. El *Título* es bastante vago, y sólo presenta el tipo de proyecto que se propone. La sección *Tipo de proyecto* se ha dejado en blanco, y los *Propósitos* y *objetivos* representan un proyecto orientado a la industria, básico y técnico, sin contenido o justificación académica. La redacción de los *Resultados* que se esperan obtener se limita simplemente a identificar los resultados técnicos del proyecto. La *Metodología de investigación* identifica el método que se evaluará, y no los métodos de investigación que se van a usar. Además, la propuesta incluye algunos errores y abreviaturas. En conjunto, aunque este proyecto podría ser aceptado en una empresa, le falta calidad y rigor académico, y está pobemente presentado.

Veamos la propuesta desde otro ángulo:

Título:

Implicaciones de la migración del software en la dirección de proyectos.

Tipo de proyecto:

Proyecto de evaluación, basado en la industria.

Propósito y objetivos:

Propósito: Evaluar el uso del método PRINCE como medio para la migración del software desde un *mainframe* a un sistema cliente/servidor.

Objetivos: Evaluación de herramientas y métodos para resolver los aspectos técnicos de la migración, incluyendo los aspectos de organización. Evaluación con empresas similares que han efectuado también migraciones del software, para poder comparar.

Se usará la migración de una serie de aplicaciones en una empresa local (cuyo acceso se ha obtenido) como vehículo para realizar una evaluación crítica del método PRINCE.

Resultados:

Un informe detallando los siguientes contenidos:

- Una explicación de los beneficios obtenidos de la migración.
- Un análisis de las dificultades encontradas.
- Una evaluación crítica del método PRINCE y sus aplicaciones.
- Una metodología para futuros proyectos de migración.

Discusión y evaluación de herramientas y métodos alternativos para la migración del software.

Metodología de investigación:

Estudio de casos, observación activa.

Requisitos de hardware y software:

Todos los disponibles en la empresa.

Esta propuesta de proyecto académico es bastante mejor que la anterior. Aunque el proyecto sea el mismo, ahora se identifica de forma más clara el aspecto académico del pro-

yecto y la evaluación crítica que requiere. Todas las secciones han sido completadas correctamente; por ejemplo, en *Metodología de investigación* se enumeran aquellos métodos que se emplean realmente; asimismo, el *Tipo de proyecto* ha quedado bien identificado. La propuesta se lee bien, y se han revisado los errores y las omisiones.

2.4. Elegir un supervisor

Si se tiene la posibilidad de elegir el supervisor del proyecto, conviene hacer una serie de consideraciones que pueden ser útiles antes de realizar la elección. Sharp y Howard (1996, 28-29) destacan cinco preguntas que los estudiantes deberían formularse sobre sus posibles supervisores o tutores de proyecto:

1. ¿Cuántos proyectos fin de carrera han dirigido?
2. ¿Cuáles son sus puntos de vista sobre la dirección de investigación de estudiantes y, en particular, sobre el papel del supervisor en ella?
3. ¿Tienen prestigio en sus especialidades?
4. Además de ser competentes en su materia de investigación, ¿lo son en su metodología?
5. ¿Son accesibles?

El quinto punto se puede relacionar tanto con la disponibilidad general del director del proyecto, como con la capacidad que tiene el estudiante de acercarse a su despacho o lugar de trabajo. Está muy bien poder ver al tutor con frecuencia, pero si no se confía en él se corre el riesgo de estar perdiendo el tiempo.

Tutores o directores de proyecto los hay de muchos tipos, pero los puntos más importantes que debe mirar el estudiante son: su accesibilidad y experiencia como director, la capacidad que tenga en su campo de trabajo, y sus habilidades como supervisor. El Capítulo 5 trata con más detalle las relaciones entre el estudiante y su tutor, y estudiaremos la forma de aprovechar al máximo el tiempo que éste vaya a dedicarnos.

2.5. Resumen

- Elegir un proyecto adecuado es la fase más importante de cualquier proyecto.
- Se han presentado diversas técnicas que se pueden usar para hacer una elección acertada.
- Cuando se prepara una propuesta hay dos reglas de oro: seguir las pautas dadas y revisar cuidadosamente la propuesta.
- Una propuesta de proyecto debería incluir, al menos implícitamente, el contexto en el que se engloba el proyecto, la investigación relacionada con él, la identificación de una carencia a cubrir, y la forma cómo el proyecto pretende cubrir dicho déficit.
- Las propuestas de proyecto deberían incluir como mínimo tres partes: título, propósito y objetivos y resultados esperados.
- Se han presentado las preguntas que el estudiante se debe plantear antes de elegir a su director de proyecto, si esta elección es posible.

2.6. Ejercicios

1. Construye un diagrama de investigación, un árbol de relevancia y un diagrama reticular para tu propio proyecto.
 2. ¿Podrías mejorar la propuesta de proyecto presentada en la Sección 2.3.4?
 3. Redacta una propuesta para tu proyecto utilizando las ideas y habilidades que has aprendido.
-

CAPÍTULO 3

Planificación del proyecto

Propósito

Explicar las bases de la planificación de proyectos fin de carrera.

Objetivos de aprendizaje

Una vez completado este capítulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Describir las fases típicas del desarrollo de un proyecto informático académico.
- Definir el propósito principal y los objetivos del proyecto.
- Realizar una planificación adecuada.
- Comprender el uso de las técnicas de gestión de proyectos en la fase de planificación.

3.1. Introducción

Desde la idea inicial hasta su culminación, todo proyecto se desarrolla en cinco etapas principales:

1. Definición.
2. Planificación.
3. Iniciación.
4. Control.
5. Finalización o cierre.

Aunque estas fases se dan tanto en un proyecto académico de pocos meses como en un proyecto industrial de varios años, es obvio que no todas tienen la misma importancia en cada caso, y las consideraciones correspondientes difieren en un caso u otro. Por ello, nosotros pondremos especial énfasis en el caso del proyecto académico, asumiendo que el estudiante aprenderá en otros textos aquellas técnicas más específicas relacionadas con la planificación de proyectos informáticos de carácter industrial o empresarial.

La definición y la planificación son las fases iniciales, es decir, las actividades previas al desarrollo del proyecto en sí. La definición es la fase preliminar de este proceso, e incluye, en particular, las actividades presentadas en el Capítulo 2, esto es, la elección del proyecto y la tarea de conseguir que éste sea aceptado presentando una propuesta aceptable para ello.

Además, esta fase también implica establecer una definición más detallada del proyecto a fin de poder pasar a la segunda fase, la planificación, donde se definirá y plasmará la estrategia a seguir para alcanzar los objetivos previstos. Las tres siguientes etapas del proceso representan el cuerpo del trabajo a realizar; todas están encaminadas al desarrollo del producto final del proyecto; éste, además de una memoria o informe escrito, puede ser un programa de software debidamente documentado, un nuevo modelo de algoritmo, una búsqueda de información, un estudio de casos, etc. El producto representa, en definitiva, el resultado esperado del proyecto.

La fase de *iniciación* incluye el conjunto de actividades necesarias para empezar el trabajo, en particular que el estudiante establezca una rutina de trabajo. Normalmente incluye la investigación y el acopio de la documentación necesaria para los desarrollos posteriores. Si se trabaja en grupo, habrá que repartir las tareas y organizar de alguna manera el equipo. El estudiante debe organizarse también para elaborar el calendario de visitas a su tutor para informarle de sus avances y de las dificultades con que se encuentre.

Una vez organizado y puesto en marcha el proyecto, habrá que controlar su evolución. El *control* del proyecto se trata con detalle en el Capítulo 5. La última etapa de cualquier proyecto es su *finalización*, que implica: escribir un informe o memoria definitiva, preparar una exposición oral, completar y probar todos los programas, y revisar la documentación asociada a los mismos; en definitiva, dejarlo todo listo. Los Capítulos 6 y 7 tratan de cómo dejar a punto el proyecto.

3.2. Definición del proyecto

El objetivo de esta fase consiste en especificar con claridad aquello que se espera conseguir con el proyecto. Como se ha dicho anteriormente, esta fase incluye la elección del proyecto y la redacción de una propuesta (Capítulo 2). Una buena propuesta permitirá que nos acepten el proyecto, y definirlo bien ayudará a clarificar nuestros objetivos.

Como ya adelantamos, toda definición de un proyecto debe identificar los propósitos y los objetivos del trabajo. En el Capítulo 2 se explicó brevemente la diferencia entre propósitos y objetivos. Ahora ampliamos estas ideas para ayudar a definir claramente el proyecto, lo cual es importante por diversas razones:

- Si se presentan dificultades a la hora de definir el proyecto en términos de propósitos y objetivos, resultará muy complicado enfocar bien el trabajo. Ello significará que la comprensión del tema es deficiente, y que se necesita profundizar en el área de conocimiento elegida, o simplemente elegir otro proyecto.
- El que los objetivos sean explícitos y claros ayudará a resolver cualquier dificultad que pueda aparecer durante el desarrollo del proyecto.
- Proporciona un método para evaluar el éxito al final; por ejemplo, ¿se ha conseguido todo lo que se pretendía, o incluso algo más?

3.2.1. Definir los propósitos

Hay que definir el proyecto a dos niveles. En el nivel superior, el propósito o meta del proyecto es una guía indispensable para orientar el trabajo y no desviarse del camino adecuado.

A continuación, citamos algunos ejemplos típicos de propósitos u objetivos principales de diversos proyectos informáticos:

- Evaluar la efectividad de las técnicas de captura de requisitos en pequeñas empresas de desarrollo de software.
- Desarrollar y evaluar un interfaz de usuario para paquetes estadísticos.
- Diseñar una metodología para el desarrollo de interfaces gráficas utilizable como material para un curso de carácter técnico.
- Producir y evaluar lenguajes de cuarta generación para el desarrollo de bases de datos.

Estos propósitos generales ayudan a comprender el proyecto y a identificar tanto el área de investigación como el enfoque del trabajo. En el nivel inferior, cada proyecto contará con una serie de objetivos, o subpropósitos, más concretos, que constituirán los diferentes pasos hacia el propósito principal del proyecto.

3.2.2. *Establecer los objetivos*

Como se dijo en el Capítulo 2, los objetivos representan los logros significativos en el camino hacia el propósito final del proyecto. Una vez definido el propósito, se debe continuar definiendo los objetivos secundarios del proyecto. Para un proyecto que vaya a durar aproximadamente un año, no debe superarse la cifra de doce objetivos secundarios. Si tuviéramos más, quizás estemos intentando abarcar demasiado, o quizás se esté dividiendo el proyecto con demasiado detalle, en cuyo caso, en esta fase, debiéramos dar una visión más general.

Como ejemplo, vamos a utilizar un proyecto cuyo objetivo es avanzar en el valor que puede tener la utilización de las redes neuronales para predecir la evolución de los índices del mercado bursátil (cosa nada fácil, ni siquiera para las redes neuronales naturales). Los propósitos y objetivos de este proyecto que podríamos identificar podrían ser:

Propósito principal:

- Desarrollar y evaluar una red neuronal para predecir las variaciones de los índices del mercado bursátil.

Objetivos del proyecto:

1. Documentar las diferentes técnicas actuales para la predicción de las variaciones de los índices de la Bolsa.
2. Desarrollar un modelo apropiado con una red neuronal.
3. Reunir datos para el análisis y la evaluación.
4. Evaluar el modelo utilizando las técnicas estadísticas adecuadas.
5. Redactar un informe o memoria final.

Nótese que los objetivos plasmados están orientados hacia la meta o propósito final, y que se enumeran en orden cronológico atendiendo a cómo pensamos realizar el trabajo. También hay que considerar cómo subdividir estos objetivos. Por ejemplo, el objetivo 2 requiere encontrar y evaluar una herramienta y una topología adecuada antes de desarrollar concretamente la red neuronal perseguida. Por su parte, el objetivo 4 requerirá que el estudiante investigue y aprenda las técnicas estadísticas a utilizar, y en su caso aprenda a manejar los

paquetes existentes de cálculo estadístico. Sin embargo, subdividir los objetivos en un nivel de detalle cada vez mayor puede oscurecer la visión del objetivo primordial. Todo esto se desarrollará en la siguiente sección, donde se explica cómo subdividir el trabajo para completar el proyecto usando las llamadas *estructuras de división de trabajo*.

3.3. Planificación del proyecto

La planificación del proyecto tiene dos funciones: clarificar el orden de las tareas, y estimar el tiempo necesario para llevarlas a cabo. Es en esta fase cuando el estudiante debe darse cuenta de forma ya definitiva de si el proyecto es excesivamente complejo o es demasiado superficial para lo que se le exige académicamente. Entonces podrá decidir si amplía o reduce la panorámica del proyecto, con la consiguiente replanificación del trabajo.

La planificación se realiza en seis pasos, que requieren el dominio de ciertas técnicas:

- División del trabajo.
- Estimación de tiempos.
- Identificación de hitos.
- Encadenamiento de actividades.
- Planificación temporal.
- Replanificación.

Las técnicas requeridas para ello son: *las estructuras de división del trabajo*, *las redes de actividades*, y *los diagramas de Gantt*. Estudiaremos cada una de ellas cuando analicemos los pasos de la planificación del proyecto.

3.3.1. Primer paso: división del trabajo

El proceso de construcción de una estructura de división del trabajo consta de:

- a) Descomponer el proyecto en sus objetivos principales.
- b) Dividir sucesivamente los objetivos, hasta identificar el trabajo de desarrollo que se necesita llevar a cabo.

Así, la Figura 3.1 es un ejemplo de una posible estructura de división de trabajo para el ejemplo del proyecto relacionado con la construcción de una red neuronal para la predicción de los índices de la Bolsa, a la que nos hemos referido anteriormente. En la sección anterior hemos identificado cinco objetivos principales a completar, que coinciden con la primera descomposición que hacemos del proyecto.

La estructura se desarrolla dividiendo a su vez dichos objetivos en otros de menor nivel y cada vez más concretos. Se observará que unas actividades tienen que subdividirse más que otras, en función de su naturaleza. Por ejemplo, el proceso de investigación bibliográfica de la Figura 3.1 requiere completar tanto la búsqueda de información como la revisión de la misma (si bien veremos en el Capítulo 4 que el proceso de búsqueda bibliográfica es algo más complicado). Asimismo, se observa que el desarrollo de una red neuronal implica investigar y evaluar las herramientas y topologías habituales antes de diseñarla, para a continuación construirla y probarla.

La evaluación implica tres actividades: aprendizaje de la red, uso de los modelos del mercado de valores estudiados en la revisión de la bibliografía, y análisis combinado de ambos

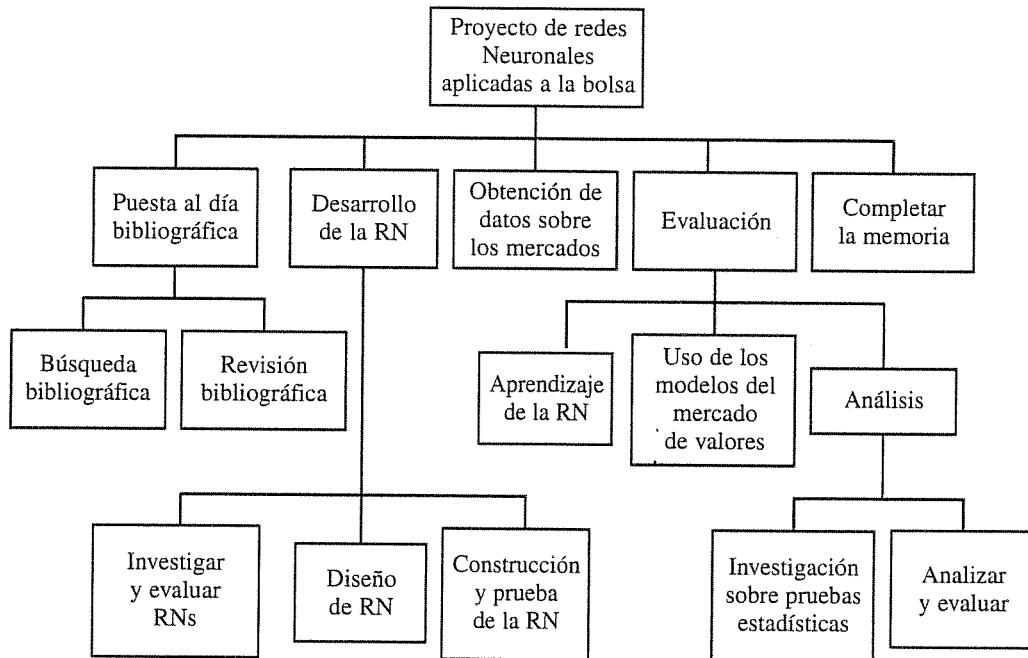


Figura 3.1. *Un ejemplo de la estructura de descomposición del trabajo*

elementos. Cabe destacar que el proceso de análisis se ha subdividido más, mostrando que se requiere una investigación acerca de las pruebas y herramientas estadísticas apropiadas para ser utilizadas en esta aplicación, para después poder proceder a analizar y evaluar los resultados que se obtengan.

A medida que se va descomponiendo el proyecto, hay que asegurarse de que las tareas de cada nivel quedan bien individualizadas y separadas entre sí, al tiempo que nos cercioramos de que una actividad en una parte de la estructura no se repite en otra. Si ello ocurriera, o bien se duplicaría el esfuerzo innecesariamente, o bien se habría desarrollado incorrectamente la estructura de descomposición del trabajo.

Se puede continuar descomponiendo estas actividades más aún, pero hay que detenerse en algún momento. Una regla general a aplicar consiste en seguir dividiendo el proyecto en actividades que no ocupen menos del 5 por ciento de la duración total estimada. Por ejemplo, no vale la pena identificar actividades que requieran menos de una semana en un proyecto de seis meses; de lo contrario, se puede gastar más tiempo ajustando planes que realizando el trabajo en sí. Siempre hay acontecimientos impredecibles en los proyectos y actividades que requieren más tiempo de lo esperado, y no resulta sensato hilar demasiado fino durante la planificación. Ello es especialmente aconsejable en el caso particular de un proyecto fin de carrera, donde el estudiante está enfrentándose por primera vez a este tipo de estimaciones. Por ello, no debemos aspirar a determinar las tareas de forma muy exacta, y por tanto nos permitiremos una cierta holgura en esta descomposición.

3.3.2. Segundo paso: estimación de tiempos

Sólo es posible comenzar a estimar el tiempo que nos llevará el proyecto, cuando hayamos descompuesto adecuadamente cada objetivo en tareas suficientemente simples, usando las técnicas anteriores. Lo más aconsejable es quedarse razonablemente convencido de que el

tiempo disponible será suficiente para estar ocupado durante el tiempo asignado, con la obtención de un resultado satisfactorio al final. Se podría pensar que estas tareas de bajo nivel que todavía no son lo bastante explícitas y nada impide seguir subdividiendo el trabajo; sin embargo, en una primera aproximación, esto es justamente lo que hicimos en la fase de análisis y primera división del proyecto que hemos tomado como ejemplo.

Al centrarnos en el nivel más bajo de la estructura de división del trabajo, nos resultará posible llegar a hacer predicciones bastante precisas del esfuerzo necesario para completar dichas actividades y, consecuentemente, para completar el proyecto en su totalidad. Por ejemplo, utilizando las estructuras de la Figura 3.1, el tiempo estimado para completar las tareas de más bajo nivel es el que se especifica en el Cuadro 3.1.

Nótese que se puede estar bastante contento con la estimación del tiempo total obtenida, ya que es mucho más precisa de lo que se habría conseguido a partir solamente del título del proyecto. Cuando se llega a esta cuantificación temporal, el estudiante podrá darse cuenta de que, quizás, ha pretendido hacer demasiado para el tiempo disponible, y que tal vez tenga que reducir los objetivos. Alternativamente, podemos asignar menos tiempo a completar una tarea concreta si llegáramos a la conclusión que las estimaciones de tiempo que hemos hecho para dicha tarea son demasiado conservadoras.

Cuadro 3.1. *Estimación de tiempos del proyecto ejemplo*

<i>Actividad</i>	<i>Duración estimada</i>
Búsqueda bibliográfica	8 semanas
Revisión bibliográfica	4 semanas
Investigar y evaluar las RN	4 semanas
Diseño RN	4 semanas
Desarrollo y prueba RN	2 semanas
Obtención de datos sobre los mercados	1 semana
Aprendizaje de la RN	1 semana
Investigación sobre pruebas estadísticas	2 semanas
Análisis y evaluación	4 semanas
Completar la memoria	8 semanas
Esfuerzo total	40 semanas (aproximadamente 10 meses)

3.3.3. Tercer paso: identificación de hitos

Los hitos (milestones) son unos objetivos intermedios en el proceso de desarrollo del proyecto, y constituyen los pasos previos que conducen a la consecución de la meta final. Elegir correctamente los hitos ayuda a darse cuenta de los progresos realizados, así como a percibir inmediatamente si el desarrollo del proyecto se sale del esquema preestablecido en la planificación. La Figura 3.2 ilustra este proceso; en ella los hitos son referencias, a modo de “miniobjetivos”, que se utilizan para enfocar el trabajo a corto plazo.

Para identificar hitos hay que centrarse en la división que se ha realizado de la estructura del proyecto y extraer de ella los puntos clave en el desarrollo del mismo. Lo mejor es

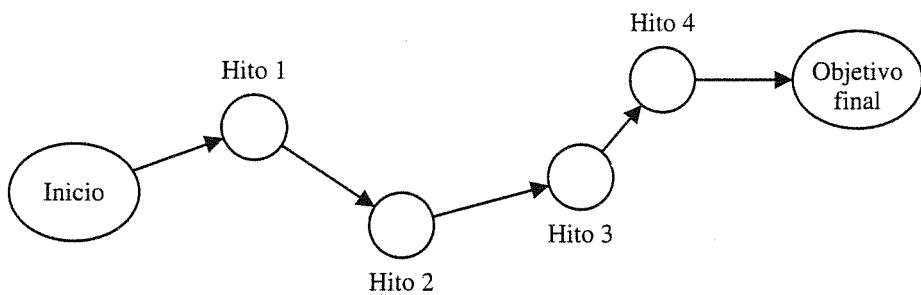


Figura 3.2. *Hitos que conducen al objetivo final del proyecto*

partir del nivel superior de la estructura, que ilustra la división del trabajo en subtareas, y emplear algunos de los objetivos del proyecto para marcar los hitos, pues representan pasos significativos en la consecución del proyecto. El número de hitos que se establecen varía según el tamaño del proyecto. Para un proyecto que vaya a durar un año, es adecuado identificar seis o siete hitos, que representarían cada uno aproximadamente dos meses de trabajo. Evidentemente, hay que incluir como hito la propia finalización del proyecto.

Para simplificar, sólo tomaremos dos hitos en nuestro proyecto ejemplo: la finalización investigación bibliográfica (hito 1; H1), y la consecución del objetivo final (hito 2; H2). Nótese que el hito H1 representa que se ha dado un paso importante en el desarrollo del proyecto y que esperamos finalizarlo al cabo de unas doce semanas de trabajo. El siguiente apartado explica cómo representar los hitos en el plan del proyecto.

3.3.4. Cuarto paso: encadenamiento de actividades

Ahora que tenemos una idea cualitativa y cuantitativa de cada una de las tareas que hemos de llevar a cabo para culminar nuestro proyecto, ha llegado el momento de encadenarlas adecuadamente. Para conocer el orden adecuado en el que hay que realizar las diferentes tareas se utiliza una *red* o *diagrama de actividades*. Estas estructuras se desarrollaron hacia finales de los años cincuenta para ayudar a la planificación de grandes proyectos, no sólo los de carácter informático. Existen distintas variantes, diagramas PERT, redes de actividades, que vamos a recordar en su forma más simple, ya que para un proyecto fin de carrera hay suficiente con el uso de las formas más sencillas de este tipo de representación para la planificación.

Las actividades las representaremos utilizando nodos o rectángulos. Por ello, en la jerga habitual se emplea el término *actividades sobre el nodo* (activity-on-the-node diagram). En estos diagramas, los nodos indican las tareas que hemos de realizar a medida que avanza el proyecto, y las flechas que los conectan muestran el orden en el que debemos completarlas. Por ejemplo, en la Figura 3.3, la tarea A puede comenzar en cualquier momento, ya que no está relacionada con ninguna otra tarea que estemos realizando. Puesto que el proyecto tiene sólo cuatro tareas, la tarea A comenzará al iniciarse el proyecto. Las tareas B y C no pueden iniciarse hasta que no se haya completado A, mientras que la D sólo puede realizarse una vez finalizadas felízmente B y C.

Si aplicamos este tipo de representación a nuestro ejemplo de proyecto de una red neuronal para prever el comportamiento de los índices bursátiles, obtenemos el esquema mostrado en la Figura 3.4. Es interesante hacer notar que esta representación no es siempre un

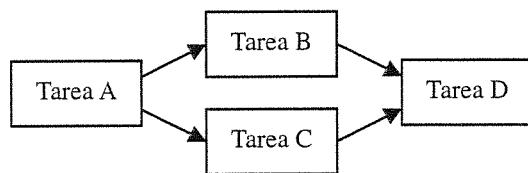


Figura 3.3. *Un ejemplo de un diagrama sencillo de “actividades sobre el nodo”*

reflejo exacto de la realidad; así, en el ejemplo, hemos identificado la consecución del informe final del proyecto como una actividad a realizar en las últimas 8 semanas de trabajo, a pesar de que, en realidad, estaremos trabajando en el informe final durante la mayor parte del desarrollo del proyecto, y la actividad representada en la figura, en la práctica, se reduciría a reorganizar y dar forma definitiva al informe, es decir, a revisar y completar las referencias bibliográficas, a escribir un resumen, a corregir la ortografía o a leer el trabajo completo.

La Figura 3.4 incorpora dos aspectos nuevos respecto a la Figura 3.3 que hay que resaltar. El primero es que se han incluido los hitos, en forma de óvalos, llamados H1 y H2, siendo H1 la investigación bibliográfica finalizada y H2 el cierre del proyecto, y ambos se han colocado en posiciones relevantes del diagrama. El segundo punto a resaltar es que se han añadido fechas y cifras a cada nodo. Cada actividad tiene, por tanto, dos datos asociados: la fecha de comienzo de la actividad que se muestra en la parte superior izquierda de cada nodo, y su duración (en semanas), mostrada en la parte superior derecha. Esta duración se basa en la estimación de tiempo realizada anteriormente en el Cuadro 3.1. Es decisión del estudiante el tipo de unidad a utilizar para medir el tiempo en el proyecto (horas, días, semanas, meses, o incluso años), pero en un proyecto de este tamaño la unidad de tiempo más adecuada es la semana o el mes.

Para simplificar, asumiremos que un mes consta exactamente de cuatro semanas, y que no se interrumpe el proyecto por vacaciones. Sin embargo, en realidad, las vacaciones, las posibles enfermedades, los exámenes, los viajes, etc., pueden obstaculizar el desarrollo del proyecto, y obviamente se deben considerar estas circunstancias en la planificación que se vaya a hacer.

En la esquina superior izquierda se representa la fecha de comienzo de cada actividad, que es la fecha de inicio del proyecto en el caso de las actividades que no dependen de ninguna otra. En el ejemplo, tres actividades pueden comenzar desde un principio: *la búsqueda bibliográfica, la obtención de datos sobre los mercados, y la investigación y evaluación de las RN*. Todas estas actividades comienzan al mismo tiempo: el uno de enero, que es la fecha asignada como comienzo del proyecto.

Para calcular las fechas de inicio de las otras actividades es necesario examinar las tareas que conducen a ellas. Por ejemplo, en este caso especialmente simple, la revisión bibliográfica puede comenzar tan pronto como hayamos finalizado la búsqueda de bibliografía. Como la búsqueda de referencias bibliográficas dura ocho semanas (aproximadamente dos meses), la revisión puede comenzar el 1 de marzo. El primer punto de referencia (H1: investigación bibliográfica completada) aparece al acabar la revisión, y, por tanto, como ésta tardará cuatro semanas (aproximadamente 1 mes), H1 se sitúa en el 1 de abril. Notemos que H1 no tiene ninguna duración asignada, porque no representa un trabajo en sí, sino un acontecimiento en el tiempo.

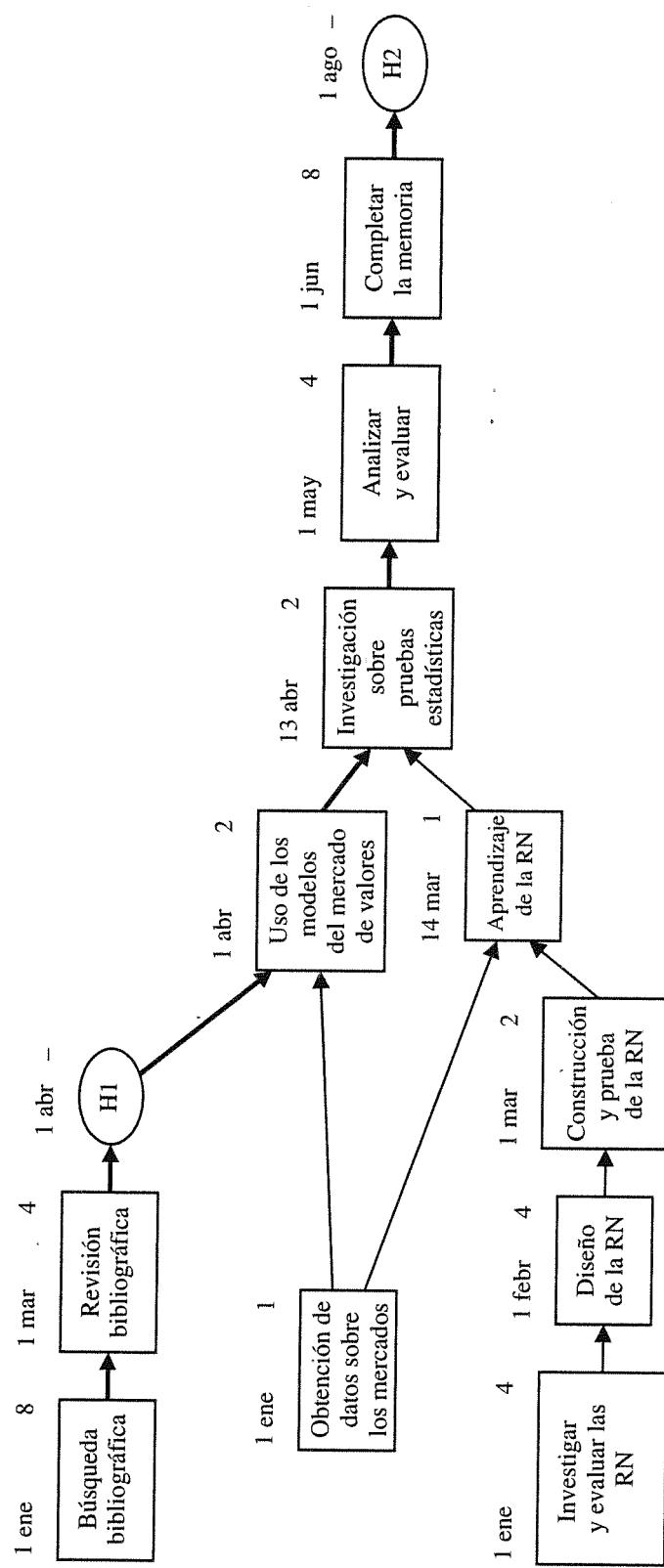


Figura 3.4. Un ejemplo de una red de actividades

No es tan fácil calcular el tiempo de comienzo de actividades que dependen de la finalización de más de una tarea. En este caso, la actividad solamente puede comenzar una vez completadas todas las tareas que la preceden. Por ejemplo, en la Figura 3.4, la actividad *Aprendizaje de la RN* empieza el 14 de marzo, que es justamente cuando se esperaría tener acabadas las tareas de evaluación y prueba de la red neuronal, y no cuando acaba la toma de datos de los índices bursátiles.

Continuando con el cálculo de tiempos de comienzo para cada actividad del proyecto, ya hemos alcanzado el punto de referencia final, H2 (proyecto completado). Así, es posible concluir que el proyecto estará terminado hacia el 1 de agosto; sin embargo, quizás sea una previsión demasiado optimista, ya que no hemos tenido en cuenta los retrasos, problemas o imponderables que puedan surgir.

Sólo falta por añadir al diagrama el camino crítico que suponemos el estudiante conoce del método PERT. Recordemos que se trata del recorrido a través de la red cuya secuenciaidad es imprescindible respetar para finalizar el proyecto en la fecha planificada y que se representa en la Figura 3.4 mediante flechas más gruesas que unen las diferentes actividades, cuyo retraso supondría indefectiblemente un retraso en la finalización del proyecto. Por ejemplo, si *Completar la memoria* requiere doce semanas en lugar de ocho, el proyecto finalizaría el 1 de septiembre (cuatro semanas más tarde que en el caso anterior). Esto sucede porque *Completar la memoria* forma parte del correspondiente camino crítico, y cualquier retraso en esta actividad afectará al conjunto del proyecto.

Recordemos que para encontrar el camino crítico hay que desplazarse hacia atrás en el diagrama. Empezaríamos en H2 y veríamos cuál de las tareas que conducen a este hito están provocando que H2 tenga que darse el 1 de agosto. En este caso sólo hay una actividad que conduce al hito H2: *Completar la memoria*; por tanto, esta tarea está en el camino crítico. Si seguimos retrocediendo nos encontramos con *Análisis y evaluación*, que, evidentemente, debe estar también en el camino crítico. Continuamos desplazándonos hacia atrás en la red de actividades, hasta que llegamos al inicio del proyecto o hasta una actividad en la cual confluyen dos o varias actividades (en nuestro caso tendríamos *Investigación sobre pruebas estadísticas*). De nuevo, vamos hacia atrás para ver qué actividad provoca que *Investigación sobre pruebas estadísticas* finalice el 14 de abril, y descubrimos que es *Uso de los modelos del mercado de valores*, y no *Aprendizaje de la RN*. Así, *Uso de modelos del mercado de valores* estaría también sobre el camino crítico. Continuando hacia atrás alcanzamos la tarea inicial del proyecto, que es la *Búsqueda bibliográfica*. De este modo, el camino crítico queda definido por las flechas que unen estas tareas críticas.

No hay ninguna razón por la cual no pueda haber más de un camino crítico en la red del proyecto. En ocasiones, dos o más actividades pueden forzar a la tarea siguiente a empezar en una fecha concreta. En estos casos se siguen todos los caminos críticos hacia atrás hasta el comienzo del proyecto o hasta el punto donde se juntan. Nuestra red de actividades queda así completa.

Esta representación supone que hemos asumido dos cosas, que no siempre se podrán cumplir:

- La primera es que es posible realizar varias tareas a la vez, lo cual sucede a menudo durante el desarrollo de proyectos informáticos, donde es posible, por ejemplo, realizar actividades relacionadas con la búsqueda de bibliografía mientras se analiza un sistema que nos sirva de referencia o se hace el diseño de un programa. Esto nos evita el

aburrimiento de realizar una sola actividad, pues podemos alternar actividades a medida que el proyecto avanza. En particular, para proyectos en grupo, identificar las diversas tareas simultáneas es especialmente satisfactorio, ya que es normal que varios miembros del grupo puedan realizar tareas separadas para cada uno de sus proyectos individuales, aunque es obvio que la coordinación de todo ello no es fácil. Conseguir que nadie se quede sin tarea asignada durante un tiempo, o bien evitar que alguien quede sobre-saturado durante un cierto periodo, puede ser un problema de no fácil solución. Para identificar las situaciones en las que se espera que el estudiante realice demasiadas actividades simultáneamente, y para averiguar cómo solucionar este problema, se puede utilizar un diagrama de Gantt, que se explica en la sección siguiente.

- La segunda es que, una vez completada una actividad, el proyecto no volverá a ella. En realidad, sin embargo, hay actividades que se perpetúan durante todo el desarrollo del proyecto; por ejemplo, la búsqueda bibliográfica o la redacción de informes. También hay situaciones en las que se repiten actividades, y el estudiante puede encontrarse dentro de un bucle; un ejemplo de ello es la búsqueda bibliográfica y su correspondiente revisión, que forman parte del proceso de búsqueda de información que se analiza en el Capítulo 4. Más casos concretos de estos bucles en el marco de desarrollo de proyectos de software, se producen cuando se realiza un enfoque evolutivo del problema.

No podemos planificar explícitamente estas situaciones utilizando diagramas de red ordinarios, y aunque hay muchas técnicas que se pueden utilizar para detectar repeticiones o bucles, éstas no están fácilmente disponibles. En consecuencia, la planificación del proyecto tiende a identificar diferentes actividades que se realizarán bien en paralelo, bien secuencialmente, y se limita a obtener una representación de la misma en forma de una red de actividades.

3.3.5. Quinto paso: planificación temporal

Una vez obtenida la red de actividades, hay que hacer una asignación temporal para saber lo que debemos hacer en cada jornada del periodo de desarrollo del proyecto. Los diagramas de Gantt son parecidos a las redes de actividades, en cuanto a que intentan representar un proyecto en forma de diagrama. Sin embargo, al contrario de las redes de actividades, que muestran las relaciones entre tareas, los diagramas de Gantt muestran explícitamente la duración de las actividades e indican cuándo estamos realizando varias tareas a la vez.

Al igual que las redes, los diagramas de Gantt representan las actividades del proyecto en forma de nodos. En este caso, sin embargo, la longitud de cada nodo se usa para representar la duración de cada actividad. Por ejemplo, en la Figura 3.5 se presenta un diagrama de Gantt para el proyecto que venimos utilizando como ejemplo. La escala situada en la parte inferior de este diagrama representa el calendario de ejecución del proyecto. Cada actividad se muestra mediante una barra horizontal cuya longitud es proporcional a la duración estimada de la actividad. Por ejemplo, la *Búsqueda bibliográfica* dura dos meses a partir del comienzo del proyecto. Esta es la razón por la que se representa hasta el 1 de marzo. La *Revisión de bibliografía* dura aproximadamente un mes, y así se representa en la Figura 3.5.

Es importante tener en cuenta la red de actividades cuando dibujemos un diagrama de Gantt. Debemos verificar cuidadosamente que las tareas se realizan en el orden correcto y

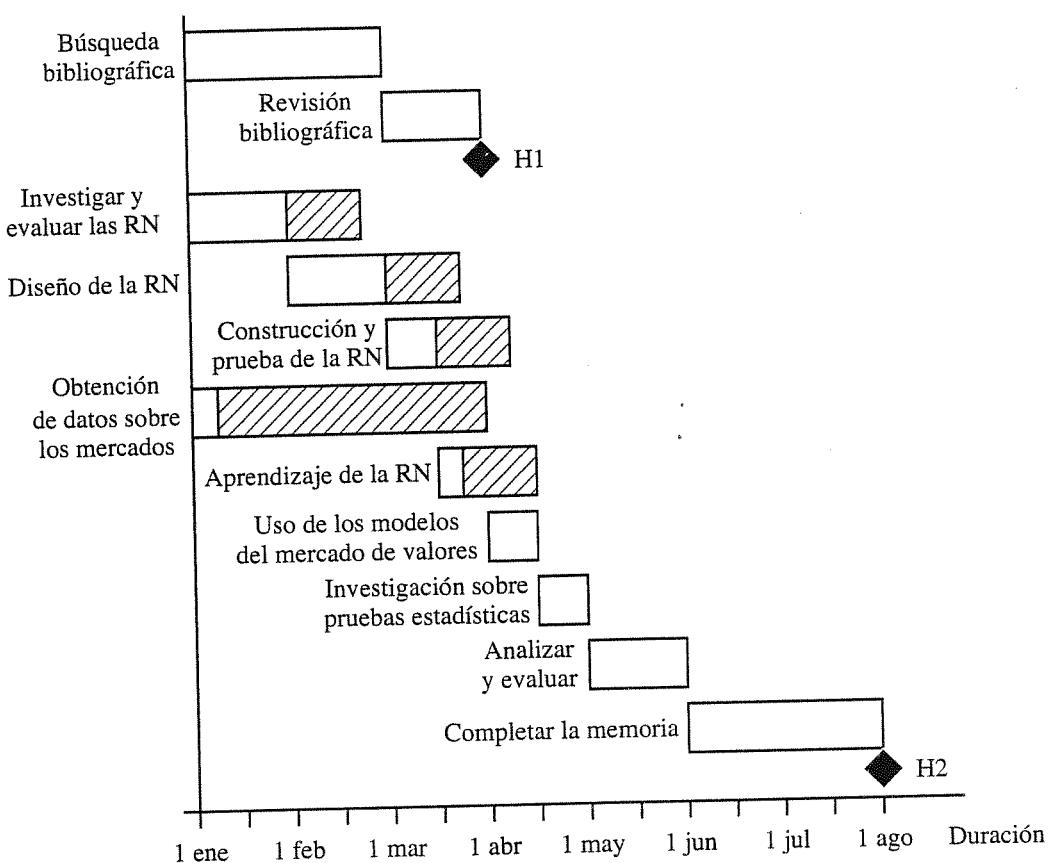


Figura 3.5. Un ejemplo del diagrama de Gantt

que no las incluimos en el diagrama antes de haber completado todas las que las preceden. En algunos de estos diagramas se incluyen las mismas flechas que utilizábamos en las redes para unir las actividades entre sí. Sin embargo, conviene señalar que si intentamos incluir toda la información en un diagrama, sólo lograremos que sea muy difícil de seguir.

El lector habrá notado que los diagramas de Gantt también difieren de las redes de actividades en que los hitos se representan mediante rombos. Asimismo, puede verse que aquellas actividades que no caen dentro del camino crítico de la red poseen una zona sombreada, que nos indica que podemos ubicarlas con mayor libertad sin alterar el calendario previsto, situación contraria de la que ocurre con las actividades situadas en el camino crítico, que no podemos retrasarlas sin retrasar el proyecto en su totalidad.

Llamamos holgura temporal al tiempo durante el que se puede retrasar una actividad sin afectar al proyecto. Para identificar las holguras del proyecto hay que seleccionar las actividades que no están en el camino crítico, siguiendo el camino inverso a través de la planificación hasta encontrar una de estas actividades. En el ejemplo mencionado, si examinamos la red de la Figura 3.4, la primera actividad que encontramos desplazándonos hacia atrás en la red y que no pertenece al camino crítico es *Aprendizaje de la RN*. Esta tarea conduce a la *Investigación sobre pruebas estadísticas* que sí están en el camino crítico. Mientras *Aprendizaje de la RN* no se retrase demasiado, esto es, hasta que no afecte al inicio de la *Investigación sobre pruebas estadísticas*, el proyecto no se verá afectado. De la misma forma, podríamos retrasar *Aprendizaje de la RN* de modo que termine antes de que comience la siguiente fase. Este retraso representa la holgura de la actividad, y se muestra como una zona sombreada de la Figura 3.5.

Como las actividades *Investigar y evaluar las RN*, *Diseño de la RN* y *Construcción y prueba de la RN* conducen todas ellas a *Aprendizaje de la RN*, se pueden retrasar estas actividades en cierta medida sin afectar al proyecto. Por tanto, a estas actividades se les aplica la misma latencia que a *Aprendizaje de la RN* (3 semanas). La única actividad que no está contenida en el camino crítico y que deberíamos considerar es *Obtención de datos sobre los mercados*, pues debemos acabarla antes de comenzar *Uso de modelos del mercado de valores*, y por tanto es susceptible de ser retrasada hasta el 1 de abril, aunque teniendo en cuenta que esto retrasaría *Aprendizaje de la RN* en dos semanas. Sin embargo, ello no constituye un problema grave, porque *Aprendizaje de la RN* no está situada en el camino crítico, y por tanto un retraso de dos semanas en esta actividad no afectaría al proyecto. Con esto, ya hemos completado el diagrama de Gantt.

Lo que indica este tipo de diagrama es la necesidad de llevar a cabo más de una tarea a la vez. Por ejemplo, durante la primera semana de enero, estaremos trabajando al mismo tiempo en *Búsqueda bibliográfica*, *Analizar y evaluar* y *Obtención de datos sobre los mercados*. Esto no constituye ningún problema para proyectos que se realizan en grupo, ya que cada tarea se puede asignar a un miembro diferente del equipo. Sin embargo, para proyectos que se llevan a cabo en solitario, la realización de un número excesivo de tareas de forma simultánea por una sola persona, puede llegar a constituir un problema, y hay que tomar medidas.

Una solución podría ser usar la holgura de las distintas actividades que proporcionan un tiempo de latencia. Por ejemplo, podríamos retrasar *Obtención de datos sobre los mercados* algunas semanas sin afectar al proyecto en general, lo cual reduciría el número de actividades a realizar simultáneamente durante la primera semana. Sin embargo, esto sólo es retrasar lo inevitable. En algún momento habrá que realizar esta tarea, y entonces interferirá con algún otro trabajo. El problema consiste en que una sola persona está realizando un trabajo de diez meses en sólo siete, lo cual es imposible, a menos que esta persona reciba alguna ayuda que le permita realizar más de una actividad a la vez. Si no es así, habrá que asumir que el proyecto tardará diez meses en ejecutarse, y por tanto, inevitablemente, habrá que reajustar el diagrama de Gantt que hemos hecho.

Es importante saber que existen paquetes software destinados a la gestión de proyectos que resultan muy apropiados para tratar este tipo de problemas relacionados con la planificación temporal. Estos programas intentan distribuir el tiempo de una forma satisfactoria, situando las tareas en el lugar más apropiado de desarrollo del proyecto. En este caso se ha usado un paquete de software bastante conocido, llamado "Microsoft Project". La Figura 3.6 muestra la tabla de Gantt obtenida para el proyecto que nos sirve de ejemplo. Cabe resaltar las notables similitudes de esta tabla con la Figura 3.5. Hemos rehecho el orden y la cadencia del proyecto, teniendo en cuenta que tiene que llevarlo a cabo una sola persona. Microsoft Project nos propone otro esquema del plan de trabajo (Figura 3.7), en el cual ya se supone que el proyecto va a durar diez meses y que se completará a finales de octubre. En este nuevo esquema, esta persona sólo tendría que trabajar en una única tarea al mismo tiempo. Sin embargo, la solución encontrada no tiene por qué ser la mejor, ya que, por ejemplo, ahora aparecen las actividades *Búsqueda de bibliografía* y *Revisión de bibliografía* demasiado separadas en el tiempo, lo cual resulta chocante, ya que se trata de actividades muy relacionadas entre sí. Teniendo en cuenta todo esto, hay que prestar mucha atención a los reajustes que haga el programa, y aplicar sobre ellos el sentido común y nuestras particulares restricciones y capacidades personales para llevar adelante el trabajo correspondiente a nuestro pro-

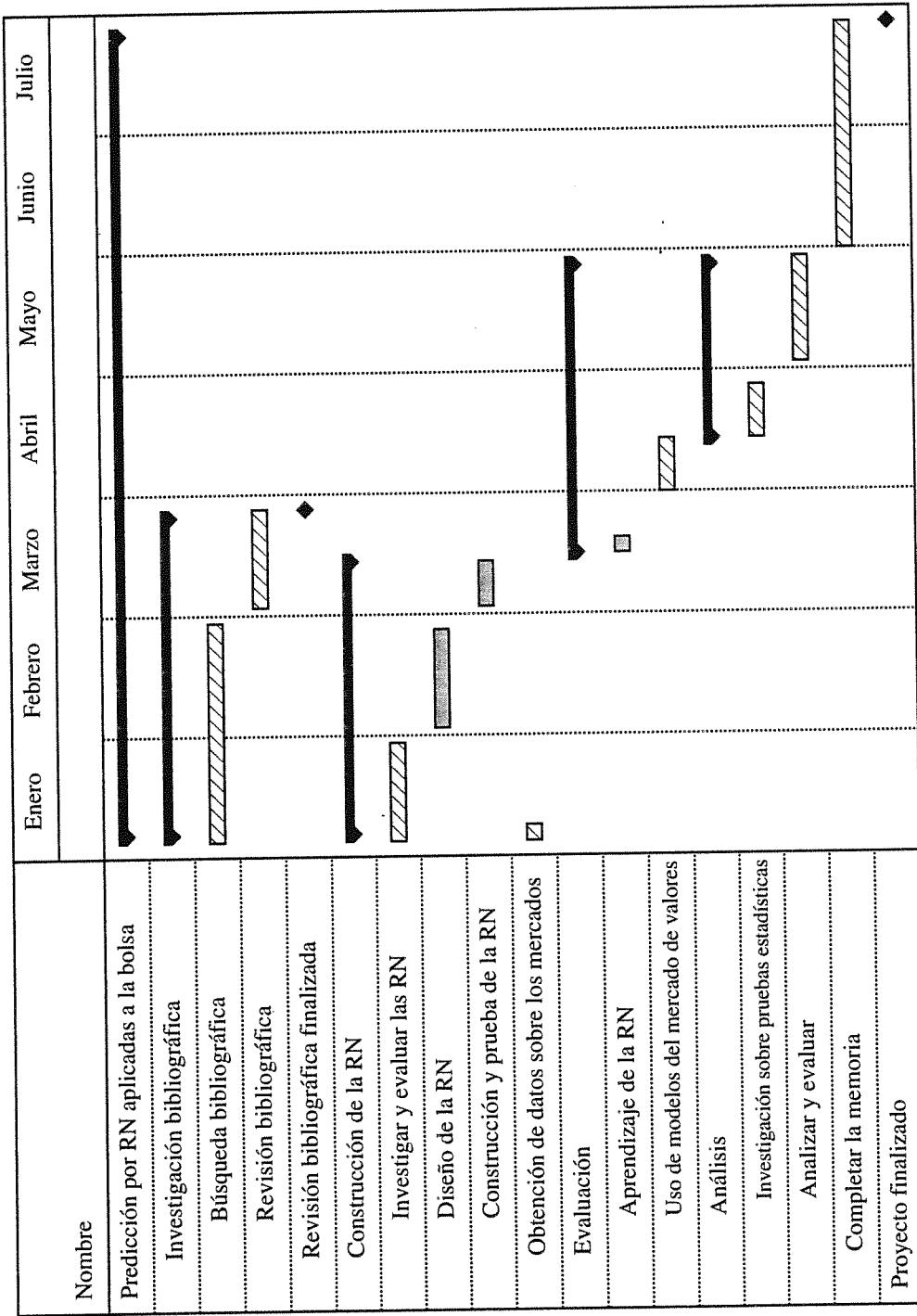


Figura 3.6. Ejemplo de un diagrama de Gantt de un proyecto sobre Microsoft Project

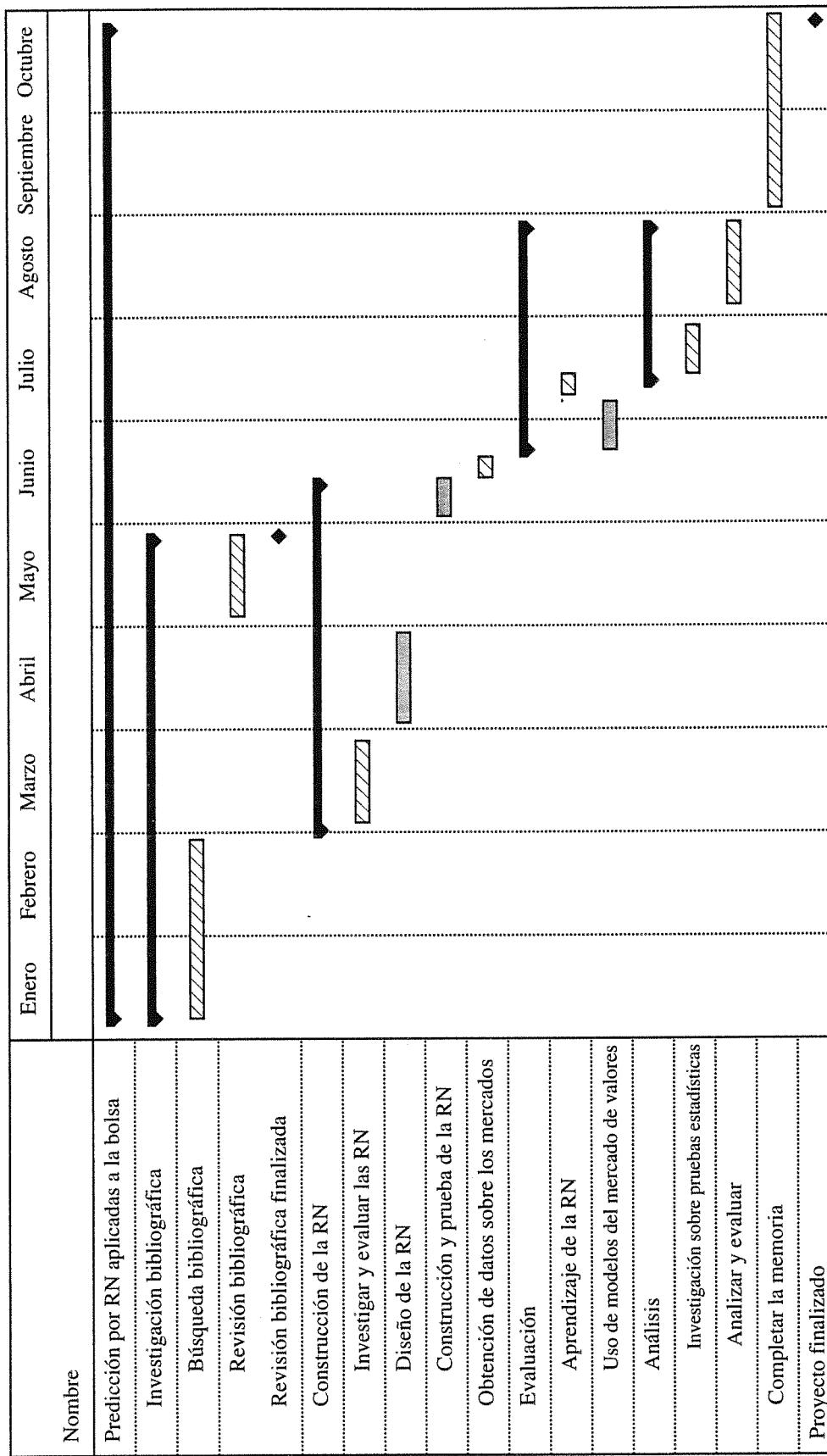


Figura 3.7. Ejemplo de un diagrama de Gantt de un proyecto replanificado

yecto. Por ello, no debe importarnos hacer una replanificación que se adapte a nuestra realidad.

3.3.6 Sexto paso: replanificación

Es muy posible que al final del paso anterior nos demos cuenta de que estamos intentando abarcar demasiado para el tiempo de que que realmente disponemos. Replanificar significa solamente “ir hacia atrás en nuestros planes”, ajustando y modificando nuestros esquema de forma adecuada. Las herramientas de gestión de proyectos son muy útiles para realizar estos cambios y evaluar sus repercusiones. Sin embargo, no es conveniente gastar demasiado tiempo en esta fase, ya que nos podríamos encontrar reajustando tareas a niveles exagerados de detalle y retrasando inconscientemente el comienzo del proyecto en sí.

Insistimos en que los planes trazados en un principio no son inamovibles. Por ejemplo, en nuestro proyecto ejemplo, podríamos considerar que, tras completar la investigación sobre las redes neuronales, sea más apropiado usar un paquete ya existente que empezar a diseñar nuestra red neuronal empezando desde cero. Esta decisión, si no cambia el sentido del proyecto, nos daría más tiempo para concentrarnos en otras actividades.

3.3.7. Planificación sobre la marcha

Aunque no se recomienda, existe una técnica alternativa a lo que se acaba de exponer, consistente en no realizar un plan detallado de desarrollo del proyecto al principio, sino sólo un “esqueleto”, es decir, una planificación básica que sólo identifica las fases fundamentales de cualquier proyecto. De esta manera, la planificación del proyecto se realiza sobre la marcha a medida que éste va progresando. Esto supone adoptar decisiones sobre la dirección a tomar de forma casi continua, por lo que sólo sabremos lo que vamos a hacer a continuación cuando hayamos finalizado la fase que estemos desarrollando. Así, los detalles de la planificación avanzan y retroceden como una ola, y nos vemos obligados a tomar decisiones sobre el rumbo a seguir y sobre qué hacer a continuación.

Puesto que un esqueleto de planificación básica puede ser bastante amplio, puede incluso servir para varios proyectos. Aunque sirve de bien poco no tener ni idea de lo que se quiere hacer, sí es posible identificar puntos de referencia “universales” útiles para cualquier proyecto. Por ejemplo, la búsqueda bibliográfica, la redacción de un informe final, etc.

La Figura 3.8 es un ejemplo de planificación “sobre la marcha”. Se trata de un proyecto de desarrollo de un sistema que dura unos seis meses. Aunque esta planificación no da detalles sobre el objeto del que trata realmente el proyecto, tiene la virtualidad de identificar las tareas principales a completar y cuándo realizarlas.

3.4. Resumen

- La planificación de proyectos consta de dos fases: definir lo que se quiere conseguir, y planificar cómo se va a lograr. La definición del proyecto implica identificar su propósito y objetivos.

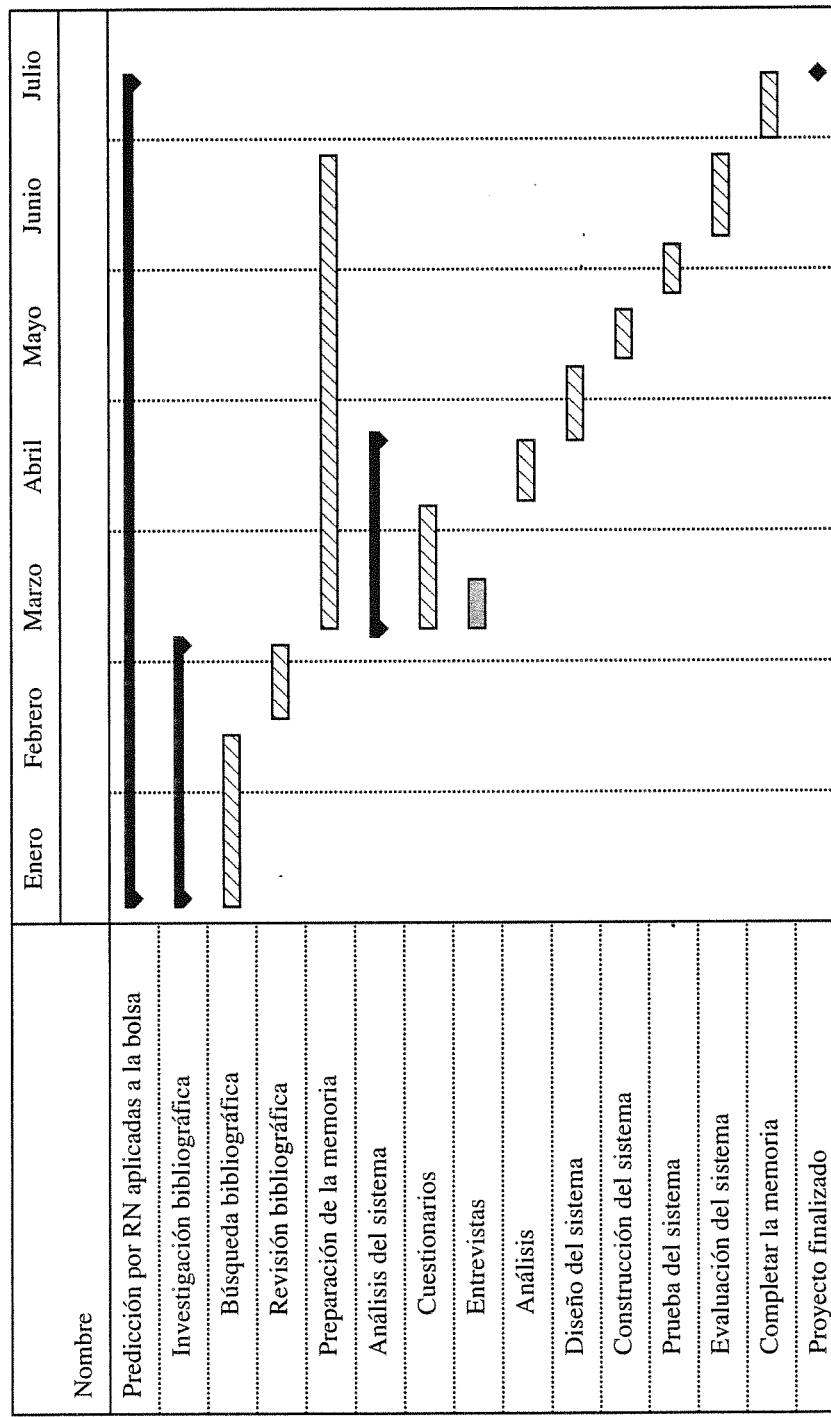


Figura 3.8. Ejemplo de un esqueleto de planificación sobre la marcha de un proyecto de desarrollo de un sistema

- La planificación consta de seis etapas: identificar las tareas a realizar usando estructuras de división del trabajo; estimar la duración de dichas tareas; identificar los puntos clave en el desarrollo del proyecto; definir el orden en que deben completarse las tareas usando redes de actividades; esquematizar el trabajo usando diagramas de Gantt, de forma que estemos seguros de no estar abarcando demasiado; y, en su caso, replanificar el proyecto para ajustarlo al tiempo disponible.
- Existen paquetes de gestión de proyectos, tales como Microsoft Project, que son útiles para planificar y gestionar el proyecto. Aunque es posible integrar manualmente nuestras redes de actividades y los diagramas de Gantt, como se muestra en las Figuras 3.4 y 3.5, las herramientas de software de gestión de programas, pueden hacer este trabajo por nosotros de forma automática. Sin embargo, hay que aprender a dominar estos programas, y puede suceder que perdamos demasiado tiempo replanificando en detalle nuestro proyecto usando este software, en lugar de realizar el proyecto.

3.5. Lecturas adicionales

Burton, C. y Michael, N. (1992), *A practical guide to project management*, Kogan Page, Londres.

Weiss, J. W. y Wysocky, R. K. (1992), *5-phase Project Management, A Practical Planning and Implementation Guide*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.

3.6. Ejercicios

1. Identifica los objetivos de los proyectos mencionados en la Sección 3.2.1
 2. Identifica el propósito y los objetivos de tu propio proyecto.
 3. Sigue los seis pasos de planificación para completar tu propio plan de trabajo.
-

PARTE II

Realización y gestión del proyecto

CAPÍTULO 4

Búsqueda y revisión de la bibliografía

Propósito

Explicar el proceso de investigación bibliográfica.

Objetivos de aprendizaje

Cuando el estudiante termine este capítulo, deberá ser capaz de:

- Entender el proceso de investigación bibliográfica en el marco del proyecto.
- Definir y llevar a cabo una búsqueda bibliográfica.
- Utilizar correctamente la información obtenida durante la búsqueda bibliográfica.
- Llevar a cabo una evaluación crítica del material recopilado.
- Escribir correctamente la sección de revisión bibliográfica.

4.1. Introducción

El trabajo de investigación bibliográfica constituye el fundamento del proyecto, y puede determinar la diferencia entre un buen proyecto académico y otro que probablemente fracasará u obtendrá una mala calificación. Esta tarea consta de dos partes:

- Búsqueda de bibliografía: buscar, ordenar, gestionar y asimilar la información disponible.
- Revisión de la bibliografía: comprender lo leído y extraer las ideas principales para el propósito de nuestro proyecto.

La investigación bibliográfica constituye una parte importante de la introducción de todo proyecto fin de carrera, y tiene diversas finalidades:

- Justifica el proyecto, esto es, demuestra que el proyecto vale la pena y que hemos elegido un tema relevante. Además, argumenta su originalidad y el hecho de que no repita el trabajo de otros.
- Sítúa el proyecto dentro de un contexto, evaluando la investigación histórica y actual en este campo. También muestra cómo se engloba el proyecto en este contexto y la forma en la que nuestro trabajo puede hacer alguna nueva contribución al conocimiento.

- Permite que otros investigadores consulten las fuentes bibliográficas que hemos citado y puedan comprender, y en su caso continuar, el trabajo que hemos hecho.

Justificación

La importancia de la investigación bibliográfica en un proyecto fin de carrera debe ser correctamente entendida. La Figura 4.1 compara el desarrollo de un proyecto informático con un bloque de pisos. Aunque haya gente que esté sólo interesada en visitar el lujoso ático del último piso (es decir, en leer la memoria final del proyecto), este ático será inestable, de escasa calidad y de poco valor académico, si no descansa sobre cimientos sólidos (la revisión bibliográfica). A menudo los estudiantes comienzan sus proyectos en la “planta baja”, no por los cimientos, ya que tienden a exponer sus ideas sin justificarlas ni fundamentarlas debidamente y sin ubicarlas en el contexto adecuado. El resultado es un proyecto que no queda correctamente construido: hay fallos en la planificación, en la perspectiva de la investigación, en la debilidad de las conclusiones y en la ignorancia de otros impactos e influencias que pudieran haber tenido el esfuerzo hecho y los resultados obtenidos. Inevitablemente, sin una buena puesta al día, los resultados y conclusiones son deficientes.

Contexto

En el ámbito académico es muy importante situar un proyecto dentro de un contexto científico-técnico más amplio, que justifique debidamente su contenido concreto. La Figura 4.2 trata de ubicar los distintos proyectos existentes en el sistema académico anglosajón (pregrado y postgrado), a los que nos hemos referido en el Capítulo 0, donde también los comparamos con los de nuestro sistema. Aunque, como ya dijimos, el proyecto fin de carrera de una ingeniería superior no coincide exactamente con ninguno de ellos, observemos que tenemos dos referencias: el de pregrado, que no tiene por qué hacer aportaciones estrictamente originales, y el de postgrado, un poco más ambicioso, que se plantea hacer una contribución nueva al conocimiento. Quizás el proyecto fin de carrera estaría más próximo al primero, pues trata de poner de manifiesto una madurez profesional, más que la obtención de resultados publicables. Sea cual sea la orientación que cada universidad imprima a su proyecto, debe quedar claro que en ambos la investigación bibliográfica es básica.

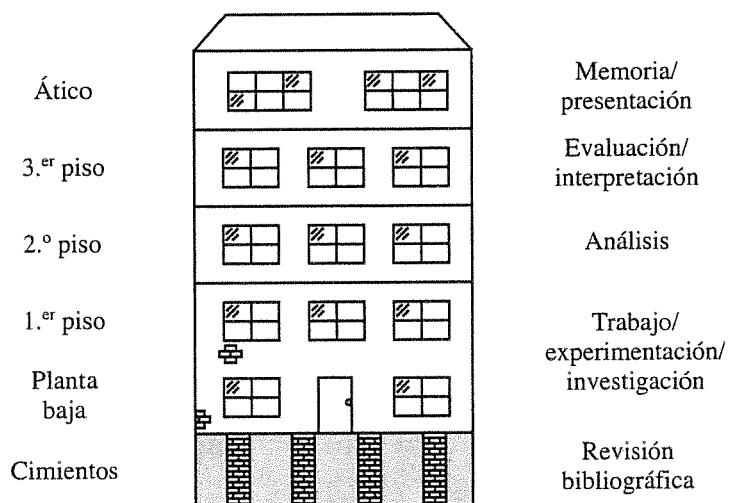


Figura 4.1. *La importancia de la revisión bibliográfica*

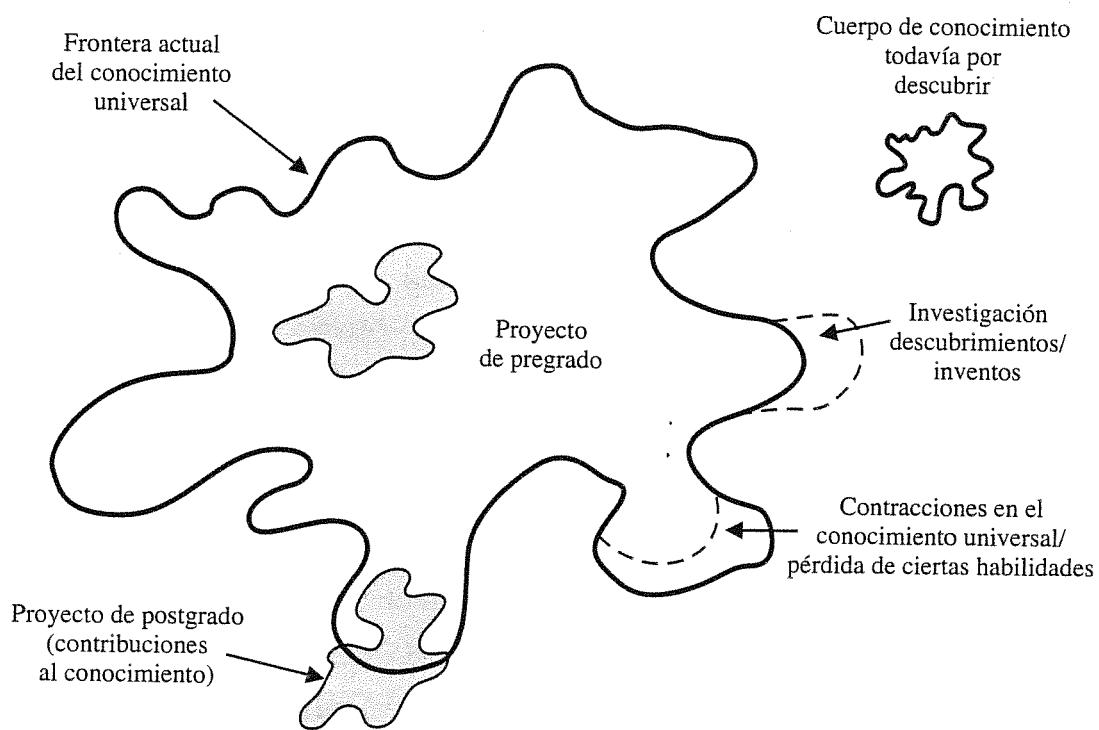


Figura 4.2. *Proyectos ubicados en su contexto más amplio*

En la Figura 4.2, la línea discontinua representa los posibles descubrimientos derivados del proyecto, al tiempo que reconoce que, la comunidad científica y tecnológica no ha llegado a los límites de la comprensión del mundo y que, posiblemente, quedan un gran número de descubrimientos que todavía no se han hecho; esta idea corresponde a la región aislada, en la parte superior derecha de la figura; con ello se simboliza que la expansión del conocimiento es imparable, y que los descubrimientos que quedan por hacer en el futuro pueden sentar las bases de nuevas áreas de conocimiento que llegarán a ser muy importantes. Por ejemplo, hace 500 años la idea de que la Tierra giraba alrededor de Sol parecía ridícula, y entonces, esta idea habría aparecido como una región aislada en la Figura 4.2. Con el paso del tiempo, el conocimiento global se ha expandido y ha aceptado esta idea entre los límites del conocimiento actual.

Aunque el comisionado de la Oficina Estadounidense de Patentes afirmara en 1899 que “toda cosa susceptible de ser inventada ya ha sido inventada”, lo cierto es que el conocimiento global no deja de expandirse a medida que se obtienen nuevos descubrimientos. Esta visión, acerca de lo que queda por descubrir y la capacidad de predicción de lo que se conseguirá en el futuro, es una tema recurrente entre científicos y técnicos. Las siguientes afirmaciones ilustran la evolución impredecible del conocimiento, incluso en el campo de la informática:

Los computadores del futuro pesarán no más de 1,5 toneladas.

(Revista *Popular Mechanics*, 1949)

Pienso que hay mercado en el mundo para unos 5 computadores.

(Thomas Watson, director de IBM, 1943)

Un punto de partida

La revisión bibliográfica va a ayudar además a orientar y capacitar en el tema de nuestro trabajo a otras personas interesadas en el tema, que van a poder profundizar posteriormente en nuestro trabajo, en sus bases, y en otras áreas afines del proyecto. Una revisión concienzuda es un excelente punto de partida para uno mismo y para los demás, al tiempo que ayuda al tribunal tanto a entender mejor el tema como a interesarse en él.

4.2. El proceso de investigación bibliográfica

En el Capítulo 3 dividimos la investigación bibliográfica en dos fases diferentes, aunque entrelazadas, que denominamos búsqueda y revisión. Sin embargo, en su desarrollo, el proceso de investigación bibliográfica es sensiblemente más complicado, como trata de mostrar la espiral de la Figura 4.3, donde se ha representado el proceso con mas detalle y amplitud. En ella, el eje angular representa el tiempo, y el módulo o radio la sucesiva focalización del tema objeto de nuestro trabajo.

El proceso de investigación bibliográfica comienza en el cuadrante superior izquierdo de la figura. El punto de inicio es la definición de la búsqueda, que debe identificar los límites de la misma. Naturalmente, se necesita contar con un material informativo apropiado para poder enfocar nuestro trabajo. Una vez definido éste, accederemos a la consulta de libros, revistas de divulgación o de investigación, páginas web, etc., para delimitar la búsqueda bibliográfica e identificar los temas que nos interesan. A continuación, debemos encontrar un punto de partida para nuestra búsqueda particular y tratar de relacionar constantemente los temas que serán objeto de nuestro interés. Para ello podemos utilizar varia técnicas, tales como un árbol de relevancia, un diagrama reticular o un mapa de investigación, que se han descritos en el Capítulo 2.

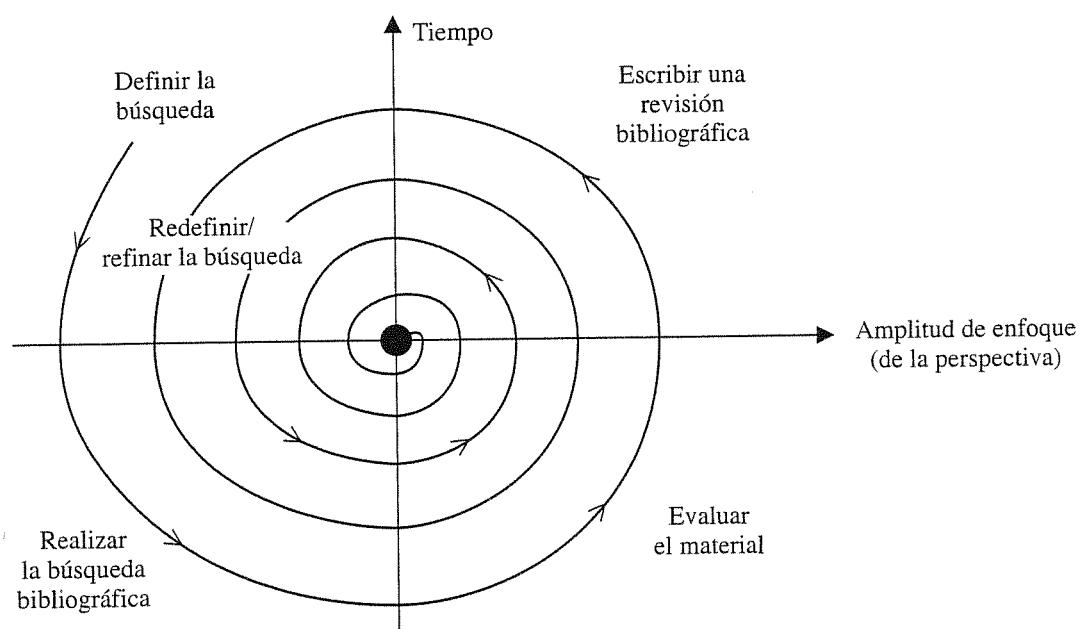


Figura 4.3. *El proceso de revisión bibliográfica*

Una vez tengamos claro lo que buscamos, podemos seguir recorriendo la espiral de la figura y comenzar la búsqueda de información, cuyo objetivo es proporcionar el material necesario para una posterior evaluación crítica, la cual constituirá la base de la siguiente fase del proyecto: la revisión de la bibliografía. Cabe destacar que las dos fases mencionadas no se realizan necesariamente en un orden preestablecido; es decir, el estudiante no va a la biblioteca de la universidad o a Internet primero, toma después todas las referencias que necesita, vuelve a su mesa de estudio, se las lee y finalmente las asimila. Por el contrario, algunas de estas tareas se realizarán en paralelo: podemos analizar algunos artículos mientras esperamos la llegada de otros, que se han encargado en el servicio de préstamo de otras bibliotecas, podemos leer parte de un artículo y dejar el resto para más adelante, leer solamente una parte de un libro, o utilizar un artículo sólo para encontrar otras referencias sobre el tema, etc.

Como tendremos ocasión de ver, la información accesible a través de Internet, gratuita o de pago, complementa, y a veces sustituye, el papel de la biblioteca tradicional, y cambia, aunque no fundamentalmente, el proceso de búsqueda. El estudiante debe conocer cuáles son los sitios web más cualificados en el campo de su proyecto para recurrir a ellos, tanto para consultas como para la obtención de los documentos originales, pues es posible que buena parte de su trabajo de revisión ya esté hecho, gracias a que muchos científicos vuelcan en la Red todas sus referencias y las actualizaciones que les parecen valiosas. Si se tiene la suerte de encontrar este tipo de página para el tema elegido, nos beneficiaremos de este principio de solidaridad científica que se está detectando en Internet. En esta búsqueda y en la valoración de las páginas manejadas, el papel del tutor puede ser muy importante.

Una vez completado un ciclo del proceso de investigación bibliográfica, el estudiante se dará cuenta de que solamente está empezando; le quedarán muchas preguntas sin resolver y se le habrán ocurrido alternativas que no había considerado hasta este momento en el que está mejor informado, y que requerirán a su vez una investigación más profunda. Además, puede que tome conciencia de que el propósito inicial del proyecto era demasiado amplio y se decida a encauzarlo hacia un aspecto más particular o concreto. También es posible que llegue a la conclusión de que el proyecto está dirigido hacia un tema demasiado concreto y, por tanto, que debe ampliarse su perspectiva y, en consecuencia, la correspondiente búsqueda bibliográfica. Por tanto, conviene saber que se estará saliendo y entrando en el ciclo una y otra vez, definiendo y redefiniendo la búsqueda del material y orientándola cada vez más hacia la información realmente relevante para el proyecto. La convergencia de la espiral hacia un punto central en la Figura 4.3, representa este enfoque hacia el tema de interés. Esto no quiere decir que a veces la búsqueda no se pueda extender, aunque ello será como consecuencia de un cambio de óptica del proyecto o de una estimación errónea en su definición.

La figura trata de expresar que el enfoque hacia el material realmente relevante para el proyecto siempre mejorará, habiendo partido desde un punto de vista muy amplio, el cual puede incluir libros, revistas, documentación, informes de noticias, etc., y cada vez el estudiante se irá ciñendo más a artículos y documentos más específicos relacionados con su proyecto. La búsqueda bibliográfica evoluciona a medida que el estudiante se siente más cómodo con el material de que dispone, ya que entiende mejor el tema.

Es importante señalar que, aunque se haya terminado la investigación bibliográfica y ya se esté trabajando en el contenido principal del proyecto, seguiremos modificando la bibliografía hasta el final del proyecto. Esto es inevitable, porque a medida que se avanza, se si-

gue reuniendo y evaluando material e información para mantener nuestra comprensión del tema fresca y actualizada.

4.3. Búsqueda bibliográfica

Una búsqueda bibliográfica es una “recopilación sistemática de la información publicada relacionada con un tema” (Universidad de Derby, 1995). En esta definición hay dos términos importantes, que requieren una explicación más detallada.

El primero es el concepto de “sistemático”. Una búsqueda bibliográfica no debería realizarse de una forma *ad hoc*, sino que debe hacerse desde una perspectiva estructurada y profesional. Leer cualquier cosa que caiga en nuestras manos es aburrido y, desde luego, es una pérdida de tiempo. Por ello, es importante dirigir la búsqueda bibliográfica hacia los artículos o libros relevantes. Por supuesto, cuando se inicia un proceso de búsqueda de bibliografía no se sabe qué material es el más relevante; sin embargo, a medida que se avanza en la investigación, la perspectiva mejora, y el cerco se va cerrando sobre el tema que realmente nos interesa. Por tanto, debemos delimitar la búsqueda todo lo posible y saber cuándo detenernos en este proceso, aunque haya un montón de preguntas a las que nos gustaría responder antes de centrarnos en el tema principal del proyecto. Hay que insistir en que la búsqueda de bibliografía nunca va a detenerse, ya que siempre se estará recopilando información, paralelamente al desarrollo del trabajo. De hecho, poner un punto final a este proceso resulta difícil, pues los nuevos conocimientos siguen fluyendo, cada día aparecen miles de nuevos artículos, y las páginas web se renuevan sin cesar. El tutor debe ayudar a poner este punto final respecto a la información bibliográfica y a la actualización que vaya a recogerse en la memoria final del proyecto.

El segundo término significativo en la definición es el de “publicado”. El material que se recoja debe estar “reconocido”, es decir, no puede consistir meramente en conversaciones de pasillo o en archivos descargados de Internet sin mayores referencias. Los trabajos reconocidos son aquéllos que han sido revisados cuidadosamente por expertos antes de su publicación. Es importante hacer notar que son cada vez más frecuentes las publicaciones científicas que sólo son accesibles por Internet. Aunque son revistas jóvenes, y por tanto con menos lustre que las publicaciones que nacieron impresas, no tienen por qué tener un menor nivel de exigencia, y a este respecto puede afirmarse que la publicación digital va a cambiar profundamente la información científica en los próximos años.

Hay también dos “reglas de oro” a recordar cuando se realiza una búsqueda bibliográfica:

- El proceso de búsqueda de información puede durar mucho tiempo. Por tanto, hay que empezar lo antes posible y no recopilar material que no esté relacionado con el tema elegido.
- Debemos anotar las referencias completas de cualquier tipo de material que se obtenga. Esto ahorrará tiempo al final del proyecto, pues no habrá que malgastarlo en volver a la biblioteca o a Internet en busca de los detalles concretos de los artículos que deseemos citar. Además, tener referencias completas siempre es necesario para solicitar préstamos interbibliotecarios.

No hay que dejarse abrumar por la enorme cantidad de información existente sobre nuestro tema. Hay que ser selectivo y centrarse en los artículos y libros relevantes para el trabajo, y si, a pesar de todo, encontramos demasiada información, quizás el tema elegido sea excesivamente amplio y haya que concretarlo aún más. De nuevo, éste es un tema para discutir con el tutor.

A menudo, solamente nos interesarán determinados capítulos de un libro o apartados de un artículo. Para decidir si vale la pena leer un libro, obviamente hay que empezar por el título, y luego examinar el índice en busca de palabras clave que sean importantes y que se relacionen con el tema elegido. He aquí algunas preguntas que conviene tener en cuenta antes de empezar la lectura: ¿Es el autor un especialista reconocido en el tema? ¿Está actualizado el libro? ¿Es la última edición? Igualmente cuando se piense en leer u obtener un artículo, de nuevo hay que empezar por el título, y preguntarse si es actual o si ya está superado, leer el resumen, mirar la lista de referencias al final del artículo, comprobar si cita palabras clave relacionadas con el tema de la investigación y si contiene referencias útiles. Además, conviene clasificarlo en categorías del siguiente tipo: artículo muy técnico, de fácil lectura, de revisión, introductorio, o de discusión.

Desde el punto de vista de la organización del trabajo, la búsqueda bibliográfica incluye también la obtención de software necesario o útil para el proyecto. Por ejemplo, si el propósito de nuestro proyecto es evaluar diferentes herramientas de software en diversos entornos organizativos, habrá que asegurarse de que disponemos de las herramientas a evaluar, totalmente actualizadas. Aunque el software que vaya a usarse no sea clave para justificar y contextualizar el proyecto dentro del marco de la revisión bibliográfica, sí que será crucial contar con él en el momento oportuno para completar con éxito el proyecto. Así, es importante que busquemos y consigamos este software lo antes posible, por lo que es aconsejable hacerlo en paralelo con la revisión bibliográfica.

Una vez entendidas las etapas que constituyen el proceso de búsqueda bibliográfica, hay que entender la “mecánica” de la búsqueda, que incluye tanto el formato en el que puede aparecer la información, como los métodos de búsqueda o de “rastreo” de esta información. Vamos a discutir estos dos aspectos a continuación.

4.3.1. Formato de la información

La información en ciencia y tecnología se presenta en multitud de formatos diferentes, unos más accesibles, más reconocidos y mejor valorados “académicamente” que otros, aunque en un ámbito como es la informática no podemos despreciar ninguno. Los siguientes apartados resumen las distintas formas en las que aparece este material bibliográfico. Esta lista no es exhaustiva, y para ampliarla el estudiante debería consultar Blaxter et al. (1996, 96-101), Saunders et al. (1997, 43-47) y Gash (1989).

Libros

Los libros, en papel o digitales, son el punto de partida de cualquier investigación bibliográfica, pues suelen proporcionar una buena base y una visión global adecuada del tema elegido. Sin embargo, hay que tener en cuenta que habitualmente los libros representan conocimiento ya consolidado, y por ello las ideas que presentan, estando habitualmente con-

solidadas, no son generalmente de última actualidad. Además, los libros pueden estar dirigidos a públicos muy diversos y abordar los temas desde un punto de vista muy técnico o más introductorio. Por tanto, debemos asegurarnos de que los libros que consultemos o adquiramos nos proporcionen detalles suficientes sobre el tema elegido. Generalizando, se puede decir que los libros son referencias que proporcionan una base para el inicio de la revisión bibliográfica.

Revistas

Las revistas científicas y técnicas contienen artículos (generalmente revisados por expertos) de última actualidad, y por tanto son más difíciles de leer. Lo más aconsejable es estudiar los libros para adquirir una base sólida antes de intentar entender los artículos más actuales y las últimas teorías publicadas en revistas. Los artículos de las revistas tienden a ser muy específicos y a enfocar sus contenidos hacia aspectos muy concretos del tema. Así, puede suceder que solamente interese una parte de ellos.

A medida que avance la investigación bibliográfica y profundicemos en nuestros conocimientos, tenderemos a utilizar los artículos con mayor frecuencia, y cuando completemos la bibliografía, comprobaremos que muchas referencias son de artículos especializados, aunque esto puede cambiar según el tipo de proyecto que hagamos.

Actas de congresos

Contienen artículos presentados en conferencias nacionales e internacionales. La calidad de estos artículos varía mucho, dependiendo del proceso de revisión que se haya seguido y de si sus revisores son reconocidos expertos o no. Las actas de los congresos pueden contener resultados preliminares de investigaciones e ideas que quizás necesiten más maduración y desarrollo. Por tanto, pueden contener ideas incluso más actualizadas que las expuestas en revistas, aunque posiblemente necesiten más maduración.

CD-ROM y DVD

Cada vez con mayor frecuencia se presenta el material en forma de CD-ROM y DVD, soportes que suelen contener información proveniente de fuentes muy diversas, desde libros a revistas, o actas de congresos. La duplicación, cuando no la sustitución, del soporte papel por el digital, parece inevitable, ya que permite tener una gran información en un espacio muy reducido.

Informes de empresas

Los informes y documentación elaborados por empresas o grupos industriales constituyen, especialmente en informática, una información muy valiosa tanto desde el punto de vista técnico, como para la realización de estudios de casos. Sin embargo, hay que tener mucho cuidado con estos documentos, porque puede que la información que presenten sea tendenciosa a favor de la empresa, y además pueden contener información no utilizable o incompleta, porque la industria no desea que ésta se haga plenamente pública.

Tesis

Son las memorias e informes publicados como resultado de trabajos de doctorado. Constituyen una fuente de ideas de actualidad y contienen una serie de valiosas referencias bibliográficas.

cas. Son difíciles de conseguir, ya que a menudo sólo están disponibles en la institución donde se llevó a cabo la investigación, pero se pueden obtener a través de préstamos entre bibliotecas.

Manuales

Son una valiosa fuente de información, sobre todo para proyectos informáticos. De hecho, puede ser imposible realizar un proyecto de desarrollo sin tener acceso a alguno de estos manuales técnicos. Sin embargo, hay que recordar que se trata solamente de manuales y no de artículos revisados, y por tanto no hay que usarlos como base para una discusión académica.

Software

Hay que conseguir cuanto antes el software necesario para el trabajo (herramientas, librerías, componentes, etc.), pues no es deseable estar a mitad de proyecto y darse cuenta de que el software que necesitamos ya no está disponible o es muy caro. El software se puede “rastrear” en Internet (usando palabras clave y sitios web de empresas), en empresas locales (que pueden estar usando herramientas de software adecuadas), en organizaciones profesionales tales como IEEE , ACM, Project Management Institute, etc., y en los llamados *grupos de interes especial*. Estas organizaciones, más o menos virtuales, a menudo disponen de direcciones y de individuos o grupos especializados con los que se puede contactar para obtener ayuda e información, como revisiones de software sobre herramientas habitualmente usadas en un campo particular de estudio, o bases de datos de empresas que suministran software útil para nuestro trabajo.

Internet

Internet aparece como una valiosa fuente de información, pero se debe tratar con extrema cautela, pues podemos perder horas navegando sin encontrar nada de valor, y el material que encontramos puede ser poco fiable. Afortunadamente, cada vez existe una mayor cantidad de páginas de información de gran valor; éstas aparecen junto a otras menos fiables, y por ello hay que saber seleccionar. Además, los datos son inestables, en el sentido de que se actualizan y modifican regularmente, y aunque esto pueda parecer algo bueno, puede significar también que la información desaparezca muy rápidamente y por lo tanto pierda su valor como material de referencia en nuestra memoria final. Dicho esto, Internet puede ser una herramienta útil de búsqueda para material académico, información de empresas y software, y a menudo podemos encontrar también trabajos publicados (artículos de revistas, por ejemplo) que son difíciles de obtener mediante procedimientos normales; esto sin contar las posibilidades que ofrecen las bibliotecas digitales. Si utilizamos cualquier material procedente de Internet, debemos anotar la dirección completa de la página web para poder hacer referencia a ella posteriormente, y en cualquier caso disponer de una copia del material, siempre que éste sea importante para nuestro proyecto.

Aparte de los formatos indicados anteriormente, también se puede obtener información en forma de videos y microfichas. Hay que tratar estas fuentes de información con el respeto que merecen. Por ejemplo, una revista revisada por expertos y presentada en forma digital o en microfichas es tan valiosa como una revista editada en papel. Un vídeo sobre el tema

puede dar una base tan buena y útil como un libro introductorio. En este sentido, cobran cada vez más importancia los cursos especializados que sólo son accesibles en formato electrónico.

Otras fuentes de información que deberíamos tratar con más atención son: cartas, periódicos, revistas generales de informática, documentos de ventas de empresas, y programas de televisión. Los periódicos, los programas de televisión y las revistas de informática pueden ser fuente de un material fácilmente accesible, pero de profundidad limitada. Sin embargo, las revistas de informática a menudo tratan aspectos técnicos muy actualizados y dan la opinión de especialistas muy influyentes sobre diversos temas. Las cartas y los datos de ventas de una empresa son materiales muy limitados, pero que pueden ser útiles en determinados proyectos.

4.3.2. Rastrear la información

Ahora que ya conocemos los diferentes formatos en los que se presenta la bibliografía, podemos preguntarnos cómo se rastrean estas fuentes de información. El mejor lugar para empezar cualquier búsqueda bibliográfica es la biblioteca de la institución en la que trabajamos e Internet; a ser posible, tras una charla con el tutor.

A continuación detallaremos algunos ejemplos de material que se puede utilizar para rastrear información sobre el tema que interesa. Esta lista no es ni mucho menos exhaustiva, y el estudiante debería consultar su propia biblioteca y la biblioteca del departamento para ver el material que contienen.

Internet

Aunque, como se ha dicho anteriormente, hay que ser cauto a la hora de utilizar Internet para obtener información, aquí nos referimos al uso de navegadores para acceder a las páginas web. Como sabemos, es imprescindible utilizar algún mecanismo de búsqueda cuando se intenta obtener determinados objetos. Seguramente el estudiante tendrá sus buscadores preferidos, y debe utilizarlos de acuerdo con su propia experiencia. En esta fase, entre las páginas web útiles para buscar información están las producidas por las propias editoriales: por ejemplo, las producidas por Elsevier Science, una editorial que publica numerosas revistas. Elsevier ofrece un servicio donde se pueden conseguir los contenidos de revistas recientes. Su dirección de Internet es la siguiente: <http://www.elsevier.nl>

A través de la conexión a Internet también se puede acceder a listas de correo y a grupos de discusión. Las listas de correo se ofrecen a través de servidores, y se establecen para tratar temas concretos. Dando la dirección de e-mail y el tema que nos interesa a un servidor de este tipo, seremos admitidos en la lista de correo que puede interesarnos. A partir de entonces, recibiremos correos de gente que también está trabajando en nuestro tema. Este sistema funciona enviando comentarios, preguntas, puntos para la discusión, etc., al servidor, que a continuación los envía a todos los incluidos en la lista de correo. Los mensajes que se envían pueden estar moderados (es decir, revisados por alguien), o no, en cuyo caso se envían todos los mensajes sin más.

Los grupos de discusión son similares a tablones de anuncios. Cubren un inmenso abanico de temas que abarca desde los pertenecientes a áreas de interés académico muy es-

pecíficas, hasta *chats*. La forma más usual de acceder a estos grupos es a través del navegador. El proveedor de servicios de Internet o los servicios informáticos de la universidad podrán darnos información sobre los grupos que están disponibles y cómo acceder a ellos.

Servicios de Información bibliográfica

La mayor parte de las instituciones académicas disponen hoy en día de una OPAC (On line Public Access Catalogue), que es un catálogo digital accesible en línea, con toda la información contenida en su biblioteca. La OPAC ofrece maneras muy eficientes de realizar las búsquedas (a partir del nombre del autor, del título, o de palabras clave) que superan en mucho a las viejas técnicas manuales o a los sistemas de microfichas. También se puede acceder a las OPAC de otras instituciones a través de Internet.

Éste es un sector que está en constante evolución, y lo que sigue, basado en lo existente en el Reino Unido, se da a modo de ejemplo, de forma que cada estudiante debe pedir más información a su tutor para poder utilizar recursos parecidos a los que describimos a continuación. Por ejemplo, la OPAC de la Biblioteca Británica tiene la siguiente dirección: <http://www.opac97.bl.uk>

En el Reino Unido funciona los BIDS (Bath Information Data Services), una base de datos que contiene resúmenes actualizados y detalles sobre artículos publicados en numerosas revistas científicas y actas de congresos. Este servicio está disponible mediante suscripción previa y se ofrece a partir de una institución. Se puede acceder a través de Internet en la siguiente dirección: <http://www.bids.ac.uk>

En los BIDS, además de un índice de actas de congresos científicos y técnicos, se puede encontrar:

- Bibliografía nacional británica: ofrece una lista de todos los libros publicados en el Reino Unido y depositados en la Biblioteca Británica cada año. Está disponible en formato impreso y en CD-Rom.
- Servicio británico de libros en proceso de impresión: una lista de microfichas que contienen todos los libros que están actualmente en imprenta en el Reino Unido.
- Servicio americano de libros en proceso de impresión: una lista de microfichas que contienen todos los libros que están actualmente en prensa en Estados Unidos.
- Libros en impresión en todo el mundo: es un CD-Rom que contiene información de todos los libros recientemente publicados en Estados Unidos, Reino Unido, Europa, África, Asia, etc.
- ASLIB: es un índice anual de tesis doctorales realizadas en el Reino Unido. Ofrece resúmenes de las mismas, ordenados por materias.
- Investigación actual en el Reino Unido: es un catálogo que presenta, atendiendo a la institución, la actividad investigadora que se está realizando en las universidades británicas. La investigación en informática está englobada en los volúmenes de ciencias físicas. Se publica anualmente.
- Índice de actas de congresos: ofrece un índice de actas de congresos recibidas por la Biblioteca Británica. Está disponible en formato impreso o a través de su página web.
- Resúmenes de artículos sobre informática: se trata de un catálogo impreso que ofrece resúmenes de artículos publicados en revistas de informática. El catálogo se actualiza cada seis meses, y está disponible vía Internet en: <http://www.anbar.co.uk>

- Selección de artículos sobre informática: es un CD-Rom que contiene artículos completos publicados mensualmente en determinadas revistas de informática.
- ULRICH'S: es un directorio internacional que contiene detalles de revistas publicadas en todo el mundo.

Para una revisión de los recursos existentes en español, puede visitarse el Centro de Información y Documentación Científica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (<http://www.cindoc.csic.es>).

Préstamos interbibliotecarios

Es muy probable que nuestra biblioteca no tenga los libros o artículos que necesitamos. En este caso, conviene saber que nuestra institución puede obtener material de otras instituciones mediante el sistema de préstamos entre bibliotecas. Sin embargo, este sistema presenta tres problemas:

- Es caro, y a menudo los estudiantes tienen que pagar por él.
- Se tarda algún tiempo (a veces demasiado) en recibir el artículo encargado.
- No podemos retener el material solicitado durante mucho tiempo (habitualmente una o dos semanas).

Algunos consejos para buscar bibliografía

- Anotar todas las referencias de la información que se utiliza.
- Utilizar artículos y libros como ayuda en nuestra búsqueda.
- Citar correctamente desde el principio (veáse el Capítulo 6).
- Saber cuándo hay que parar, o al menos cuándo hay que pasar a la siguiente fase del proyecto. El estudiante deberá controlar este tiempo, a partir de la planificación que ha realizado para su proyecto y de los límites que se ha impuesto en su desarrollo y posibles resultados.
- Tener un sistema para organizar y catalogar el material que se lee (en el siguiente apartado se explica cómo gestionar esta información).
- Leer las publicaciones cuyos autores sean expertos reconocidos en el tema, así como los textos clásicos, es decir, los de aquéllos que elaboraron las teorías y obtuvieron los resultados fundamentales en el campo que estudiamos.
- Empezar con una búsqueda amplia antes de dirigirla hacia aspectos más concretos. No hay que buscar directamente los artículos más recientes y complicados, ya que el estudiante puede verse desbordado por su aparente complejidad.
- Recurrir al tutor.

4.4. Gestionar la información

Está muy bien recopilar un montón de artículos y libros relacionados con el tema que se estudia; sin embargo, dependiendo del tamaño del proyecto y de la profundidad de la búsqueda de bibliografía que se ha realizado, el estudiante corre el riesgo de encontrarse pronto sumergido en un mar de artículos y libros. Algunas personas consiguen trabajar bien en estas condiciones, incluso son capaces de encontrar el artículo que buscan bajo una pila de pa-

peles sobre su mesa, pero es aconsejable tener algún método de gestión y control de la información recopilada, para evitar perder de vista los artículos importantes y tener descontroladas referencias que se necesitarán en el futuro. Esta sección incluye algunos consejos e ideas para ayudar a manejar los artículos, los libros y las referencias que hemos obtenido. Para profundizar en el tema se puede consultar Orna y Stevens (1995).

La mejor manera para comenzar a gestionar la información es usando un mapa de investigación, un árbol de relevancia o un diagrama reticular, ya que son básicos como ayuda, tanto para identificar los temas que nos interesan, como la forma en que éstos se relacionan entre sí. Además, el modelo se puede emplear también para ordenar artículos y libros. Es conveniente ordenar los artículos fotocopiados, con las anotaciones que hayamos realizado, en separadores plastificados y correctamente etiquetados. De esta manera podremos agrupar rápidamente la información relevante para las distintas partes del proyecto.

También conviene establecer un sistema de índices que incluya información sobre cada artículo y libro leído. Aunque algunos autores recomiendan que se realice un sistema manual de índices basados en fichas, hoy en día (especialmente para estudiantes de informática), es mucho mejor utilizar alguna herramienta informatizada para esta tarea, ya que es más rápido y menos engorroso, y la información está disponible en un formato utilizable para las diversas partes del proyecto, en particular a la hora de escribir la memoria final. Con estas herramientas, podemos además actualizar nuestros recursos informativos muy fácilmente.

Existe una gran cantidad de paquetes de software diseñados para gestionar las referencias. Vamos a citar algunos ejemplos: Reference Manager 1.5 para Macintosh, Nineveh para Windows, y REFSIST 2.0 para DOS. Estos paquetes están disponibles libremente (versión shareware) en direcciones tales como <http://www.hensa.ac.uk>.

Conviene almacenar las referencias en el formato adecuado desde el principio, para poder modificarlas fácilmente cuando sea necesario e incluso utilizarlas después de haber completado el proyecto. También es una buena idea anotar la forma como hemos accedido a cada artículo por primera vez, es decir, si estaba citado en otro artículo o simplemente lo conseguimos por casualidad cuando consultábamos el catálogo de una biblioteca o navegábamos por Internet.

Cuando leamos artículos hay que subrayar las frases más importantes, utilizando rotuladores fosforescentes. Podemos utilizar el color verde para señalar las referencias útiles, el naranja para explicaciones de temas clave, el rosa para nuevas ideas o nuevas contribuciones, y el azul para señalar contradicciones o argumentos a favor de nuestras ideas. En los libros podemos utilizar pegatinas para encontrar rápidamente las páginas importantes y para anotar brevemente sobre el propio libro los aspectos clave.

Otra idea útil es tomar breves notas en la primera página de los artículos y redactar un breve resumen del artículo, lo que nos ahorrará el trabajo de tener que releerlo todo seis meses después, cuando queramos incorporarlo al informe final y ya se nos haya olvidado de lo que trataba.

Aunque no hemos estudiado exhaustivamente el tema de la gestión de información, lo visto hasta ahora constituye un resumen de las técnicas habituales que usan las personas que llevan años dedicados a la investigación; por ello, esta sección debe considerarse que encierra consejos cuya validez se extiende mas allá del periodo de desarrollo del proyecto fin de carrera.

4.5. Evaluación crítica

Normalmente, cuando la gente escucha o lee la palabra “crítica” cree que se emplea en un sentido negativo, es decir, que se trata de encontrar fallos o carencias en lo que se analiza. Sin embargo, evaluar críticamente un artículo no tiene ningún sentido peyorativo, ya que significa bastante más que buscar posibles fallos; de hecho, éste no es el propósito principal de la evaluación crítica. Cuando leamos un artículo o un libro, debemos hacernos algunas preguntas para averiguar si debemos, y en su caso en qué forma, utilizarlo en el proyecto:

- ¿Qué tipo de artículo es? Un artículo de revisión, de evaluación, de exposición de teorías, un artículo práctico, un estudio de casos, etc.
- ¿Qué se puede extraer del artículo? Ideas, técnicas, etc.
- ¿Está el autor bien reconocido en su área? ¿Es una autoridad en el tema?
- ¿Qué contribución realiza el artículo? ¿De qué tipo es esta contribución? ¿Puede integrarse en el proyecto? Si es así, ¿de qué manera?
- ¿Cómo se integra el artículo en el contexto del proyecto? ¿Cómo podría justificar el contexto del proyecto? ¿Cuál es la importancia del artículo en su campo y en el más concreto del proyecto? ¿Clasifica y resume su campo de una forma más clara o lógica de lo que se ha hecho hasta ahora?
- ¿Se derivan sus conclusiones lógicamente del trabajo y resultados que se han presentado? ¿Son lógicos los argumentos? ¿Están bien entrelazados? ¿Están apoyados o discutidos por el trabajo de otros? ¿Hay otras conclusiones consistentes con la discusión?
- ¿Se pueden diferenciar los hechos de la opinión? Si hay opiniones en el artículo, ¿se está de acuerdo con ellas? ¿Hay otros autores que apoyen de forma lógica estas opiniones?
- ¿Qué impresión se tiene de lo que se ha leído? ¿Estamos de acuerdo con las afirmaciones que se realizan? ¿Existe algún contraargumento?
- ¿Contradice el artículo otros puntos de vista? ¿Cómo se relaciona el artículo con otra bibliografía de su campo?
- ¿Qué referencias usa el artículo? ¿Son apropiadas, relevantes y actualizadas? ¿Qué referencias se podrán usar para el proyecto? ¿Ha sido citado el artículo por otros autores?
- ¿Son los argumentos del autor aplicables sólo en ciertos casos o pueden tener una aplicación más general?
- ¿Se pueden utilizar los resultados del artículo en el proyecto?

Rudentam y Newton (1992, 50) sugieren algunos puntos adicionales que habría que considerar cuando se lee y evalúa un artículo. Estos autores ordenan sus puntos en cinco áreas fundamentales: conceptualización, marco teórico o hipótesis, diseño de la investigación, resultados y discusión, y resumen. Podemos añadir algunas preguntas a las formuladas anteriormente, que son aplicables para su uso en un proyecto informático:

- ¿Cuál es el problema principal que se está investigando?
- ¿Se está probando una hipótesis o pregunta, claramente formulada, desde la óptica de la informática?

- ¿Qué tipo de diseño o metodología se emplea? ¿Es adecuada y fiable?
- ¿Se han utilizado los algoritmos y las técnicas estadísticas correctamente? ¿Se pueden emplear las mismas técnicas en nuestro trabajo? ¿Cuáles son las limitaciones de dichas técnicas?
- ¿Se ha elegido bien el sistema de medida, el tamaño de las muestras y los datos recogidos?
- ¿Se han considerado debidamente los factores o variables externas?
- ¿Se pueden generalizar estos resultados? ¿En qué medida puede estar limitada esta generalización? ¿Los resultados dependen de la tecnología empleada?
- ¿Se discuten las implicaciones de los resultados?
- ¿Cuál es la impresión que tenemos acerca de si el artículo explica el problema y contribuye a lo que está haciendo de una manera adecuada?

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, el estudiante comprenderá que la evaluación crítica es algo más que entender el tema que se estudia. Leer y entender lo que se ha leído es solamente la primera parte del proceso. Además de leer un documento, hay que conocer sus limitaciones, sus contradicciones, sus áreas de desarrollo y los caminos sin salida que pueda encerrar. El punto crucial de la evaluación crítica es pensar sobre lo que se está leyendo. Blaxter et al. (1996, 106) definen la evaluación crítica de la siguiente manera.

Una lectura crítica:

- “Va más allá de la mera descripción, y que incluye opiniones y una respuesta personal sobre lo que se ha leído”.
- “Relaciona diferentes escritos entre sí”.
- “Considera los trabajos de investigación como algo que se puede poner en duda, y plantea puntos de vista y posiciones alternativas”.

El uso de estos puntos mientras se lee y se interpreta el material asegura que estamos desarrollando una comprensión profunda y no superficial del tema que nos interesa: una habilidad, por cierto, que se supone debe tener todo estudiante al finalizar sus estudios universitarios y que va a plasmar en su proyecto fin de carrera.

4.6. Escribir revisiones bibliográficas

Cuando ya se ha evaluado críticamente el conocimiento y la bibliografía referente a nuestra área de trabajo, ¿cómo se presenta el conocimiento adquirido sobre este campo y cómo se establecen los cimientos del proyecto usando la información obtenida?

Como inicio de esta discusión, Borg y Gall (1989; citado por Saunders et al., 1997, 39) identifican los objetivos de una revisión bibliográfica con los siguientes puntos:

- Clarificar las preguntas que se plantean y los objetivos.
- Destacar las posibilidades que ofrece el tema a la investigación.
- No repetir el trabajo de otros.

- Encontrar los métodos de investigación que pueden resultar útiles cuando se apliquen al trabajo que se lleva a cabo.

Basándose en estos puntos, una revisión bibliográfica debe ofrecer “un argumento coherente que conduzca a la descripción del estudio propuesto” (Rudestand y Newton, 1992, 47). Esto se consigue consultando tanto la bibliografía más clásica como la más actual en el campo de estudio, y tiene como objetivo discutir acerca de las omisiones o desviaciones que hayan podido encontrar (Saunders et al., 1997). El estudiante tendrá muchas dificultades para alcanzar este objetivo si se limita solamente a leer y estudiar artículos y libros relacionados con el proyecto y no aplica ningún sentido crítico; por ello, el proceso de revisión bibliográfica se desarrolla a partir de la evaluación crítica y de la comprensión de la bibliografía relevante.

Hay que usar las referencias sobre todo para apoyar los argumentos cuando ello sea conveniente y necesario (no sólo para meramente utilizarlas de relleno en la memoria final). Además, hay que poner de manifiesto, sin pedanterías, todo lo que hemos leído (o, al menos, lo que hemos encontrado) en algunos textos clave.

No hay reglas específicas e infalibles que se puedan aplicar para escribir una perfecta revisión bibliográfica, ya que es algo que se mejora con la práctica. Sin embargo, Saunders et al. (1997, 40) señalan tres formas posibles de presentar las revisiones bibliográficas:

- Como un capítulo separado.
- Como una serie de capítulos.
- Como un contenido implícito dentro de la memoria.

En un proyecto fin de carrera no conviene (a menos que el proyecto tenga como principal propósito una revisión de bibliografía) dedicar varios capítulos a esta revisión. No tendremos ni tiempo ni información suficiente para ello. Lo más frecuente es dedicar sólo un capítulo, o bien incluirlo en la introducción o al inicio de cada parte específica de la memoria. En cualquier caso el tutor tiene mucho que decir en este punto, y convendrá seguir sus instrucciones.

En el momento de redactar esta parte de la memoria, hay que recordar que una revisión bibliográfica:

- No es un informe en el que se citan todos los artículos y libros que hemos leído, sean relevantes o no. Hay que ser selectivo en lo que se cita.
- No hay que dedicar una página o un párrafo a cada artículo, sino simplemente resumir su contenido. Haywood y Wragg (1982, 2) se refieren a esto como “el catálogo para la venta de muebles, en el cual todo merece un párrafo, sin importar ni distinguir las habilidades que hemos necesitado para escribir cada parte”.

Quizás la mejor manera de entender cómo hacer una revisión bibliográfica sea mediante un pequeño ejemplo de lo que sería la introducción de un artículo académico, siempre más reducido que un proyecto, pero que trata de mostrar el papel que juega la revisión bibliográfica a la hora de presentar un trabajo científico.

Una red neuronal para modelar la evolución de las precipitaciones atmosféricas

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró los años noventa, como Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales, con el propósito de conseguir informar mejor sobre la predicción, la prevención y la mitigación de los desastres naturales (WMO 1992). Destaca en este programa el desarrollo de sistemas de predicción de inundaciones. Estos sistemas han evolucionado mediante avances en la modelización (Wood y O'Connell, 1985; O'Connell, 1991; Lamberti y Pilati, 1996), la instalación de telemetría y equipos de visualización de campo en lugares críticos de la red de drenaje (Alexander, 1991), el uso de satélites y radares para la localización de lluvias torrenciales (Collier, 1991), y el mejor ajuste de los distintos modelos con los datos sobre precipitaciones (Georgakakos y Foufoula-Georgiou, 1991; Franchini et al., 1996); sin embargo, en la práctica, los sistemas de predicción de inundaciones en tiempo real dependen a menudo de la integración eficiente de todas estas actividades que habitualmente trabajan separadamente (Douglas y Doxon, 1987). Bajo los auspicios de la Organización Mundial de la Meteorología (1992) se ha desarrollado una serie de proyectos para comparar las características y rendimiento de varios modelos operativos y la actualización de sus procedimientos respectivos. De una comparación reciente entre ellos, se puso en evidencia la necesidad de contar con modelos más robustos de simulación para conseguir mejores resultados especialmente en períodos de tiempo más largos, incluso cuando vayan acompañados con un procedimiento de actualización eficiente.

Las principales razones para el uso de las redes neuronales artificiales (RNA) para la predicción de inundaciones son de tres tipos. Primero, las RNA representan cualquier función arbitraria no lineal mediante un entrenamiento lo suficientemente complejo de la red. Además, las RNA pueden encontrar relaciones entre las diferentes muestras de datos y, si es necesario, pueden clasificar estas muestras de una forma similar a como lo hacen las técnicas clásicas del análisis estadístico de agrupaciones. Finalmente, y quizás sea éste el aspecto más importante, las RNA tienen la capacidad de poder generalizar una relación en un pequeño subconjunto de datos y mantenerlo relativamente robusto, incluso ante la presencia de ruido o de entradas incompletas; con ello pueden adaptarse o aprender en respuesta a entornos cambiantes. Sin embargo, a pesar de estas ventajas potenciales, las RNA no se han utilizado mucho en hidrología y en disciplinas afines. Por ejemplo, French et al. (1992) utilizaron una red neuronal para predecir la intensidad de la lluvia a lo largo de la geografía y el tiempo, y Raman y Sunilkumar (1995) usaron una RNA para sintetizar series temporales sobre las entradas de agua en una cuenca del sur de la India.

En particular, el uso de RNA para predecir inundaciones es un campo que está todavía por explorar. Hasta ahora, la mayor parte del trabajo en este tema ha sido de contenido básicamente teórico, concentrándose en el funcionamiento de las redes neuronales sobre datos de lluvia simulados (Minns y Hall, 1996). Sin embargo, estas perspectivas teóricas tienden a simplificar las dificultades que existen al aplicar datos reales a topologías de redes neuronales. Hall y Minns (1993) aplican también redes neurona-

les a pequeñas áreas urbanas. En general, las discusiones actuales se restringen al rendimiento de una RNA sobre un pequeño número de acontecimientos.

Este artículo trata de dar un paso más allá, discutiendo cómo habría que desarrollar las RNA y cómo usarlas con datos hidrológicos “reales”. Para ello, se pretende analizar los problemas que aparecen al aplicar una red neuronal para modelizar la pluviosidad, y se demuestra la efectividad de las redes neuronales en este caso. Se aplica una red neuronal a la simulación de inundaciones en el Reino Unido, y se evalúan las perspectivas de uso de RNA en la predicción de inundaciones en tiempo real. Finalmente, se aportan algunas sugerencias relacionadas con la necesidad de perfeccionar la redes neuronales existentes en este campo, antes de transferirlas para su uso operativo.

Nótese que en esta revisión bibliográfica comenzamos justificando el contenido del artículo con referencia al informe de la WMO y continuamos mostrando la evolución del área de conocimiento a lo largo de los años. Las revisiones de bibliografía a menudo emplean este tipo de perspectiva, enfocando el tema de interés mediante la ordenación cronológica de la bibliografía sobre el tema. Al llegar a este punto, la revisión pasa a explicar algo más del área de estudio, estableciendo un escenario de la situación para el lector, antes de centrarse más concretamente en algunos desarrollos recientes en investigación dentro del campo. La revisión bibliográfica concluye destacando las limitaciones actuales en el área escogida, justificando una vez más la relevancia del estudio, que muestra cómo es posible llenar estos huecos.

En resumen, la revisión evoluciona a lo largo del desarrollo del proyecto, y no se puede hacer después de haber leído sólo algunos artículos sobre el tema. Aunque no se divide la revisión bibliográfica en secciones específicas, ésta debería justificar implícitamente la existencia del proyecto (evaluando críticamente la investigación pasada y actual realizada en el campo), situándolo en un contexto más amplio y analizando y ordenando la bibliografía relevante. En otras palabras, la revisión bibliográfica constituye los cimientos del proyecto.

4.7. Resumen

- La investigación bibliográfica ayuda a integrar el proyecto en un contexto más amplio y a justificar su contenido.
- La investigación bibliográfica se compone de dos partes principales: la búsqueda de bibliografía (que depende de la habilidad para gestionar la información que se recopila) y la revisión de esta bibliografía (que requiere una comprensión crítica de dicho material). Estos procesos se realizan periódicamente cada cierto tiempo, e incluso paralelamente uno con otro.
- La investigación bibliográfica continuará a medida que avance el proyecto, y debe consolidarse y depurarse, asegurándonos que en su redacción final el proyecto queda actualizado.

4.8. Lecturas adicionales

- Blaxter, L., Hughes, C. y Tight, M. (1996), *How to Research*, Open University Press, Buckingham.
- Campbell, D. y Campbell, M. (1995), *The Student's Guide to Doing Research on the Internet*, Addison-Wesley, Wokingham.
- Gash, S. (1989), *Effective Literature Searching for Students*, Gower, Aldershot.
- Rudestam, K. E. y Newton, R. R. (1992), *Surviving Your Dissertation*, Sage, Londres.
- Saunders, M., Lewis, P. y Thornhill, A. (1997), *Research Methods for Business Students*, Pitman, Londres.

CAPÍTULO 5

Realización del proyecto

Propósito

Organizar eficazmente el proyecto a medida que avanza su desarrollo.

Objetivos de aprendizaje

Una vez completado este capítulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Entender los principales elementos de los proyecto que requieren ser gestionados y controlados.
- Supervisar el proyecto a medida que avanza.
- Comprender los problemas que pueden aparecer y conocer las diferentes formas de enfrentarse a ellos.
- Gestionar el tiempo con mayor eficacia.
- Aprovechar el tiempo de que se dispone para trabajar con el tutor.
- Trabajar en equipo.

5.1. Introducción

Una planificación detallada del proyecto y una investigación bibliográfica sólida, siendo importantes, no son suficientes por sí solas. Debemos controlar el proyecto en todo momento para que no se nos vaya de las manos. Se debe ser consciente de que pueden aparecer problemas; hay que mantener la motivación; es imprescindible gestionar de manera eficaz el tiempo; y hay que aprovechar al máximo el tiempo que nos dedica el tutor. Este capítulo trata todos estos asuntos.

5.1.1. *Gestionar los cinco elementos del proyecto*

En todo proyecto, ya sea un gran proyecto industrial o un proyecto fin de carrera, se identifican hasta un máximo de cinco elementos que hay que gestionar y controlar durante su desarrollo:

- Tiempo.
- Coste.

- Calidad.
- Perspectiva.
- Recursos.

Puesto que en prácticamente todos los proyectos fin de carrera se dispone de un *tiempo* limitado y predeterminado, la gestión adecuada de este elemento es obviamente fundamental. El estudiante no está en condiciones de incrementar este recurso, y al objeto de evitar males mayores, como no poder presentar el proyecto en la fecha prevista, lo único que puede y debe hacer es aprovecharlo de la forma más eficiente posible.

Normalmente, en otro tipo de proyectos, un factor importante a tener en cuenta es el *coste*; sin embargo, en la mayoría de los proyectos fin de carrera, el coste no suele ser un problema prioritario. Se trabaja disponiendo prácticamente de todas las facilidades y recursos que se necesitan, ya que, de no ser así, el proyecto no habría sido aceptado. Si se necesita hardware adicional o bien algún tipo de software o bibliografía, puede que se nos proporcione o puede que no, pero, en todo caso, es algo que no depende de nosotros, y en consecuencia no forma parte de nuestra responsabilidad directa, para el proyecto académico.

Al contrario de lo que ocurre con el tiempo y con el coste, en el caso del proyecto fin de carrera, en los dos siguientes elementos (*calidad* y *perspectiva*), el estudiante sí que tiene un mayor control y una mayor responsabilidad. La *calidad* se refiere al valor del proyecto. ¿Es bueno? ¿Se ajusta al nivel exigido? ¿Merece una matrícula de honor o simplemente un aprobado? Mientras que la calidad puede medirse en base a la profundidad del trabajo realizado, la *perspectiva* es un indicador de la amplitud del proyecto. A veces, la perspectiva se toma como un atributo o un indicativo de calidad. Sin embargo, vamos a considerarlo como algo distinto al concepto de calidad, ya que en un proyecto fin de carrera es un elemento que representa lo que realmente se ha conseguido con el resultado final, sus logros y sus limitaciones; esto es, su verdadera contribución.

El último elemento de la lista, los *recursos*, es probablemente el más importante de todos, ya que sin recursos no hay proyecto. En el caso del proyecto fin de carrera, el interés recae sobre todo en los recursos humanos de que se dispone, es decir, el tutor y, quizás, un equipo de trabajo. En la Sección 5.4 se explica cómo aprovechar el tiempo con nuestro tutor. A veces, habrá que trabajar en equipo y asignar tareas; por ello, tendremos que establecer una organización y poner en común ideas y conclusiones. El trabajo en equipo se trata en la Sección 5.5. En los proyectos que se realizan individualmente, lo más importante es aprender a organizarse y a gestionar nuestro propio tiempo, lo cual será objeto de la Sección 5.3.

La Figura 5.1 destaca el papel principal que juegan los recursos dentro de estos cinco elementos, y muestra que cada uno se relaciona con todos los demás. La organización interna equilibra los diferentes elementos del proyectos, e inevitablemente nos veremos obligados a suplir algún elemento con los restantes, en una transacción entre lo que es posible hacer y lo que quizás deberíamos hacer o tener. En cualquier caso, todo proyecto debe llegar a un cierto equilibrio razonable entre estos cinco elementos.

5.1.2. Controlar el proyecto

Es importante recalcar que hay que controlar y gestionar los cinco elementos citados en el apartado anterior durante todas y cada una de las fases del proyecto: definición, planifica-

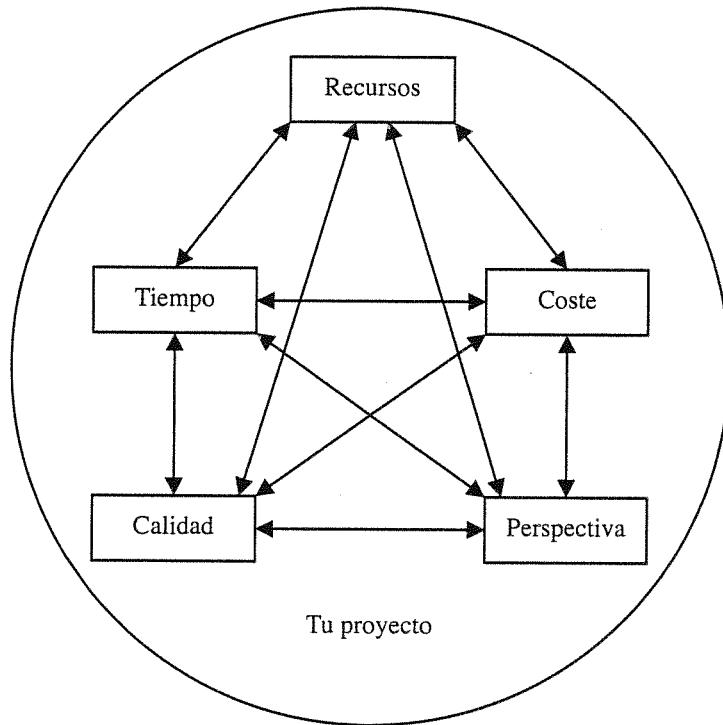


Figura 5.1. *Equilibrio entre los cinco elementos del proyecto*

ción, iniciación, control y finalización. Bien es cierto que en cada etapa dirigiremos la mayoría de nuestros esfuerzos de control hacia uno de estos cinco elementos en detrimento del resto. Por ejemplo, al principio no nos preocupará mucho el tiempo, pero sí, en cambio, la perspectiva del proyecto. Durante la fase de definición nos parecerá que falta una eternidad para redactar la memoria final y para exponer el proyecto, y puede que por ello, al principio, queramos desarrollar muchas ideas e investigar varios campos, quizás demasiados. Sin embargo, dos semanas antes de la fecha tope de entrega del trabajo, la percepción habrá cambiado, y el tiempo será un factor clave, cuando no angustioso, y puede que la perspectiva la controlemos muy poco e incluso que la hayamos olvidado. Hay que evitar en la medida de lo posible esta falta de control de cada uno de los elementos.

A medida que avancemos en el proyecto, pasaremos de enfatizar las tareas de gestión a preocuparnos por la obtención de resultados y por las tareas relacionadas con la consecución del producto tangible del proyecto. Cada vez más, necesitaremos tener algo que poder enseñar, ya que iremos siendo conscientes de que sólo podremos presentar el proyecto si hemos conseguido el producto concreto (programa, informe, análisis, etc.) al que nos habíamos comprometido, y puede que nos centremos sólo en conseguir un resultado, el que sea, con independencia de que coincida o no exactamente con lo que planificamos. Con ello corremos el riesgo de olvidar elementos como la calidad o la perspectiva, lo que no es aceptable. Por ello, hay que mantener unas actividades que nos permitan tener controlados todos y cada uno de los elementos, con independencia de la fase del proyecto en la que estemos.

Durante el desarrollo del proyecto habrá que realizar actividades de gestión, como controlar todos los elementos del proyecto (tiempo, perspectiva, calidad, etc.) y compararlos con lo previsto en la fase de planificación. Por ejemplo, controlamos el tiempo comprobando que las tareas se completan de acuerdo con lo previsto en el diagrama de Gantt. Sin embargo, no

podemos quedarnos aquí, y necesitamos preguntarnos si estamos cumpliendo verdaderamente los objetivos que nos habíamos planteado, y en el caso que los hayamos reducido, conocer exactamente el tipo de compromiso, normalmente a la baja, que hemos ido asumiendo a lo largo de nuestro trabajo.

La gestión del proyecto implica decidir, en cada momento, la relación que deben mantener entre sí los cinco elementos. Por ejemplo, se puede reducir la perspectiva para mejorar la calidad del proyecto, y a la inversa, se puede ampliar la perspectiva (por ejemplo, extendiendo a otros casos el programa que estamos codificando), o podemos ahorrar tiempo reduciendo la calidad y la perspectiva, sobre todo al final del proyecto. Sin embargo, hay que asegurarse siempre de que no está comprometiendo el nivel del proyecto y de que la memoria final será entregada a tiempo, sin que tengamos la sensación de no haber puesto de nuestra parte todo el esfuerzo que debíamos.

5.2. Enfrentarse a los problemas

Prácticamente todos los proyectos tropiezan con dificultades en una u otra fase, tanto si los realizan expertos que trabajan en temas científicos punteros, como si lo hace un estudiante a quien se le ha asignado un pequeño trabajo o un proyecto industrial de gran envergadura. Lo más importante es no ser víctimas del pánico, y tomar en todo momento una actitud objetiva y profesional frente a las dificultades que se nos puedan plantear. A continuación se exponen los cinco problemas más frecuentes que aparecen al preparar un proyecto fin de carrera, y se dan algunas indicaciones y consejos de cómo superarlos.

5.2.1. Desmotivación

La falta de motivación puede aparecer en cualquier fase del proyecto, incluso al principio; por ejemplo: ¿hemos elegido un proyecto que no nos interesaba realmente?; ¿hemos intentado abarcar demasiado?; ¿podemos perder la fe en lo que hacemos y pensar que no vamos a ningún sitio, al ser los objetivos y propósitos del proyecto demasiado difusos?

Lo primero es conocer la raíz del problema y abordarlo desde el principio. Debemos asegurarnos de que elegimos un tema que realmente nos interesa, definirlo y planificarlo completamente. Es bueno asegurarse de que se ha incluido en el plan la flexibilidad suficiente para que podamos expandirlo o contraerlo según el tiempo disponible, lo cual puede ayudarnos a evitar la desmotivación que se produce por intentar abarcar demasiado. Hay que pensar en métodos que ayuden a reducir la óptica del proyecto, sin pérdida de la calidad requerida. También conviene, en su caso, dividir el trabajo en partes más pequeñas que resulten más manejables.

Otra medida útil para evitar la falta de motivación es cambiar la cadencia del trabajo y hacer algo diferente de lo inicialmente planificado. Esto hay que planteárselo cuando estamos atascados en una parte muy concreta del proyecto. En este caso, debemos identificar en el plan del proyecto otras tareas a realizar. Posteriormente se puede volver al área conflictiva, cuando ya hayamos descansado y estemos con las ideas más claras. En la Sección 5.3 se explican otros métodos para evitar la desmotivación, basados en el aplazamiento de las tareas.

5.2.2. Problemas personales

Durante el período en el que se desarrolla el proyecto, sean seis meses o un año, pueden darse incidentes personales de cualquier tipo: desde hechos que son motivo de felicidad, como casarse o tener un hijo, hasta problemas personales, como una enfermedad, muerte de un ser querido, separación de la pareja, etc. También pueden darse otro tipo de circunstancias, como cambiar de casa o de trabajo. Estos cambios, ya sean positivos o negativos, afectan al desarrollo del proyecto. Aunque está fuera del propósito de este libro tratar la forma de afrontar problemas emocionales, sí resulta adecuado analizar aquí su impacto en el proyecto y cómo paliar sus efectos.

Lo más importante en una situación como ésta es contarle a alguien lo que ha sucedido, en particular al director del proyecto. Incluso es posible que la institución en la que trabajamos tenga reguladas estas circunstancias excepcionales y tenga establecido a quién dirigirse cuando surjan problemas personales; en este caso, es importante seguir estas pautas. La propia universidad puede dirigir al estudiante hacia otros departamentos y servicios que puedan ayudarle en sus problemas: asociaciones de estudiantes, servicios médicos, hospitalares, etc.

Es muy posible que existan procedimientos para informar oficialmente a la institución de lo que le haya podido ocurrir a uno, de modo que ésta pueda tomar alguna medida para ayudar al estudiante (devolución de matrícula, no contar convocatorias, etc.), e incluso darle facilidades para poder finalizar su proyecto. Para ello habrá que llenar algún formulario y demostrar de alguna manera la situación de excepcionalidad que se vive; por ejemplo, mediante un certificado médico, una declaración donde se explique que se está en una situación atípica y difícil, etc. La propia institución tendrá normas que establezcan los motivos que permiten solicitar este tipo de excepciones; por ejemplo, una enfermedad puede ser un motivo aceptable, pero no lo será haberse ido de vacaciones con los amigos.

Seguir los procedimientos establecidos por la propia institución permite obtener ayuda, tanto a nivel personal (servicios médicos) como en el desarrollo del proyecto (por ejemplo, posponer la fecha de finalización del proyecto). Sobre todo, es importante recordar que si no se informa de lo que ocurre, no se puede obtener ayuda de ningún tipo.

5.2.3. Fallos informáticos

La aparición de problemas y fallos en los sistemas cuando, como es el caso, se tienen que utilizar computadores es casi inevitable. Estos fallos es posible que se den simplemente cuando estamos redactando el informe final (copias de trabajo perdidas), pero seguramente también se pueden dar durante el desarrollo del proyecto (por ejemplo, al escribir un programa o analizar unos datos). Puede suceder que el computador falle y que se pierdan irremediablemente los archivos sobre los que trabajamos.

Ante este tipo de imponderables, la única solución consiste en realizar numerosas copias de seguridad, en discos, o en el servidor de la universidad. Afortunadamente, en la actualidad se pueden realizar copias en otros formatos más cómodos, como en CD-ROM o en Zip. Es decisión del estudiante la frecuencia y el número de copias que haga, ya que sólo él sabe lo fiable que es el sistema con el que trabaja. Sea como fuere, no hacer ningún tipo de copia de seguridad es siempre un grave error, cuando no una irresponsabilidad; de hecho, en la fase final del proyecto, será necesario realizar copias de seguridad a diario. Perder toda una se-

mano de trabajo al principio del proyecto puede ser importante sin ser muy grave, pero si se pierde al final, puede ser desastroso. Sirva como ejemplo la historia que se narra a continuación:

Juan era un estudiante de informática de último año en la época en la que no se usaba todavía la Red, cuando todo el mundo tenía su trabajo almacenado en disquettes. Era un estudiante bastante organizado y, como tal, realizaba diariamente tres copias de seguridad de su trabajo. Un día, mientras estaba trabajando, se dio cuenta de que no podía leer los datos de uno de sus discos. Por fortuna, llevaba los discos de seguridad y cargó uno de ellos en el computador. De nuevo, éste avisó de que no podía leer los datos. Lo que en realidad ocurría es que la unidad de disco estaba dañada y borraba todos los discos que se insertaban en ella. Si Juan hubiera realizado solamente una copia de su trabajo, lo habría perdido todo. Por suerte, gracias a que había hecho tres copias de seguridad, fue capaz de terminar el proyecto a tiempo.

Quizás no hace falta ser tan previsor como Juan, pero es obligatorio para un profesional de la informática cubrirse ante determinados riesgos de este tipo.

5.2.4. Disponibilidad de los datos

La disponibilidad de datos o de informaciones imprescindibles para poder trabajar es un problema frecuente en los proyectos informáticos; las causas pueden ser variadas: una revista o un libro no accesibles, la pérdida del contacto con una empresa donde se pretendía realizar un estudio de casos, la poca calidad de las respuestas obtenidas en un cuestionario que se había realizado, etc. Sea cual sea la causa, existe el riesgo de que el proyecto pueda adolecer de una falta de datos.

Aquí es aplicable lo dicho en el apartado dedicado a la desmotivación, en el sentido de que se pueden detectar estos problemas relacionados con la disponibilidad de datos en las fases iniciales del desarrollo del proyecto. Si al principio se piensa detenidamente sobre el proyecto, podemos averiguar si un libro o una revista son difíciles de obtener, o si determinados cuestionarios pueden ser o no fiables. Con todo ello se pueden prever y planificar soluciones desde un principio, como, por ejemplo, cambiar el enfoque del proyecto, para que éste no dependa exclusivamente de la obtención de determinados datos o informaciones. En el momento de planificar el proyecto es importante que pensemos en la posibilidad, de que se den este tipo de contingencias, y que tengamos algunas soluciones alternativas pensadas, y a ser posible discutidas con nuestro tutor.

Si, por el contrario, estos problemas aparecen en fases más avanzadas del desarrollo del proyecto, hay que afrontar los problemas directamente, ya que al final será más difícil evitarlos dando un rodeo. Dicho en pocas palabras, o se dispone de los datos que necesitamos o no hay proyecto, al menos tal como lo pensamos inicialmente. En caso de que decidamos seguir adelante, si no disponemos de los datos inicialmente previstos y no es posible obtenerlos por otros medios, hay que manejarse sin ellos. Entonces habrá que abordar otras alternativas: ¿se puede usar otra empresa para el estudio de casos?; ¿hay tiempo suficiente para elaborar nuevos cuestionarios? Es conveniente pensar en el mayor número posible de alternativas y pedir ayuda al tutor. Si no encontramos una solución, habrá que seguir sin los da-

tos, y será necesario reajustar el proyecto y readaptarlo adecuadamente. Todo esto resulta más fácil de decir que de hacer; sin embargo, si al final del día los datos no están disponibles, habrá que aceptarlo y continuar el proyecto de la mejor manera posible, si no hay posibilidad de dar marcha atrás. El estudiante debe saber que en su vida profesional se encontrará con situaciones de este tipo, y debe saber encararlas de forma realista, sin faltar a la ética profesional y sin engañar a nadie, asumiendo que son riesgos asociados a todo trabajo relacionado con proyectos.

5.2.5. Compaginar el trabajo con otras actividades

El desarrollo del proyecto no tiene por qué ser (y no debe ser) el único interés que tenga el estudiante. Habrá que compaginar el proyecto con otras cosas: la finalización de otras asignaturas, un trabajo a tiempo parcial o completo, la vida privada y social, etc. Todo esto requiere tiempo, y a menudo sucede que el proyecto se ve relegado a un segundo plano. La única solución es aprender a gestionar mejor el tiempo. Éste es el tema del siguiente apartado.

5.3. Organizarse el tiempo

Aunque suena a banalidad, cuando planifiquemos las tareas del proyecto, el tiempo de que disponemos es limitado: el día tiene sólo 24 horas, y una semana sólo 7 días. Si bien todos necesitamos usar parte de nuestro tiempo en actividades necesarias, como dormir, comer o vestirnos, algunas personas gestionan mejor que otras el resto del tiempo disponible. Mejorar el reparto de este tiempo restante es el tema que nos va a ocupar a continuación.

Aunque hay diversas técnicas que se pueden utilizar para ahorrar tiempo, la única forma de conseguir una mejora significativa en el uso del tiempo es enfocar la gestión del mismo mediante un proceso de análisis que consta de tres fases, y que se resume en la Figura 5.2:

1. Decidir qué se quiere hacer.
2. Analizar lo que se está haciendo actualmente.
3. Mejorar la forma como se están haciendo las cosas, para poder conseguir nuestros objetivos.

Mucha gente intenta mejorar el uso que hace de su tiempo empleando técnicas específicas que se englobarían en la tercera fase del proceso. Sin embargo, la mejora que obtienen

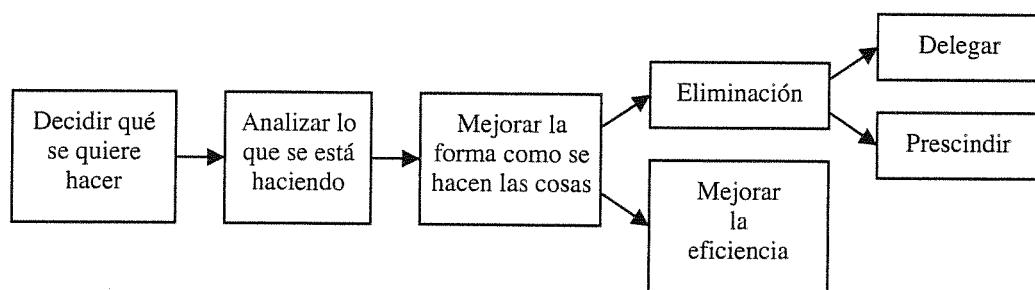


Figura 5.2. *El proceso de la gestión del tiempo*

es pequeña, porque omiten las dos fases anteriores. Vamos a analizar estas tres fases con mayor detenimiento:

5.3.1. Decidir qué se quiere hacer

La primera para usar eficientemente el tiempo es decidir exactamente qué objetivos queremos alcanzar. La mayoría de los libros que tratan de la gestión del tiempo recomiendan que se identifiquen los objetivos a corto y a largo plazo. Los objetivos a corto representan lo que se quiere conseguir durante el próximo año. Los objetivos a largo plazo se refieren a cosas mucho más alejadas, es decir, a cinco, diez o veinte años vista. Nosotros nos centraremos en los objetivos a corto plazo, y asumiremos que la finalización del proyecto es uno de estos objetivos. Quizás las reflexiones que siguen suenen a banales, pero la experiencia de lo que ocurre con el proyecto fin de carrera nos conduce a darles un especial énfasis.

Es mucho más fácil clasificar los objetivos en diferentes tipos, que identificar los grandes objetivos que se persiguen. Ferner (1980, 11) clasifica los objetivos en cuatro grupos: de trabajo, familiares, sociales y personales. Si clasificamos nuestros objetivos del último año, resultaría algo así:

- Objetivos de trabajo: terminar la ingeniería.
- Objetivos familiares: formar una familia; enseñar a mis hijos a nadar; decorar el baño.
- Objetivos sociales: ayudar a entrenar al equipo de fútbol del barrio; buscar financiación para una ONG.
- Objetivos personales: aprobar el 5.º curso de piano; mejorar mi nivel de golf; acabar una maratón; ir de vacaciones a Hawái.

Los objetivos que se establezcan deben ser lo más precisos posible. Por ejemplo, antes de incluir como objetivo personal “ser feliz”, sería mejor decir la manera de lograrlo; por ejemplo, “ir de vacaciones a Hawái”, “casarse”, etc.

En el Capítulo 2 se explicó la planificación del proyecto y cómo identificar objetivos, previos a la consecución del propósito final del trabajo. Lo mismo vale aquí; por ejemplo, uno de los objetivos para el año próximo es finalizar la ingeniería o la licenciatura. Para cumplirlo es necesario completar una serie de objetivos previos: acabar el proyecto, aprobar los exámenes, etc. Con esto se reconoce que el proyecto es algo realmente importante y, al igual que el resto de actividades incluidas en la lista de objetivos, es algo a lo que hay que dedicar bastante tiempo.

En esta fase del proceso de gestión del tiempo hemos identificado lo que se espera conseguir. La siguiente etapa implica revisar la actividad diaria para comprobar si estamos empleando el tiempo de forma adecuada para alcanzar lo subjetivos previstos.

5.3.2. Analizar qué se está haciendo

El análisis referido a saber en qué se está gastando el tiempo implica dos etapas. La primera es identificar cómo se emplea realmente el tiempo; la segunda, clasificar las actividades que nos ocupan a diario. Hay una serie de técnicas que podemos usar para catalogar este uso. Las “tablas de tiempo” quizás sean la técnica más popular para identificar este uso. Se tra-

ta, simplemente, de listas que se elaboran a lo largo del día y que describen cómo se emplea normalmente el tiempo. Identifican las actividades realizadas a diario, cuánto tiempo nos ocupan, con qué eficiencia las hacemos, y las maneras de mejorar el uso de este tiempo en el futuro. Podemos seguir elaborando tablas de este tipo durante una semana, para comprobar si es posible encontrar un determinado patrón. En el Cuadro 5.1 se muestra la actividad de un “día típico”.

Cuadro 5.1. *Un día “típico” en la vida de un estudiante*

Tiempo	Actividad	Efectividad	Comentarios
07.00-08.00	Prepararme para ir a la universidad.	50%	Podría hacerlo en 30 minutos, pero suelo racanear algo.
08.00-08.30	Ir paseando al campus.	80%	Podría ir en autobús, pero necesito hacer ejercicio.
08.30-09.00	Reunirme con mis amigos en el bar.	10%	Necesito relacionarme.
09.00-10.00	Clase.	70%	¡Bastante bien hoy!
10.00-10.15	Descanso para tomar un café.	10%	Necesito descansar.
10.15-12.00	Tutorías.	50%	Podría haberlo hecho en la mitad del tiempo.
12.00-01.30	Comida.	20%	Necesito relacionarme.
01.30-02.00	Ir a la biblioteca a buscar libros.	40%	Podría haber consultado la OPAC.
02.00-02.30	Reunión con el director del proyecto.	80%	Útil.
02.30-03.00	Tomar café con mis amigos.	20%	Necesito relacionarme.
03.00-04.00	Ir a la biblioteca a buscar libros.	20%	No he encontrado lo que buscaba.
04.00-04.30	Trabajar en el proyecto.	30%	He perdido mucho tiempo antes de empezar.
04.30-50.00	Volver a casa.	80%	Como antes.
05.00-05.30	Tomar un café.	0%	Sin comentarios.
05.30-06.00	Espiar a mi vecina/o.	0%	Sin comentarios.
06.00-07.00	Tomar un té.	50%	Necesito comer.
07.00-08.00	Trabajar en el proyecto.	90%	Ha avanzado mucho.
08.00-11.00	Ir con la novia/o.	40%	Obvio.
11.00-01.00	Trabajar en el proyecto e irme a dormir.	50%	Demasiado cansado. Debo hacer este trabajo más temprano.

Éste quizás sea un ejemplo exagerado de “un día normal en la vida de alguien”, aunque también hay que tener en cuenta que esta tabla sólo incluye la actividad de un día, y que el estudiante puede hacer cosas diferentes otros días. Ésta es la razón por la cual es conveniente realizar tablas de tiempos durante una semana completa.

Examinar atentamente estas tablas permite encontrar tiempo extra para la consecución de nuestros objetivos. Si el objetivo principal del estudiante es relacionarse con gente, el uso

que hace de su tiempo es bastante adecuado. Sin embargo, si lo que desea es también hacer bien sus exámenes, quizás sea necesario algún reajuste.

Un resultado importante que surge del análisis de las tablas es el rendimiento que se obtiene en el trabajo. Es importante señalar que durante el transcurso del día hay horas en las que se realiza el trabajo de manera mucho más eficiente que en otras; por ejemplo, por la mañana temprano o de madrugada. Se pueden dibujar estos "ritmos" diarios de trabajo y su rendimiento, obteniendo resultados como los de la gráfica de la Figura 5.3. En ella se observa que el estudiante trabaja con mayor eficacia durante la mañana y la mitad de la tarde. Así pues, sería muy útil que esta persona dejara los trabajos más difíciles para las horas de mayor rendimiento y realizara las tareas más sencillas durante el resto del día. Este concepto se puede extender, realizando gráficas de rendimiento, durante toda una semana. Así, por ejemplo, podemos descubrir que trabajamos mejor los martes y los miércoles que los viernes, cuando estamos más cansados y pendientes del fin de semana. En consecuencia, se deben redistribuir los trabajos de acuerdo con la distribución semanal del rendimiento.

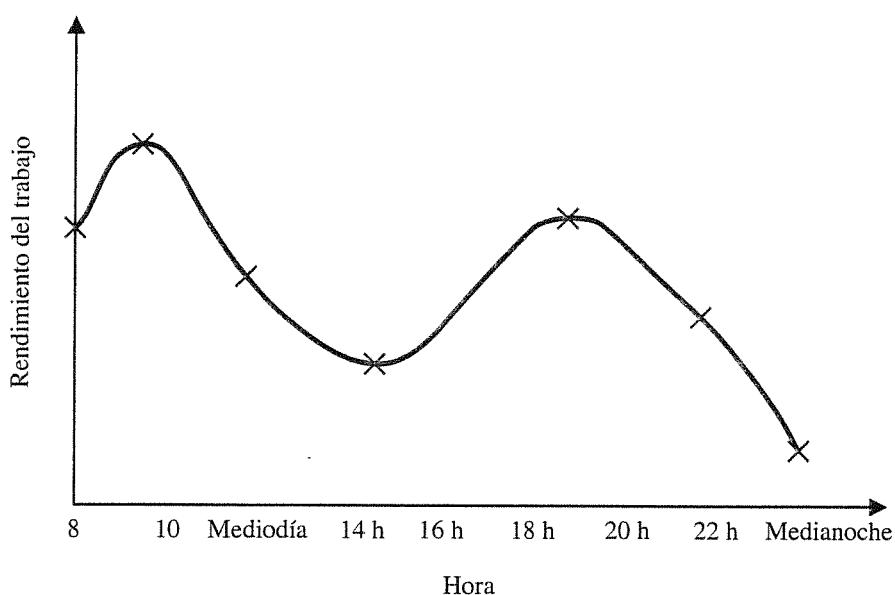


Figura 5.3. *Un diagrama de rendimiento diario del trabajo*

Una vez visto cómo gastamos nuestro tiempo, hay que clasificar el tiempo de que disponemos para trabajar. Este tiempo se clasifica según los objetivos que tengamos, de acuerdo con dos variables: importantes o superfluos, y urgentes o no. El Cuadro 5.2 resume estas categorías.

Cuadro 5.2. *Clasificación de los diferentes tipos de tareas (adaptado de Jones, 1998, 62)*

	<i>Importante</i>	<i>Superfluo</i>
Urgente	Hacerlas	Evitarlas o reducirlas al mínimo
No urgente	No ignorarlas	Abandonarlas

Las actividades importantes son aquéllas que son consideradas como tales por el estudiante en función de sus propias metas y objetivos, mientras que las actividades superfluas son aquéllas que, aunque no se realicen, no afectan a la consecución de los objetivos importantes. Las actividades urgentes son las que no admiten espera, mientras que las no urgentes son las que se pueden aplazar hasta mañana sin consecuencias serias.

Cabe destacar que el Cuadro 5.2 solamente se centra en el tiempo disponible, es decir, el tiempo del día que no se emplea en actividades esenciales, como dormir, comer, lavarse, vestirse, comprar, etc. Dichas actividades esenciales son necesarias, y deben ser realizadas adecuadamente para que todo marche bien. Sin embargo, aunque muchas de ellas puedan parecer esenciales, quizás podamos reducir el tiempo que empleamos en ellas; por ejemplo, haciendo más cortos los descansos para comer, o consiguiendo que alguien nos haga la compra.

Todas las actividades que puedan aparecer, diaria o semanalmente, se englobarán en una de las categorías de el Cuadro 5.2. Por ejemplo, finalizar un trabajo que hay que entregar al día siguiente sería importante y urgente. A principio de curso, el proyecto sería importante pero no urgente; sin embargo, sí lo será a final de curso, cuando se aproxime la fecha tope de entrega.

Ejemplos de actividades superfluas y no urgentes podrían ser: navegar por Internet, ordenar alfabéticamente los libros, etc. Como ejemplos de actividades urgentes y superfluas: contestar al teléfono, ser interrumpido por una visita, ir a una conferencia, etc.

Son actividades urgentes e importantes las que hay que hacer ahora mismo indefectiblemente; por ejemplo, reunirse con el tutor para decidir la fecha de presentación que tendrá lugar un dia de la próxima semana. Si no hay ninguna actividad de este tipo pendiente, entonces hay que dedicarse a las actividades importantes y no urgentes. Por tanto, habría que evitar cualquier tipo de actividad superflua y no urgente, y minimizar al máximo las actividades urgentes pero superfluas.

5.3.3. Mejorar la manera de hacer las cosas

Lo que no puedes evitar, retrásalo. Lo que no puedes retrasar, délégalo. Lo que no puedes, ni evitar ni retrasar, ni delegar, hazlo.

Turla y Hawkins (1985, 63).

Solamente hay dos maneras de mejorar el uso que hacemos del tiempo, para poder alcanzar los objetivos que nos hemos fijado (véase la Figura 5.2):

- Eliminar las actividades que no son necesarias.
- Ser más eficiente en las que inevitablemente hay que hacer.

Solamente se pueden suprimir actividades de dos maneras: la primera consiste en identificar las actividades superfluas y prescindir de ellas; la segunda, en delegarlas en otra persona si son importantes (véase la Figura 5.2). Por ejemplo, el estudiante quizás pueda convencer a un compañero o amigo para que le revise la redacción del proyecto o para ayudarle a buscar algunas referencias en la biblioteca.

Si no podemos eliminar determinadas tareas, solamente queda una opción: ser más eficiente en lo que se hace. Esto se consigue planificando un uso óptimo del tiempo y tratando de manera eficiente cualquier problema que pueda aparecer. La planificación del tiempo se

realiza a menudo en dos niveles: semanal y diariamente. La primera fase de la planificación consiste en establecer las prioridades. Las actividades que haya que realizar (en un día o en una semana) se organizan por orden de prioridad, según las categorías que hemos introducido (adaptadas de Ferner, 1980, 118):

- Alta prioridad: hay que hacerlas; son urgentes e importantes.
- Prioridad media: deberíamos hacerlas; son importantes pero no apremiantes.
- Prioridad baja: actividades que nos gusta hacer; superfluas y no urgentes.
- Compromisos: de prioridad baja, media o alta; por ejemplo, reuniones de trabajo.

La mejor forma de hacer una planificación semanal es, o bien empezando la primera actividad del lunes por la mañana, o bien poniendo la última del viernes. Cuando planificamos lo que se quiere conseguir durante la semana siguiente, se dará especial prioridad a las actividades de mayor importancia. Hay que organizar el tiempo durante la semana siguiente para realizar el trabajo prioritario y para identificar lo que se quiere haber completado al final de la semana. Solamente cuando hayamos finalizado estas tareas se podrá pensar en abordar las de prioridad media. Durante el transcurso de la semana, y día a día, habremos planificado determinados trabajos y, una vez más, solamente los atenderemos si son de prioridad alta o media. Hay que intentar evitar las tareas de prioridad baja, si se puede.

Una vez decidido lo que se quiere conseguir en la semana, hay que planificar lo que deseamos lograr cada día: hacer una lista de lo que hay que hacer, de las actividades a realizar y de las cosas que se podremos hacer si al final nos queda algo de tiempo disponible. Las tareas prioritarias e importantes es muy aconsejable que se hagan coincidir con las horas de mayor productividad personal, dentro de los ritmos diarios que hemos expresado en la Figura 5.3.

Hay que asegurarse de que se dispone de todo el tiempo necesario para todas las actividades de prioridad alta y media, y hay que organizarse el día de acuerdo con ello. Es conveniente no ser demasiado rígido en los planes diarios, ya que siempre pueden surgir problemas inesperados, por lo que la planificación debe ser lo bastante flexible como para abarcar estos posibles impedimentos.

Aunque se tengan que hacer planes semanales y diarios, siempre pueden aparecer problemas adicionales y acontecimientos inesperados, que vamos a considerar en la siguiente sección.

5.3.4. Cómo afrontar los problemas

Aplazamiento

Con el aplazamiento nos referimos a los acontecimientos que se aplazan hasta mañana y que deberían haberse hecho hoy. Lo mismo suele suceder al día siguiente; son asuntos que deberían estar haciendo y nunca se realizan en el momento debido, y por tanto acaban haciendo tarde, mal o nunca. Hay diversas razones por las cuales se puede aplazar el trabajo: pérdida de la motivación, excesiva dificultad de la tarea, evitar molestar a alguien, nervios, etc.

Existen varias maneras de afrontar este tipo de problemas. La primera consiste en decidir si se quiere de verdad resolverlo. Si es difícil, se puede escribir una lista con las razones a favor y en contra para afrontarlo. Al hacerlo de esta manera, a menudo nos convencemos

de que es beneficioso afrontar y resolver la tarea. Si ésta resulta ser demasiado grande o extensa, la respuesta obvia es dividirla en partes más pequeñas y dedicarnos a cada una de ellas sucesivamente.

Otra forma de solucionar los aplazamientos es la técnica del palo y la zanahoria. Consiste en conseguir que alguien supervise los progresos realizados (ya sea un colega, un compañero, un amigo, el director del proyecto, etc.) y realice algún tipo de informe sobre los avances del trabajo. Téngase en cuenta que si el estudiante tiene dificultades en realizar una tarea él solo, le ayudará saber que alguien más está interesado en su trabajo. Otra alternativa es recompensarse a uno mismo. Quizás ayude a esto el que el estudiante se gratifique con algún tipo de compensación al completar un determinado trabajo: ir al cine, salir a cenar, etc.

“Cuantos” de tiempo

Llamaremos “cuantos” de tiempo a los pequeños períodos temporales que no se utilizan eficientemente durante el día; por ejemplo: esperar a alguien en una reunión, descubrir que unas tutorías se han cancelado, esperar el autobús media hora para ir a la universidad, etc.

No hay que desperdiciar estos “cuantos” de tiempo. Conviene tener algo a mano y que sea rápido de hacer para llenar estos tiempos muertos; por ejemplo: revisar algunas notas, leer algo en el autobús, tener una libreta para anotar ideas, leer el correo de la mañana, etc.

El trabajo sin acabar

Puede parecer obvio, pero una tarea no queda completada hasta que se acaba verdad. La consecuencia es que no hay que empezar cosas que no se acabarán. Todo el tiempo que se emplee en dejar a la mitad una tarea es tiempo perdido o mal aprovechado, a menos que efectivamente se termine. Ésta es una reflexión que conviene tener en cuenta a la hora de optimizar el tiempo disponible para un proyecto.

Interrupciones

Todos estamos sujetos a interrupciones en nuestro trabajo: compañeros que llaman para vernos, el teléfono que suena (en especial los móviles están generando unas pérdidas de tiempo realmente importantes), gente que nos pregunta cosas, etc. Algunas de estas interrupciones son inevitables, pero lo que cuenta es la forma de afrontarlas. Un modo de tratar las interrupciones es evitarlas buscando un “escondrijo”, como, por ejemplo, un lugar tranquilo en la biblioteca de la universidad donde nadie nos molestará, ni siquiera el teléfono móvil, especialmente si lo desconectamos. También se puede colocar una nota en la puerta que diga “no molestar” oirse fuera durante el fin de semana. Si nos están constantemente bombardeando con preguntas o sugerencias que rompen nuestro plan, hay que aprender a decir no. Hay que recordar las prioridades y, si acabar el proyecto es una de ellas, hay que renunciar a otras y centrarnos en él.

Perfeccionismo

No hay que caer en la trampa de intentar que todo lo que se haga sea perfecto. A veces lo mejor es enemigo de lo bueno. Puede tardarse mucho tiempo en mejorar algo que sea lo bastante bueno hasta que lo consideremos perfecto. Esto, muchas veces, es tiempo perdido o muy poco rentable. Por ejemplo, si hay que responder a una carta no hay que perder dos horas redactándola y volviéndola a redactar, o utilizar un procesador de textos con dibujos y títulos elaborados; si se puede, hay que responderla brevemente. Debemos conseguir un

equilibrio entre hacer una tarea de forma suficientemente correcta y el tiempo que dediquemos a mejorarla.

Perder cosas

Se puede perder mucho tiempo si no sabemos organizar bien los datos y los archivos. Hay que tener las cosas que tengan que ver con nuestro proyecto debidamente ordenadas, las referencias actualizadas, y sobre todo debemos ser capaces de tener a mano todos los papeles necesarios. Hay que reunir todo lo que vaya a ser necesario para una tarea antes de empezarla. Esto evitará que se realicen paradas innecesarias y se pierda la concentración buscando papeles, lo que puede suponer la pérdida de un tiempo precioso. Un consejo adicional: hay que anotar lo que se quiere hacer al día siguiente cuando se haya terminado el trabajo de hoy. Esto ahorrará tiempo cuando, al reanudar la actividad, se trate de recordar lo que se pretende hacer a continuación.

5.4. Cómo utilizar al director del proyecto

5.4.1. ¿Qué es un director o tutor de proyecto?

La responsabilidad principal de un director de proyecto es ayudar a sus estudiantes de investigación a desarrollarse como individuos que piensan y que se comportan como investigadores en su respectivo campo de estudio.

Cryer (1996, 59)

Uno de los principales recursos del proyecto es el director o tutor; por tanto, la relación con éste y el tiempo que él dedica al estudiante debe ser gestionado con eficiencia. En el Capítulo 2 expusimos diversas ideas sobre cómo elegir un director (a ser posible conviene que pertenezca a la misma institución en la que se vaya a desarrollar el proyecto) y lo que se busca en él. El objetivo de esta sección es analizar las formas mediante las cuales se puede hacer un uso eficiente de las capacidades del director del proyecto durante el transcurso del trabajo.

Aunque la mayor parte de las instituciones tienen pautas similares sobre la relación estudiante-director en los niveles superiores (por ejemplo, tesis), en lo que se refiere al proyecto fin de carrera, las instituciones tienen reglas bastante diferentes y a veces poco establecidas. Algunas instituciones académicas esperan que el estudiante, en su proyecto fin de carrera, trabaje estrechamente con su director (por ejemplo, reuniéndose con él regularmente todas las semanas); otras, en cambio, prefieren destacar la naturaleza independiente de un proyecto fin de carrera y solamente exigen que el estudiante se reúna con su supervisor en raras ocasiones, para obtener consejos y pautas generales. Más allá de la buena voluntad de cada tutor, es importante que el estudiante averigüe la carga de dedicación académica que la institución reconoce a cada profesor por su trabajo como tutor en este tipo de proyectos y actúe en consecuencia. Es evidente que si la dirección de proyectos es una actividad reconocida en el trabajo académico del director, el estudiante podrá exigir una mayor dedicación de su tutor, mientras que si esta labor está poco valorada, el estudiante dependerá de la buena voluntad y del sentido de responsabilidad de su tutor. En cualquier caso, todo estudiante tiene derecho a que alguien le dirija durante esta fase de su formación que es el

proyecto fin de carrera, y en consecuencia su tutor debe estar a su disposición de una forma razonable. Es obvio que el proyecto es responsabilidad de cada estudiante, y que éste no puede pasar esta responsabilidad a su director, pero al mismo tiempo, aceptar la dirección de un proyecto supone una responsabilidad a la cual el tutor debe hacer frente con lo mejor de su experiencia profesional e investigadora.

Por otro lado, es evidente que, dependiendo del tipo de proyecto y de las personas concretas, el papel del tutor puede diferir de un caso a otro. Blaxter et al. (1996, 124) identifican los dos papeles que un director de proyecto puede realizar:

- *Manager.*
- Tutor académico.

Como *manager*, el director es responsable de dirigir el proyecto en el sentido más general. Se preocupará del progreso global, de forma que deben plantearse cuestiones del tipo de si se están consiguiendo los objetivos parciales que nos habíamos propuesto. También será de su incumbencia asegurarse de que el estudiante sigue las guías institucionales; por ejemplo, si está al tanto de todas las pautas y normas internas relacionadas con su proyecto y si está elaborando la documentación adecuada en el tiempo previsto. Como *manager*, debe animar al estudiante cuando se encuentre desmotivado, aconsejarle sobre las técnicas que puede seguir para presentar su trabajo, conseguirle el acceso a software y hardware específicos, etc.

Como tutor académico, el director se ocupa más del contenido académico del proyecto. ¿Está leyendo el estudiante los artículos y libros adecuados? ¿Utiliza los métodos correctos de investigación y de recogida de datos? ¿Está realizando los análisis pertinentes? ¿Está desarrollando su software correctamente? El tutor debe aconsejar al estudiante cómo seguir cuando éste tenga dudas, qué áreas desarrollar, clarificarle determinados temas, y aconsejarle acerca de las herramientas y técnicas a emplear. En todo caso, estamos hablando sólo de consejos, ya que, por su naturaleza, el proyecto es responsabilidad directa del estudiante.

Blaxter et al. (1996, 126; citando a la Universidad Warwick, 1994, 24) enumera las áreas en las que el tutor debe aconsejar al estudiante:

- Diseño, organización y calendario de la investigación.
- Investigación bibliográfica.
- Desarrollo teórico y conceptual.
- Metodología.
- Desarrollo de habilidades apropiadas de investigación.
- Toma de datos y realización de análisis.

A menudo, el estudiante también necesitará que su director se preocupe más por su bienestar general y emocional, y por ello el director deberá asumir este papel. ¿Mantiene su motivación? ¿Le presionan otros trabajos? ¿Tiene algún tipo de problemas personales en las que el director pueda ayudarle?

Combinando los aspectos académicos y de *manager*, Philips y Pugh (1994, 148-154) señalan una serie de expectativas que los estudiantes tienen con respecto a su director:

- Los estudiantes esperan ser supervisados.
- Los estudiantes esperan que su director lea su trabajo.
- Los estudiantes esperan que el director esté disponible cuando le necesiten en una medida razonable.

- Los estudiantes esperan que su director sea amable, abierto y esté dispuesto a ayudar.
- Los estudiantes esperan que su director realice críticas constructivas a su trabajo.
- Los estudiantes esperan que su director tengan un conocimiento profundo del área en la que investigan.

El director del proyecto, del mismo modo que tiene diversas responsabilidades respecto al estudiante, también espera que el estudiante esté a la altura de las circunstancias y cumpla con ciertas obligaciones por su parte. Según Blaxter et al. (1996, 126), el director del proyecto espera lo siguiente de sus estudiantes:

- Que se amolden a él y organicen reuniones de forma sistemática.
- Que sigan un patrón regular de trabajo.
- Que le expongan sus progresos y problemas de forma franca y completa.

Además, Phillips y Pugh (1994, 93-99) identifican más obligaciones para los estudiantes de doctorado (que en buena medida también son válidas para el proyectando fin de carrera). Éstas son:

- Ser independientes.
- Producir trabajo escrito que no sea meramente un borrador.
- Ser honestos cuando informan de su proyecto.
- Seguir los consejos que se les da.
- Que les guste su trabajo.

5.4.2. Cómo utilizar al director del proyecto con eficacia

El contacto con el director del proyecto se realiza a menudo mediante reuniones previamente acordadas. Estas reuniones pueden ser semanales o menos frecuentes, quizás cada mes o cada 5 semanas. Como el personal académico tiende a estar bastante ocupado, es difícil de encontrar a otras horas del día que no sean las acordadas y a menudo no tiene mucho tiempo disponible para ver al estudiante. Por tanto, es necesario aprovechar al máximo el tiempo durante estas reuniones, razón por la cual es aconsejable:

- a) Preparar las reuniones. No hay que reunirse con el director sin tener ni idea de lo que se quiere obtener de él. Hay que pensar de antemano lo que se quiere discutir, decidir qué consejos deseamos obtener y sobre qué parte del proyecto. Al tiempo, hay que acudir preparado para exponer las propias ideas. Ricketts (1998, 17) sugiere usar los minutos de la última reunión como punto de partida para la nueva, lo que ayuda a recordar el estado actual del proyecto y a identificar el trabajo que se esperaba haber completado hasta este momento.
- b) Como parte de la reunión, se pueden exponer los siguientes puntos:
 - ¿Qué progresos se han realizado desde la última reunión? ¿Qué trabajo se ha hecho? ¿Qué artículos se han leído? ¿Qué bibliografía se ha consultado? ¿Qué entrevistas se han mantenido? ¿Qué planes se tiene? Etc.
 - ¿Con qué problemas nos hemos encontrado? ¿Se informa de cómo se han superado o, en caso contrario, se pide la ayuda necesaria para solventarlos?
 - ¿Con quién se ha hablado? ¿Sobre qué se habló?

- ¿Qué se quiere realizar en el futuro? ¿Es viable? ¿Tiene el director algo que sugerir?
- c) Conviene tomar notas durante la reunión. Es poco probable que el estudiante sea capaz de recordar todo lo que se ha dicho; por ello, hay que realizar anotaciones a medida que se habla y clarificar las cosas antes de finalizar la reunión. Si no se entiende algo de lo que el director está diciendo, hay que decírselo. Es mucho mejor tener las cosas claras al principio que seis meses después, cuando uno se da cuenta de que no ha investigado un tema importante, o quizás cuando percibe que ha omitido un aspecto que el tutor considera vital para el proyecto.
- d) Organizar la siguiente reunión. A menudo, es una buena idea fijar la fecha para el siguiente encuentro antes de marcharse. Conviene acordar algunos objetivos a cumplir antes de la misma. Esto centrará el trabajo y motivará al estudiante, en el sentido de que sabrá que su director revisará sus progresos en la siguiente reunión.
- e) Seguir los consejos del director. Obviamente, no sirve de nada reunirse con él si vamos a ignorar todos sus consejos. Claramente, hay veces en las que el director hará sugerencias, y somos libres de seguirlas o no. Sin embargo, generalmente, el director dará consejos valiosos que sería bastante insensato no tener en cuenta.

Si no se produce una buena relación científica o personal con el tutor, siempre existe la solución extrema de solicitar un cambio de director, aunque ello, que no siempre es posible, debe ser considerado como una opción absolutamente excepcional. Antes de llegar a esta situación, hay que haber agotado todas las posibilidades, y ambas partes deben poner la mejor voluntad en ello. Bien entendido que quien más tiene que perder en estas situaciones límite es el propio estudiante, quien es bueno que acepte el criterio, normalmente mucho más solvente, de su director en caso de discrepancias. Como hemos dicho, el tutor es un recurso del estudiante, y siempre debe considerarlo y relacionarse con él bajo esta óptica.

5.5. Trabajar en equipo

Debido tanto al número creciente de estudiantes en la educación superior, como a la importancia del trabajo en equipo en la profesión de ingeniero informático, cada vez es más común que se produzca la formación, más o menos estructurada, de un equipo para realizar proyectos fin de carrera. A pesar de que el proyecto fin de carrera es un trabajo individual, también se tiende a reconocer que trabajar en equipo, o al menos de forma complementaria, tiene una serie de ventajas educativas y prácticas para los estudiantes; así, Blaxter et al. (1996, 46) identifican las siguientes:

- Se comparte la responsabilidad.
- Permite que el estudiante se especialice en áreas en las que se siente cómodo, en las que destaque o esté más motivado.
- Dota al estudiante de experiencia en el trabajo en equipo.
- Se pueden realizar proyectos mucho más extensos de los que se pueden afrontar siendo uno solo.
- Se dispone de compañeros a los que recurrir, en forma de una “red de apoyo”.

Como indicamos en el Capítulo 0, trabajar en equipo da una experiencia que no tiene precio en nuestras relaciones con los demás. Ayuda a entender la división del trabajo, a superar juntos las dificultades y a prepararse para el “mundo real”. En consecuencia, vale la pena que digamos algunas cosas acerca de cómo llevar a cabo el trabajo fin de carrera de forma que no sea estrictamente individual.

Algunos estudiantes son reacios a trabajar en equipo porque piensan que sus notas se van a resentir por el trabajo de otros, a los que no controlan. A otros les gusta la experiencia, y piensan que su equipo ha conseguido mucho más de lo que cada uno hubiera conseguido por separado. Sea cual sea el caso, el estudiante, en una etapa u otra de su vida profesional, se encontrará realizando un proyecto informático formando parte de un equipo. Esta sección trata todo lo referente al trabajo en equipo, con consejos y ayudas para completar satisfactoriamente aquellos proyectos que se llevan a cabo de forma más o menos conjunta.

5.5.1. *Papeles dentro del equipo*

Tanto si el estudiante elige su propio equipo, como si el grupo se le asigna al azar, todos los componentes aportan dos tipos de habilidades al grupo: personales y técnicas. Un desequilibrio en cualquiera de estas habilidades conducirá al grupo a un rendimiento pobre. Por tanto, a menudo no es una buena idea formar el grupo con los amigos habituales, que frecuentemente tienen los mismos intereses, personalidades semejantes y habilidades técnicas parecidas. A la hora de pensar en proyectos compartidos, si se puede hay que tener en cuenta las habilidades que enumeramos a continuación y, a partir de ellas, tratar de formar un grupo que ofrezca un equilibrio adecuado en el conjunto de las capacidades necesarias.

Belbin (1993) identifica nueve habilidades personales:

- Creatividad: gente con imaginación que es capaz de resolver problemas difíciles.
- Extroversión: gente que tiene facilidad para comunicarse. Son adecuados para hacer contactos.
- Coordinación: individuos que serán buenos directores o jefes.
- Dinamismo: gente que se comporta bien bajo presión y es capaz de solventar obstáculos contra reloj.
- Vigilancia y evaluación: personas capaces de tener una visión global del proyecto y mantener, a lo largo del trabajo, la estrategia que se había decidido seguir.
- Capacidad para trabajar en equipo: compañeros cooperativos, diplomáticos y capaces de escuchar.
- Eficiencia: personas con capacidad para realizar tareas muy concretas, disciplinadas, dignas de confianza, y que acaban haciendo su parte de trabajo sin problemas.
- Responsabilidad: gente consciente de que hay que terminar el trabajo a tiempo y de forma correcta.
- Especialistas en un campo concreto del proyecto.

Hay pocas posibilidades de que se consiga trabajar con un equipo que reuna todas estas condiciones en las dosis suficientes. Sin embargo, los miembros del equipo pueden poseer dos o tres habilidades de esta lista de forma simultánea, dotando al grupo de un equilibrio razonable. Disponer de este equilibrio no es, sin embargo, ninguna garantía de éxito. Dicho esto, cuantas más habilidades haya en el grupo, mayor será la probabilidad de que el equipo

funcione bien. Es muy importante que los individuos trabajen bien juntos y que el grupo no se resienta de problemas personales entre sus integrantes.

Hay que tener muy en cuenta todas estas habilidades cuando se repartan las tareas dentro del grupo. Hay tres papeles que son comunes a todos los equipos de trabajo, independientemente del proyecto:

- Coordinador del proyecto: es el responsable de establecer el calendario de trabajo, asignar las tareas, supervisar los progresos de los miembros del equipo, y coordinar, si no dirigir, las reuniones de trabajo.
- Bibliotecario-secretario: es el que coordina toda la búsqueda de bibliografía y genera la documentación para cada reunión del equipo.
- Contacto del equipo: se relaciona con el exterior: con el cliente, el director, o cualquier grupo externo al proyecto.

A la hora de asignar estos papeles, hay que elegir el coordinador entre los que tengan buenas habilidades para la supervisión y una cierta capacidad de liderazgo, mientras que el contacto del equipo debe ser una persona extrovertida, y el secretario debe ser una persona seleccionada entre las más responsables y concienzudas.

A veces, ninguno de los miembros se ajusta de forma natural a estos papeles, y también puede suceder que haya alguien que no quiera realizar un determinado papel. En estos casos, la función tendrá que dividirse, de forma que la compartan diversas personas, o bien que cada persona sea responsable de ello en una determinada fase del proyecto. Así, por ejemplo, se puede repartir el liderazgo en cada fase del proyecto, aunque ésta no es la solución ideal, ya que es bueno que todo proyecto tenga un único coordinador.

Las habilidades técnicas son particularmente importantes en los proyectos informáticos. Dependiendo de la especialidad que se haya escogido en la carrera y del tipo de proyecto que se realicen, necesitaremos miembros con algunas de las siguientes habilidades técnicas:

- Programación: de alto nivel, bajo nivel, programación en entorno visual, etc.
- Bases de datos: análisis, diseño y desarrollo.
- Análisis de sistemas.
- Diseño de sistemas.
- Sistemas de información.
- Interfaces hombre-máquina.
- Redes.
- Arquitectura de computadores.
- Gráficos.
- Matemáticas (incluyendo análisis estadístico).

O'Sullivan et al. (1996) sugieren un análisis que identifica este tipo de cuestiones relacionadas con los equipos formados: los puntos fuertes y débiles, las oportunidades de cada miembro del equipo y las amenazas subyacentes. Por ejemplo, un análisis de este tipo referido a un miembro del equipo podría ser de la siguiente forma:

- Puntos fuertes: líder sólido, bien formado técnicamente; buen programador.
- Puntos débiles: malo en las relaciones con los demás; baja capacidad a la hora de suscitar simpatías personales.

- Oportunidades: el proyecto es una buena ocasión para él, especialmente porque podrá mejorar sus actuales habilidades en el análisis de sistemas.
- Amenazas: posible conflicto de intereses personales a la hora de hacer la presentación del proyecto (¿qué parte ha hecho cada uno?).

No sólo debe existir un equilibrio en las capacidades técnicas y personales descritas, sino que también debe haber una buena química entre los miembros del equipo; en otras palabras, deben llevarse bien para que el proyecto pueda llevarse a cabo. Esto depende de la habilidad de cada uno para soportar a los demás, y ésta es la mayor ventaja que tiene elegir como equipo de trabajo a un grupo cuyos miembros tienen vínculos de amistad previos; aunque, como hemos dicho, esto no garantiza, ni mucho menos, la calidad del equipo.

5.5.2. *Dirigir el equipo*

Una vez seleccionado el equipo y una vez que el proyecto está en marcha, ¿cómo hay que dirigir el grupo? La coordinación depende del líder, y es responsabilidad suya optimizar los esfuerzos, dividiendo el proyecto en partes más sencillas y asignándoselas a cada uno adecuadamente.

El nexo principal entre los miembros del grupo son las reuniones frecuentes que necesariamente se deben realizar. En ellas se reparte el trabajo. Una vez que éste ha sido asignado, todos los integrantes deben estar de acuerdo en lo que les ha tocado hacer. El trabajo debe distribuirse atendiendo a las habilidades técnicas de cada uno, y a menudo será conveniente formar subgrupos para realizar partes concretas del proyecto. Los diagramas de Gantt y las redes de actividades, explicadas en el Capítulo 3, pueden ayudar en esta asignación de trabajo, ya que dan una visión estratégica de las tareas a realizar y de las responsabilidades a asumir. Es muy útil que la gente se comprometa explícitamente con sus respectivas obligaciones en esta etapa del proyecto, de forma que cada uno conozca bien su responsabilidad y la de los demás. Si aparecen problemas más tarde y el grupo se rompe por alguna razón, este trabajo de asignación previa permitirá evaluar más fácilmente las contribuciones individuales de cada miembro del antiguo equipo.

Reunirse a menudo también es una forma útil de controlar el proyecto. Permite visualizar los progresos, discutir ideas, aclarar las motivaciones, y, cuando aparezcan problemas, atacarlos con celeridad.

5.5.3. *Consejos para el trabajo en equipo*

- Tener un único coordinador. A menudo (mucho más en un proyecto académico), supone una tentación en el trabajo de equipo tener una estructura de tipo democrático, sin jefe. Sin embargo, alguien debe coordinar los esfuerzos de todo el mundo, mantener una visión del progreso del trabajo, e incluso tomar decisiones impopulares. Si hay dos o tres personas que quieran liderar el equipo, se puede establecer un turno rotatorio. Esto se puede conseguir cambiando de jefe según cuáles sean sus capacidades técnicas, a medida que avanza el proyecto.
- Mantener el interés y la motivación de todo el mundo a lo largo de un proyecto grande puede ser difícil. Por ejemplo, los que se encarguen del análisis del sistema estarán más ocupados en las fases iniciales del proyecto que al final, cuando los programa-

dores se ven desbordados. Para solucionar estos problemas, hay que planificar las responsabilidades de cada miembro del equipo y sus actividades técnicas. Por ejemplo, el analista puede convertirse en secretario o en buscador de bibliografía a medida que el proyecto avanza, etc.

- En la misma línea de los puntos anteriores, es importante asegurar que la gente no se vea desbordada por el trabajo técnico y por las obligaciones propias de trabajar en equipo. A veces puede ser difícil replanificar las tareas de cada miembro del equipo. Por ello, hay que asegurarse, cuando se asigna el trabajo, de que los papeles en el seno del equipo están bien clarificados. Por ejemplo, a un buen coordinador de equipo que sea capaz de motivar y coordinar las contribuciones de cada uno, sería razonable que se le asignara ésta única tarea, aunque ello no es posible en el caso que nos interesa del proyecto fin de carrera, pues obligatoriamente tendrá que desarrollar alguna actividad de carácter más técnico.
- Hay que asegurarse de que todas las reuniones quedan plenamente documentadas y de que la gente se compromete con el trabajo. Esto permite tener una especie de “contrato” que los miembros del equipo se vean obligados a cumplir, y, si las cosas van mal, no habrá quejas del tipo “X dijo que haría esto” o “Y prometió que ...”, etc.
- Mantener una buena comunicación entre los miembros del equipo. Todos ellos deben tener una hoja de contactos con la dirección, teléfono y e-mail del resto. Tómese nota: “Vale más la pena reunirse muchas veces durante un corto período de tiempo, que pocas veces durante mucho tiempo”. Hay que hacer un uso intensivo de todas las herramientas de comunicación disponibles. El e-mail se debe utilizar para transferir documentos y archivos, y también es conveniente establecer directorios compartidos en los servidores de la universidad, de forma que todos los miembros del equipo tengan un acceso seguro a los archivos más recientes generados en el seno del proyecto.
- Conviene crear un espíritu de equipo. Tener una identidad, dar un nombre al equipo, e incluso organizar reuniones informales y sociales, además de las estrictamente formales.
- Hay que mantener a una única persona como lazo de unión con personas o grupos externos al proyecto, como el cliente, el servicio técnico, el director del proyecto, etc. Incluso si hay 2 ó 3 personas del grupo que acuden a una entrevista, debe quedar claro quién es la persona de contacto dentro del grupo. Esto asegura que se ofrezca un mensaje consistente a los agentes externos del proyecto, que se obvien situaciones conflictivas y se evite que aparezcan informaciones contradictorias entre los diversos miembros del equipo.

5.6. Resumen

- Todos los proyectos tienen cinco elementos que hay que gestionar de alguna manera, a medida que el proyecto avanza: tiempo, coste, calidad, perspectiva y recursos. Hay que conseguir un equilibrio entre estos elementos para obtener los resultados esperados del proyecto.
- De estos cinco elementos, en un proyecto fin de carrera el coste es quizás sobre el que se tenga un menor control; contrariamente, la calidad y la perspectiva son los dos elementos sobre los que se tiene la mayor responsabilidad. Los recursos son los que

están disponibles para llevar a cabo el proyecto: el estudiante, el director, el equipo del proyecto, etc. El tiempo que se ha asignado para completar el proyecto normalmente no puede ampliarse; por tanto, hay que utilizar técnicas de gestión del tiempo para explotarlo adecuadamente.

- La gestión del tiempo consiste en: decidir lo que se quiere hacer, analizar lo que se está haciendo, y cambiar la forma en que se hacen las cosas. Hay solamente dos maneras de reducir el tiempo que se gasta en realizar determinadas actividades: evitarlas (quizás encontrando a alguien que haga por uno), o aprovechando mejor el tiempo de que se dispone.
- El director del proyecto es un recurso que no tiene precio. Generalmente sólo se podrá ver al director mediante citas acordadas, y por tanto hay que planificarlas de antemano.
- Trabajar en equipo tiene una serie de ventajas, aunque también supone ciertas desventajas. Cada miembro del equipo contribuye con dos tipos de habilidades: capacidad para trabajar en equipo y conocimientos técnicos. Cuando se asigna el trabajo a los miembros del equipo hay que encontrar un equilibrio interno y hacerlo de acuerdo con los puntos fuertes y débiles de cada persona. El grupo debe reunirse a menudo y mantener un buen nivel de comunicación.

5.7. Lecturas adicionales

- Bliss, E. C. (1976), *Getting Things Done*, Futura, Londres.
 Ferner, J. D. (1980), *Successful Time Management*, John Wiley y Sons, Nueva York.
 Garratt, S. (1985), *Manage Your Time*, Fontana/Collins, Londres.
 Goodworth, C. T. (1984), *How You Can Do More in Less Time*, Business Books, Londres.
 Haynes, M. E. (1987), *Make Every Minute Count*, Crisp Publications, Los Altos, California.
 Turla, P. y Hawkins, K. L. (1985), *Time Management Made Easy*, Panther Books, Londres.

5.8. Ejercicios

1. Señalar cómo se relacionan los cinco elementos (recursos, tiempo, coste, calidad, perspectiva) con el propio proyecto informático. ¿Cuál de ellos es tu principal objetivo en este momento?
 2. ¿Cómo podría el estudiante haber aprovechado mejor su tiempo en el Cuadro 5.1?
 3. Establecer una tabla de tiempos para la semana que viene.
 4. Dividir el uso del tiempo en actividades importantes, superfluas, urgentes, no urgentes, y en actividades de tipo esencial. ¿Cómo se puede reducir el tiempo que se gasta en actividades superfluas?
 5. Planificar una reunión con el director del proyecto.
 6. Si se está realizando un proyecto en equipo, tratar de identificar qué habilidades citadas por Belbin posee cada uno de los miembros del grupo. ¿Se han asignado los papeles basándose en estas habilidades? ¿Están las tareas técnicas y los papeles en el equipo bien equilibrados?
-

PARTE III

Presentación del proyecto

CAPÍTULO 6

La redacción de la memoria

Propósito:

Desarrollar las habilidades necesarias para poder redactar adecuadamente la memoria final del proyecto.

Objetivos de aprendizaje:

Una vez completado este capítulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Entender cómo estructurar y escribir la memoria.
- Escribir resúmenes claros y concisos.
- Entender cómo se presentan de forma clara los datos y resultados obtenidos.
- Citar adecuadamente el material bibliográfico utilizado y evitar el plagio.
- Documentar el software, comentar los programas, y escribir guías para el usuario.

6.1. Introducción

En el Capítulo 1 se identificó la difusión de las ideas y de los resultados como una parte importante del proceso de investigación. A menudo, la única evidencia que permanece del proyecto fin de carrera es una memoria o informe escrito, y es el momento de señalar el riesgo que existe de estropear un buen trabajo de proyecto a causa de una memoria deficiente. No tiene sentido llevar a cabo un valioso trabajo informático, sea de investigación o de desarrollo, si no se es capaz de presentar adecuadamente estos resultados a los demás y al tribunal que lo va a calificar, en particular. Hay que hacer notar que la aseveración inversa no es cierta, ya que un mal proyecto no se puede transformar en uno bueno por el mero hecho de redactar una buena memoria; aunque podemos mejorar un proyecto pobre con una buena memoria, hay que recordar que la memoria es el reflejo del proyecto, y que no podemos ocultar las deficiencias en la investigación, el desarrollo, la implementación, el análisis y los métodos, mediante un mero conjunto de palabras cuidadosamente escogidas.

Este capítulo se centra en la presentación por escrito del material que ha producido el proyecto: cómo estructurar la memoria o informe final, cómo escribir resúmenes, como citar el material bibliográfico, así como la forma de presentar los datos. También se ocupa de temas como la documentación del software, el comentario de programas y la redacción de manuales o guías para el usuario. La presentación oral del proyecto será objeto del siguiente capítulo.

6.2. Redactar y estructurar la memoria

6.2.1. Consideraciones generales

Hay varias cuestiones a tener en cuenta cuando se empieza a trabajar en la memoria (de hecho, muchas son válidas para el informe final de cualquier tipo de proyecto, incluso no académico). Antes de empezar a escribir, conviene hacerse algunas preguntas:

- ¿Quién va a leerlo?
- ¿Qué conocimientos previos se le suponen al futuro lector?
- ¿Qué desea mostrar el autor?
- ¿Qué va a aportarle el informe al destinatario del mismo?
- ¿Qué mensaje se desea transmitir al lector?
- ¿Qué extensión debe tener?
- ¿Existen unos límites establecidos en nuestra institución acerca de la extensión del informe o de la memoria?
- ¿Cuál es la extensión más razonable del informe de acuerdo con el trabajo hecho y los hallazgos conseguidos?

Todas estas consideraciones influirán en lo que se decida incluir en el informe final. Empecemos diciendo que no debemos incluir material sin interés por el mero hecho de haberlo trabajado, ya que ello puede incluso irritar al lector y parecerle una pedantería. De la misma manera, no hay que dejar de incluir un determinado material si realmente pensamos que es importante. Hay que conseguir el equilibrio razonable entre lo conseguido y lo que va a exponerse, tener muy claro lo que intentamos decir, conocer lo que el lector ya sabe, e incluir, en consecuencia, el material que sea realmente pertinente.

6.2.2. Diferentes maneras de escribir

Hay dos técnicas principales que se tienden a utilizar cuando se escriben informes:

- a) Descendente.
- b) Evolutiva.

Afortunadamente, no son mutuamente excluyentes, aunque el estudiante deberá adoptar básicamente una u otra a la hora de desarrollar la redacción de la memoria final del proyecto.

La *técnica descendente* (“arriba-abajo”) se utiliza para establecer la estructura del informe: número de capítulos, contenido de cada uno y su división en subsecciones. Mediante este procedimiento se podrán identificar las secciones específicas dentro de cada capítulo, que a su vez se descomponen hasta conseguir un nivel de detalle adecuado. Este proceso avanza a medida que se conoce mejor el tema correspondiente y se sabe más acerca de lo que será el contenido final. La Figura 6.1 es un ejemplo de esquema de este Capítulo 6. Nótese que dividir el contenido del capítulo en sus secciones permite escribirlo de forma más fácil y ordenada. Tener la estructura global del capítulo ayuda a no perder de vista su objetivo final, de modo que puede ayudar a que no nos perdamos en discusiones ajenas al tema principal. La división de los capítulos también ayuda a gestionar el tiempo, ya que da una idea de la extensión y complejidad de cada parte.

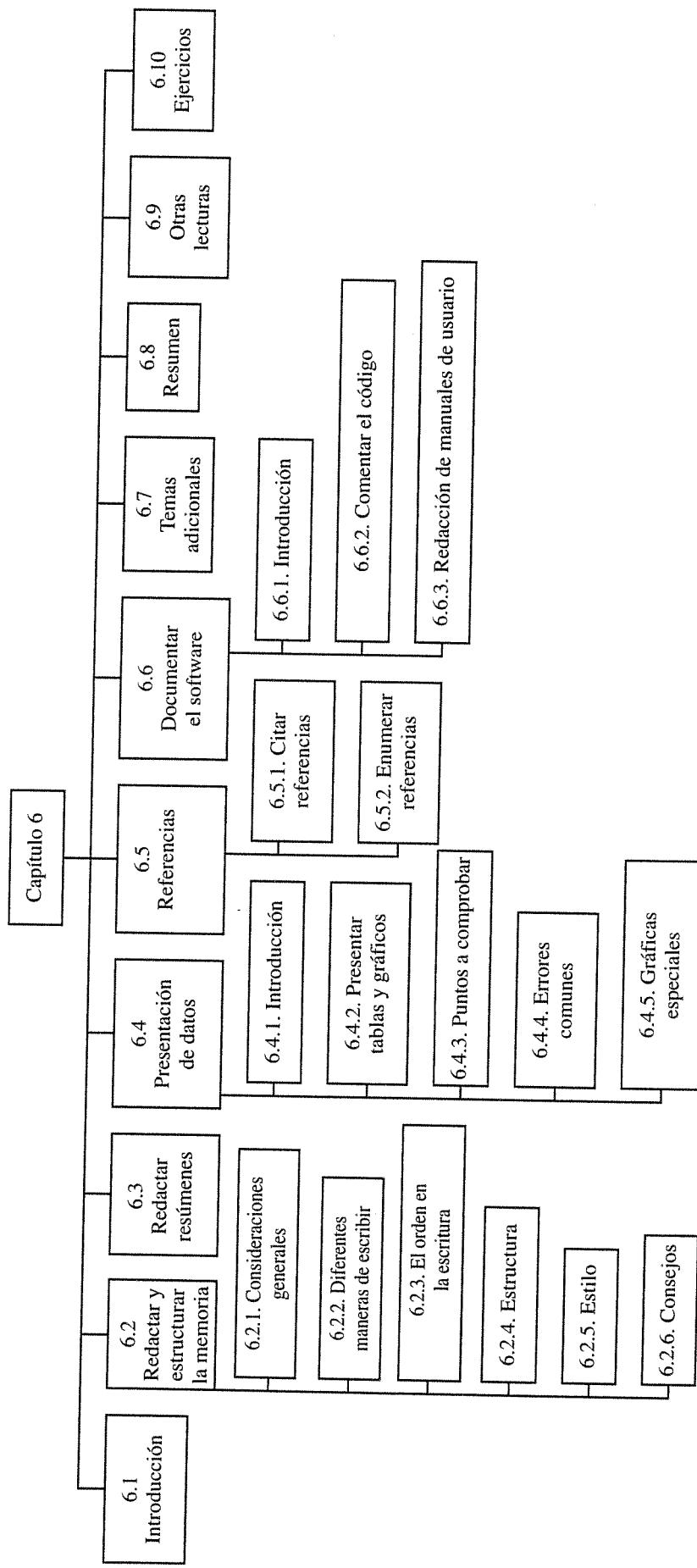


Figura 6.1. Descomposición de la estructura del capítulo

Podemos intentar establecer las secciones y subapartados de la memoria en las primeras fases del desarrollo del proyecto. Sin embargo, como a menudo ocurre, sólo en la etapa final sabremos lo que realmente queremos y debemos incluir, y sólo entonces podremos detallar el contenido específico de cada capítulo. Sea como sea, dar una estructura adecuada al informe es una forma muy útil, tanto de organizar los razonamientos e ideas, como de identificar la forma como se integran en el contenido global de la memoria.

La segunda técnica para redactar informes, la *evolutiva*, se usa muy a menudo, aunque la gente la usa sin ser consciente de ello. Se comienza escribiendo partes del informe y se reescriben a medida que el proyecto avanza. Así, cada parte evoluciona y madura durante un período de tiempo, mientras van apareciendo nuevas ideas y la comprensión del tema va aumentando. En resumen, no se escribe el informe de una sentada al final del proyecto, sino que se va redactando durante un período de tiempo más largo, que incluye la mayor parte del desarrollo del proyecto.

Podemos perfectamente combinar los dos procedimientos explicados. Por ejemplo, al inicio del proyecto establecemos las secciones específicas de cada capítulo y empezamos a escribirlas hasta que nos encontramos con que estas secciones evolucionan y cambian a medida que el proyecto avanza. Hay que hacer notar (y no asustarse por ello) que la propia estructura del proyecto puede evolucionar a medida que nuestra comprensión del tema aumenta; las ideas cambian como consecuencia de los nuevos desarrollos y de la obtención de los sucesivos resultados. El proyecto es un producto vivo, que sólo podemos ver en su estructura final, cuando está finalizado.

6.2.3. *El orden en la escritura*

Tanto si se deja el informe para el final del proyecto como si se desarrolla a medida que se avanza, hay que seguir un orden preciso en la forma de escribirlo, que consiste en:

- *Establecer la estructura.* Se relaciona tanto con el contenido de la memoria como con la estructura y el formato (es decir, con el tamaño de letra, tamaño de página, convenciones en la numeración, etc.). Aunque en las fases iniciales del proyecto no se tenga muy clara la estructura específica de los distintos contenidos, hay que intentar tener una idea, con la mayor cantidad posible de detalles referidos a la subdivisión de cada capítulo.
- *Establecer el estilo de la presentación.* Decidir y usar unos estándares en los aspectos relacionados con la presentación escrita, que respetaremos a lo largo de toda la redacción. Ello ahorrará tiempo después, cuando intentemos unir los capítulos y secciones, ya que corremos el riesgo de encontrarnos con incoherencias de estilo. Además, al empezar a escribir debemos estar seguros de que seguimos todas las normas exigidas por nuestra institución, en el caso de que éstas estén establecidas. Si no existen estas pautas, Cornford y Smithson (1996, 154) señalan algunos puntos a considerar en la presentación de la memoria final:
 - Evitar que los espacios abiertos sean demasiado amplios. Intentar que las figuras y las tablas no produzcan excesivo hueco en el texto.
 - Usar un tipo de letra claro (*Times New Roman* o *Geneva*), de tamaño 11 ó 12.

- Usar una sola columna de texto con márgenes adecuados. Sin embargo, a menudo se dice que es más fácil leer dos columnas, ya que las líneas de texto son más cortas. Para decidir, es aconsejable preguntar al director del proyecto.
- Usar números de página centrados al pie de cada página.

Puede suceder que el estudiante también quiera definir su propio estilo de presentación, como el espaciado entre líneas (1,5 o doble espacio), la convención para numerar las secciones (por ejemplo, “1.2. Título de la sección”), y el estilo de los párrafos (por ejemplo, empezar cada párrafo en una línea nueva tabulada en 8 espacios). Con la proliferación de impresoras de color es posible usar colores para resaltar el texto y la presentación del informe. Hay que tener cuidado de no introducir un estilo complejo, como sería por ejemplo usar rojo para los títulos de capítulo, azul para los encabezamientos de sección, etc. Este tipo de presentación es demasiado densa y complicada, y es mejor utilizar el color negro para el texto. Los colores, sin embargo, pueden ser muy efectivos para resaltar tablas y destacar determinados aspectos (por ejemplo, para distinguir diferentes partes de una tabla que contenga datos estadísticos).

- *Hacer un borrador de la introducción.* En cualquier informe, la introducción siempre debe ayudar al lector a tener una idea acerca de su contenido y a clarificar ideas. Sin embargo, en esta fase inicial de la redacción, la introducción será solamente un borrador, ya que las ideas están sujetas a evolución, y el énfasis que se hace en ellas cambia a medida que el proyecto avanza. A pesar de ello, hay que recordar que la introducción debe contener obligatoriamente una revisión bibliográfica, y, por tanto, debemos tener pronto un primer borrador.
- *Cuerpo principal.* Es la siguiente parte a redactar. Se puede incluir un capítulo dedicado a los métodos usados (descripción de análisis realizados, técnicas empleadas, etc.). Claramente, el contenido del cuerpo principal del informe dependerá del proyecto que se lleve a cabo. Sin embargo, además de la metodología, el cuerpo principal suele incluir los resultados más significativos y su correspondiente discusión, sin ningún tipo de conclusión, ya que ello se hará en una sección específica. El borrador del cuerpo principal del informe puede escribirse a medida que el proyecto se desarrolla, sin que se sea preciso que cada capítulo o sección se escriba en el orden definitivo. Nos encontraremos con que distintos aspectos del proyecto se completan en diferentes momentos del trabajo, y no necesariamente en el orden que decidimos en la primera presentación que nos imaginamos de la memoria.
- *Conclusiones y recomendaciones.* Constituyen algunas de las últimas tareas a realizar. Solamente se pueden escribir cuando el proyecto esté finalizado y los resultados debidamente discutidos, y cuando tengamos una idea totalmente clara acerca de lo realmente conseguido en su transcurso.
- *Completar la introducción.* Como parte de la técnica evolutiva de escribir el informe, nos podemos encontrar con que hay que reestructurar un poco la situación de partida y los objetivos perseguidos, lo que, en consecuencia, deberá reflejarse en la introducción definitiva, una vez concluido el proyecto. Es perfectamente razonable que el estudiante desee incluir en ella algún texto que aluda a los resultados finales o introducir más información sobre un tema que se ha enfocado con mayor detalle; incluso algún cambio en el enfoque del propio proyecto, resultado de las conclusiones finales.

- *Escribir un resumen* (en inglés, *abstract*). Es importante, pues muchos lectores se limitarán a su lectura, y juega el papel de ser un mecanismo para despertar el interés e inducir a la lectura de otros capítulos de la memoria. No se puede escribir un resumen claro hasta que no se sepa lo que se ha incluido en el informe. En secciones posteriores de este capítulo abordaremos cómo escribir adecuadamente estos resúmenes.
- *Referencias y apéndices*. Puesto que se van a incluir referencias y apéndices a medida que se desarrolla el proyecto, no se puede cerrar este capítulo hasta haber completado el resto de la memoria. Siempre se tiene la libertad de poder añadir o suprimir referencias y material de los apéndices.
- *Ordenar las listas de contenidos y el índice*. Hay que dejar el índice y la lista de contenidos para el final; sólo entonces conoceremos el contenido exacto de la memoria y los números de página que corresponden a cada capítulo.
- *Revisión y corrección*. Es muy importante revisar la memoria una vez finalizada. A menudo, tras una lectura rápida podemos encontrar errores y omisiones. Uno sabe lo que quiere escribir, pero sólo tiene la seguridad de haberlo logrado cuando lee la memoria completa. Éste es el momento en el que uno se da cuenta si lo ha conseguido o no y si, por tanto, debe dedicar algún tiempo adicional a mejorar la redacción y la organización interna de la memoria. Así, es una buena idea dejar reposar el informe durante un día o dos antes de leerlo de nuevo, y quizás pedir a alguien que lo lea. Hay que tener en cuenta que inevitablemente completaremos la memoria pocos días antes de la fecha tope; por ello, hay que asegurarse de que lo podremos releer y corregir sin la presión de la falta de tiempo.

6.2.4. Estructura

El informe, salvo normas propias de cada institución, debería estar estructurado en las siguientes partes:

- Página del título. Respetando las normas y costumbres, hay que incluir como mínimo el título, el autor, la fecha, y nuestra titulación académica (habitualmente se incluye también el nombre del director).
- Resumen.
- Agradecimientos a la gente que ha colaborado en el proyecto y en la obtención del título de ingeniero, y a todos aquéllos a quienes nos lo pida nuestro sentimiento personal.
- Lista de contenidos.
- Lista de figuras y tablas: no es obligatorio, y solamente hay que incluir esta lista si opinamos que será útil al lector.
- El informe en sí:
 - Introducción/revisión bibliográfica. El primer capítulo del informe debe ser siempre una introducción. Muy a menudo sucede que este capítulo sirve para realizar una introducción de la bibliografía. Si en la introducción decidiéramos incluir una sucinta visión global del proyecto y de la memoria, entonces conviene presentar la revisión bibliográfica en un capítulo aparte. La introducción debe situar el contexto del proyecto, y debe terminar incluyendo el propósito y los objetivos del mismo.

- Cuerpo principal (metodología y resultados).
- Conclusiones y recomendaciones.
- Referencias presentadas en un formato adecuado, cosa que explicaremos más adelante.
- Apéndices, etiquetados como “Apéndice A, B, C”, etc. Estos apéndices pueden ser de contenido muy distinto: listados de programas, resultados de pruebas, determinados detalles del proyecto, la propuesta inicial, la planificación, etc.
- Glosario de términos, si es necesario.
- Índice, si es necesario.

6.2.5. Estilo

Se puede analizar el estilo empleado para escribir un informe desde tres puntos de vista. Primero, el estilo real del informe: su formato, tipo de letra, etc., asunto que ya hemos explicado. El segundo se refiere a la gramática: una mala gramática puede arruinar una buena memoria de proyecto, ya que oscurece el significado de las ideas, y los resultados aparecen escondidos en frases demasiados largas y con excesiva jerga. Se asume que todo titulado universitario debe escribir de forma correcta. El tercer punto de vista es la estructura global del contenido de la memoria, que explicaremos después.

La mejor forma de conseguir un buen estilo es con la práctica: cuanto más se escribe, más fluido se hace el estilo y más fácil resulta escribir. La lectura es también una ayuda decisiva para mejorar la forma de escribir; al leer se aprenden elementos útiles y se identifican formas y maneras que son interesantes para desarrollar y presentar argumentos. Dicho esto, hay una serie de reglas que podemos seguir para mejorar nuestro estilo cuando escribamos informes de tipo profesional. Así, hay que evitar, en la medida de lo posible, el uso de pronombres personales, como yo, tú, nosotros, etc. (en este libro hemos abusado de hecho de estas formulas, pues no estamos escribiendo un informe, sino mas bien un texto que trata de aconsejar al estudiante). Sin embargo, hay que tener cuidado de no caer en frases y estructuras demasiado complejas por el mero hecho de evitar estos pronombres. El director del proyecto debería aconsejar al estudiante en este punto. Las frases deben ser cortas, y tenemos que ir al grano. Hay que evitar exponer diferentes puntos en una misma frase, así como abusar de abreviaturas y de expresiones de jerga informática. Debemos emplear palabras simples y no demasiado difíciles, ya que el uso de palabras muy rebuscadas puede irritar al lector, oscurecer el significado de la frase y, a menudo, esconder la propia falta de comprensión del tema, lo cual detectará fácilmente un lector experimentado. En la medida de lo posible hay que evitar los anglicismos, tan frecuentes en informática.

Es una práctica común presentar la memoria en tiempo pasado, ya que ésta presenta los resultados de un proyecto ya finalizado. Dicho esto, Day (1995) sugiere que se debe usar el presente cuando se haga referencia al trabajo de otros. Hay que evitar los chistes y las ocurrencias personales.

Es importante utilizar un procesador de texto que permita corregir los errores ortográficos, y conviene hacer un buen uso del mismo. Hay que usar con cuidado los correctores ortográficos y gramaticales, ya que puede ocurrir que lo que sea una frase elegante y bien construida, quede alterada por un corrector gramatical. No obstante, si el estudiante piensa que su nivel gramatical es pobre, estos correctores son de gran ayuda. En cualquier caso, se supone que el futuro ingeniero informático será un titulado universitario, y por tanto, como

toda persona culta, se supone que posee un buen dominio del lenguaje y de la gramática; en ningún caso puede despreciar el dominio de estas habilidades, aunque no estén ligadas al uso del computador.

El tercer tipo de estilo a considerar es la estructura global del contenido. El informe debe estar organizado de forma que contenga:

- *Un comienzo.* La introducción y la revisión bibliográfica.
- *Un argumento.* Constituye el grueso del informe, y es donde se analizan los componentes principales del proyecto: qué se ha hecho, con qué métodos se ha llevado a cabo, y qué resultados se han obtenido, aunque sin valorarlos (esto corresponde a la parte final).
- *Un final.* La discusión de los resultados, las conclusiones, un resumen de lo hecho, unas recomendaciones en su caso, y una indicación de trabajo para el futuro.

Este tipo de estructura debe repetirse en otra escala dentro de cada uno de los capítulos de la memoria. Cada uno de ellos debe tener su pequeña introducción (una visión general del capítulo y su enlace con los anteriores), un cuerpo principal (la mayor parte del capítulo), y un final (que puede ser un resumen o un conjunto de conclusiones del capítulo).

6.2.6. Consejos

Terminamos esta sección sobre cómo redactar la memoria con unos consejos que pueden ayudar al estudiante. Bell (1993, 152) cita una serie de puntos útiles para mejorar este proceso de redacción:

- Establecer fechas tope. La memoria tardará mucho tiempo en escribirse si no se establecen unas fechas tope para ello, y si no nos ceñimos a ellas no acabaremos a tiempo. Usar una descomposición adecuada de cualquier informe ayuda a planificar el tiempo.
- Escribir con regularidad. Hay que encontrar el mejor momento y lugar del día para escribir. En otras palabras, hay que escribir cuando se tiene la mente despejada, y debemos tener un sitio fijo para trabajar (Saunders et al., 1997, 371). La gente normalmente no está en condiciones optimas para escribir cuando está con distracciones, ni cuando se encuentra excesivamente cansada.
- Crearse un ritmo de trabajo. Una vez que se ha empezado, hay que seguir. Por ejemplo, no hay que parar de escribir para verificar una referencia si no la tenemos disponible; hay que continuar hasta que el horario marque otra actividad y apuntarnos la incidencia para después.
- Escribir las secciones cuando estén listas, es decir, cuando estén claras en la mente. Esta forma de proceder permitirá además ahorrar tiempo al final del proyecto, cuando éste sea algo más que una mezcla heterogénea de resultados, introducción y conclusiones, ya que estaremos tranquilos acerca de las secciones que hasta entonces hayamos redactado.
- Detenerse en un punto a partir del cual sea fácil reiniciar la redacción. A menudo se requiere mucho tiempo para proseguir el trabajo después de un descanso; por ello, uno debe procurar detenerse en un punto natural; por ejemplo, cuando se ha completado una sección. Empezar el trabajo donde se dejó la semana o el día anterior

puede ser difícil, ya que se puede haber olvidado lo que se quería escribir. Si es inevitable interrumpir el trabajo hay que anotar lo que se pretende poner a continuación, de forma que cuando se reemprenda la escritura más tarde, se pueda reiniciar el trabajo sin mayores problemas.

Otro consejo que vale la pena seguir es reunir todo el material que se necesite antes de empezar a escribir. Puesto que, como hemos dicho, no es conveniente romper el ritmo de trabajo de escritura para buscar una referencia o para ir a la biblioteca a buscar un libro importante para lo que estamos redactando, es bueno tener a mano todos los elementos que podamos necesitar a lo largo de la redacción que estemos haciendo.

Aunque sea obvio para los estudiantes de informática, la mejor manera de escribir un informe es usando un procesador de texto. Estos paquetes informáticos son mucho más efectivos que las máquinas de escribir o la escritura manual. Casi todos los procesadores de texto contienen diccionarios y herramientas de corrección ortográfica, y además incluyen ayudas básicas, como editores de ecuaciones que facilitan la presentación de ecuaciones en el texto. Los editores de ecuaciones están disponibles, y pueden ser usados para construir ecuaciones antes de pegarlas en el informe. El siguiente ejemplo es una ecuación que ha sido pegada con este procedimiento. Cabe destacar cómo se la ha dotado de un número de referencia (6.1 en este caso), que identifica únicamente cada ecuación que se incorpora en el informe.

$$f(N) = \sum \frac{N(N-1)}{\sqrt{S^2(N-1)}} \quad (6.1)$$

6.3. Redactar resúmenes

Blaxter et al. (1996, 38) definen la función de un resumen como “sintetizar brevemente la naturaleza del proyecto de investigación, su contexto, cómo se ha llevado a cabo, y cuáles han sido sus resultados”. El resumen debe dar al lector una idea global del proyecto, y en base a él, muchos lectores decidirán si inician o no la lectura del informe. Por ello, el resumen debe ser: (a) *conciso* (preferiblemente no más de una página), (b) *claro* y (c) *interesante*.

Muchos resúmenes están estructurados como una lista de contenidos, pero esta forma de hacerlo tiene escaso interés para el lector, ya que en este caso siempre puede acudir a la lista de contenidos del proyecto. El resumen, como hemos indicado, debe ser una de las últimas cosas a redactar, y debe hacerse cuando se conozca realmente lo que se ha conseguido, qué es lo más interesante que debe comunicarse, y cuál es el verdadero contenido de la memoria. Recalcar que en general no es aconsejable usar referencias en el resumen a menos que sean claves para introducir el trabajo, ya que estamos dando una visión reducida, y no tiene mucho sentido que el lector tenga que buscar las referencias al final de la memoria o conocer a los autores que hemos citado. Además, hay que evitar el uso de jerga y de acrónimos, pues el resumen pierde claridad; los acrónimos sólo se deben introducir en el cuerpo principal del proyecto. Escribir buenos resúmenes es algo que se aprende con el tiempo. Para tener una idea que permita distinguir un resumen bueno de uno malo, hay que prestar atención a cómo los estructuran otros autores. Como ejemplo, presentamos dos resúmenes del mismo artículo basados en el ejemplo del desarrollo de una red neuronal para predecir el coste asociado al desarrollo de paquetes de software.

Resumen 1

Este artículo investiga las aplicaciones de las redes neuronales a la estimación del coste del desarrollo del software. Comienza analizando las técnicas existentes para la predicción del software, como el COCOMO (Boehm, 1981) y Delphi (Helmer-Heidelberg, 1966). El artículo utiliza el proceso de estimación del coste de software como base para aplicar las redes neuronales desarrolladas en el proyecto. Se presentan las ecuaciones que muestran las mejoras realizadas en los algoritmos usados para la adaptación de redes neuronales. También se analiza la simulación de redes neuronales. Se presenta una evaluación de los resultados de las redes neuronales, y se comparan estos resultados con los obtenidos mediante otras técnicas mencionadas en el propio artículo.

Resumen 2

Uno de los problemas principales que tienen los proyectos de desarrollo de software es la dificultad para estimar con precisión su coste aproximado y la duración y esfuerzo que requerirán. Esto conduce indefectiblemente a problemas en la gestión y control del proyecto. Una parte del problema es que durante las primeras fases del proyecto se sabe muy poco del problema a tratar, y por tanto las estimaciones iniciales tienen que hacerse a ojo de buen cubero por parte del encargado del proyecto. Las redes neuronales parecen apropiadas para tratar problemas de esta naturaleza, ya que pueden ser entrenadas para entender los factores explícitos e implícitos que intervienen en el coste del desarrollo del software. Por esta razón, se investigaron las redes neuronales como una herramienta potencial para estimar el coste del desarrollo de los proyectos de software usando datos aportados por una empresa dedicada al desarrollo de software. El concepto de simulación de red neuronal se ha construido y empleado para tratar las incertidumbres y los vacíos que se presentan en las estimaciones iniciales. Este artículo desarrolla estos conceptos y commenta los resultados que se obtuvieron al proceder al aprendizaje y prueba de las redes neuronales sobre los datos existentes.

El primer resumen se ha presentado incorrectamente como una lista de contenidos, mientras que el segundo establece el contexto del artículo e identifica la contribución que éste realiza. El primer resumen se presenta como una división del artículo en secciones, e incluye acrónimos y referencias a artículos que pueden ser desconocidos para el lector. Cuando se escribe un resumen hay que seguir más bien la estructura del segundo.

6.4. Presentación de datos

6.4.1. Introducción

En casi todos los proyectos hay que presentar datos en uno u otro formato, entendiendo por datos los obtenidos a partir de cuestionarios, investigaciones, pruebas de software, tests de

algoritmos, diseño de circuitos, etc. Mientras que la presentación en forma de texto de los resultados numéricos puede resultar un poco “seca”, en el sentido de que es difícil interpretar la información recogida, los gráficos y las tablas dan una idea mucho más agradable de lo que se ha obtenido a lo largo del proyecto. “Un diagrama puede simplificar a menudo datos muy complejos que requerirían más de un párrafo de explicación” (Bell, 1993, 147).

Aunque una imagen vale más que mil palabras, hay que asegurarse tanto de que el gráfico que se muestra sea correcto como de que los datos no se representen de forma que escondan su verdadero significado, a la hora de elaborar el gráfico correspondiente. Según Mark Twain, el primer ministro británico Benjamin Disraeli (1804-1881) decía que hay tres tipos de mentiras: “mentiras, grandes mentiras y estadísticas”, lo que puede interpretarse como que se puede hacer que los resultados estadísticos digan prácticamente lo que se quiera. Obviamente, ésta es una situación inaceptable, científica y éticamente. Cuando se redacte la memoria hay que ser objetivo a la hora de presentar los resultados y hacerlo de una forma clara y honesta. En la próxima sección se trata la forma de presentar la información usando tablas, cuadros y gráficas, dando diversos ejemplos de los más populares. También reseñaremos algunos casos en los que el uso de gráficas es inadecuado.

6.4.2. Presentar tablas y gráficas

Todas las figuras que se incluyan dentro de la memoria deben estar claramente etiquetadas con un número y una corta descripción. El método más común se basa en etiquetar cada figura y cada tabla utilizando números fijados consecutivamente por el número de capítulo en el cual estamos. El método utilizado en este libro, en el cual tenemos un ejemplo: “Figura 6.1. Descomposición de la estructura del capítulo”, es una forma bastante estándar que se puede recomendar. Cabe resaltar que no existe ningún problema en etiquetar una tabla y una figura con el mismo número; por ejemplo, el Cuadro 6.1 y la Figura 6.1 hacen referencia a conceptos claramente diferentes dentro del presente Capítulo 6. Sobre todo, hay que ser coherente y no cambiar la forma de etiquetar las figuras y tablas al pasar de un capítulo a otro.

La utilización de tablas y gráficas en todo informe obedece al principio de que su uso debe añadir algo de valor al mismo, y no porque se piense que simplemente quedan bien. Las gráficas y tablas deben ayudar a que la información sea más clara, y debemos incluirlas lo más cerca posible de la información a la que se refieren, pero nunca antes. Tomemos, como ejemplo, el Cuadro 6.1. Esta tabla presenta una clasificación de la nota final de 100 estudiantes que completaron sus estudios de informática en 1998.

Cuadro 6.1. *Distribución de notas de 100 estudiantes*

Matrícula	Sobresaliente	Notable	Bien	Aprobado	Suspensos
7	23	38	17	10	5

Al comparar esta tabla con el texto: “Siete estudiantes obtuvieron matrícula de honor; veintitrés un sobresaliente; treinta y ocho, un notable; diecisiete, un bien; diez, un aprobado;

y cinco suspendieron”, se observará que la presentación en forma de tabla resulta francamente más recomendable.

Aunque el Cuadro 6.1 sea más fácil de seguir que el texto anterior, no siempre una tabla es necesariamente la mejor manera de presentar los datos. La Figura 6.2 quizás sea una mejor manera de interpretar los resultados, ya que da una visión más clara y fácil de la distribución de las notas. En las gráficas hay que destacar que la distribución de los datos sólo es relevante cuando las categorías en las que se dividen representan una magnitud creciente de algún tipo (por ejemplo, la posición de los corredores en una carrera, o la calificación obtenida por los estudiantes). Sin embargo, el orden de las columnas es irrelevante en las gráficas en las que los datos solamente representan clases o categorías entre las que no existe ningún tipo de orden (por ejemplo, la religión, el sexo, etc.). En estos casos, la gráfica solamente tiene la posibilidad de destacar la diferencia entre el número de elementos estudiados en cada categoría.

La Figura 6.2 es un *gráfico de barras verticales*. Estas gráficas también se pueden presentar horizontalmente, pero en general la representación en vertical es la más usada. Los gráficos de barras se utilizan para presentar grupos de datos cualitativos. En particular son útiles para presentar resultados a cuestionarios que utilicen escalas tipo *Lickert*, es decir aquéllos que indican “el grado de acuerdo o desacuerdo con una frase determinada” (Bell, 1993, 139); por ejemplo: “¿Piensa usted que este software es de calidad mala, mediana o buena?”. Destaquemos de la Figura 6.2 que en la gráfica se han dividido deliberadamente los datos en columnas separadas por huecos, que los ejes se han etiquetado debidamente, y que se ha buscado un título con una leyenda expresada de forma breve.

Para datos continuos se requiere una alternativa a los gráficos de barras, ya que los datos no se distribuyen en categorías diferentes, sino que pueden tomar cualquier valor real (por ejemplo, edad, tamaño, peso, etc.). En estos casos se usan los *histogramas*, que presentan los datos en una forma similar a los gráficos de barras, ya que las columnas se usan para representar las frecuencias de aparición de determinados datos, aunque ahora las columnas están situadas de forma adyacente, como corresponde a un valor continuo. En el caso de las variables continuas, es decisión nuestra la forma de dividir los datos en categorías, al contrario de lo que ocurría en los gráficos de barras, donde dichas categorías estaban ya predefinidas por los propios datos que representaban. Así, la Figura 6.3 representa un histograma que muestra la edad de 100 estudiantes de informática al finalizar sus estudios.

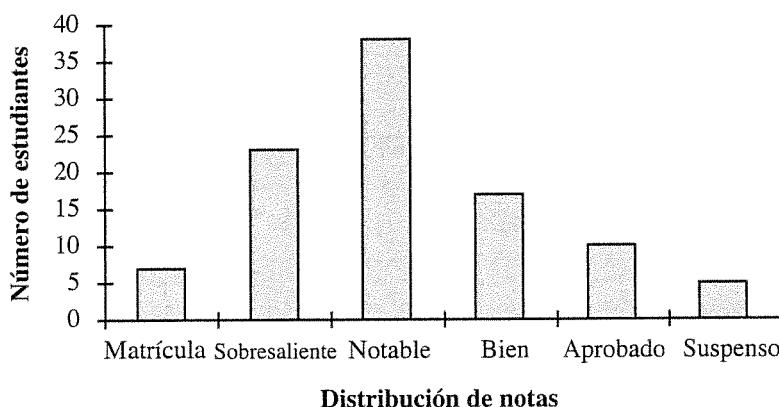


Figura 6.2. Gráfico de barras verticales que muestra la distribución de notas de 100 estudiantes

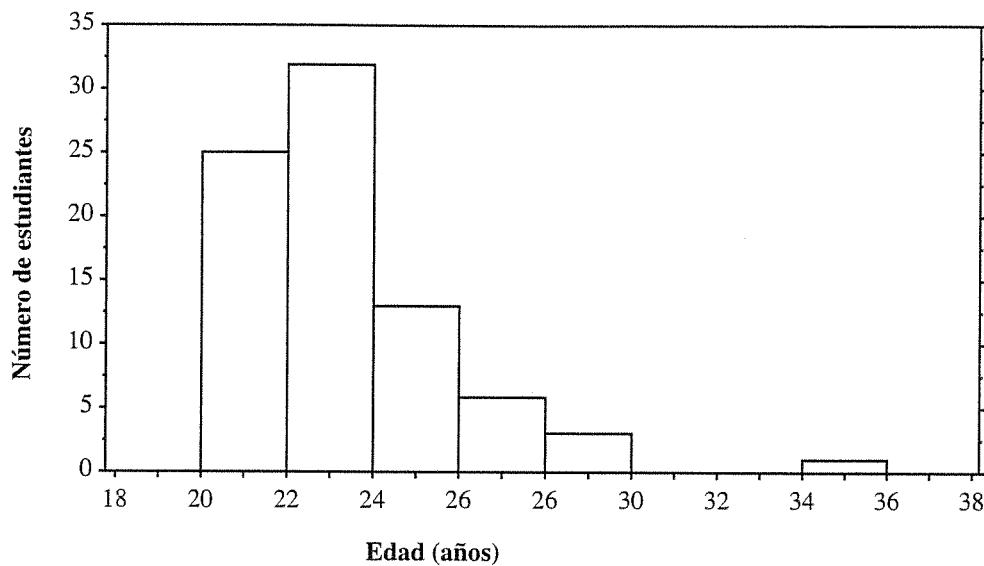


Figura 6.3. *Histograma que muestra la edad al finalizar los estudios de 100 estudiantes de Informática*

En la Figura 6.3 la edad de obtención de la licenciatura se ha dividido en sólo 10 categorías: 18 a 20, 20 a 22, 20 a 24, 24 a 26, etc. Se asume en este caso que el límite superior de cada categoría es un día antes de que comience el año indicado, de modo que aquéllos cuyo cumpleaños sea el día siguiente a la obtención del título, se colocarán en la siguiente categoría (esto es, la categoría de 20 a 22 realmente representa de 20 a 21 años y 364 días). Cada columna representa ahora el número de estudiantes que se engloban en un rango determinado. Nótese que las barras del gráfico se están tocando, lo que está de acuerdo con el hecho de que los datos son continuos y que no existe una división absoluta entre las categorías.

En principio no hay ninguna razón para no definir las categorías como de 20 a 25, de 25 a 30, de 30 a 35, etc. El resultado de esta nueva división se muestra en el histograma de la Figura 6.4. Sin embargo, obsérvese que este último histograma da una visión más pobre que

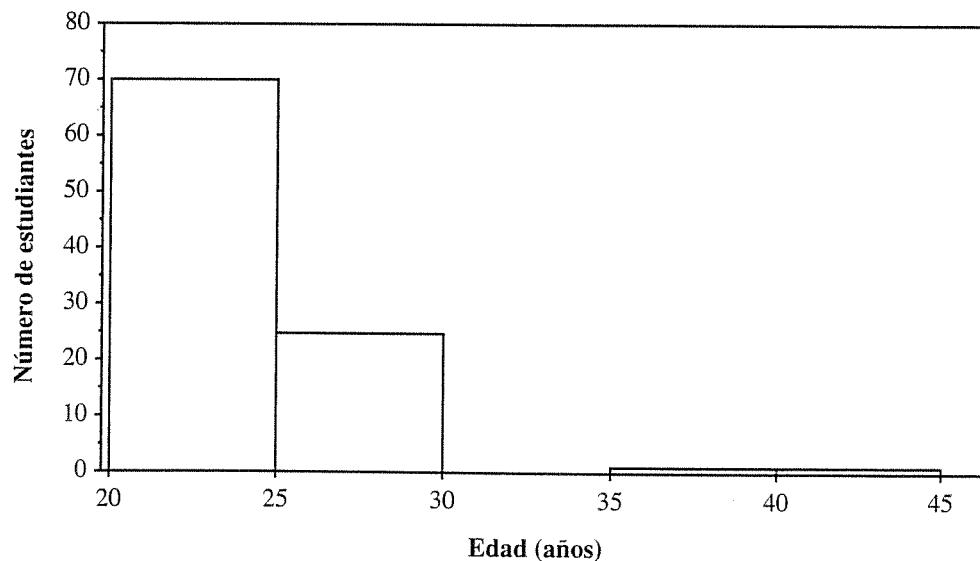


Figura 6.4. *Histograma que muestra la edad al finalizar los estudios de 100 estudiantes de Informática*

el anterior acerca de la dispersión de las edades de los estudiantes cuando acaban la carrera. Este ejemplo muestra la importancia de seleccionar cuidadosamente las categorías para presentar datos continuos en histogramas. Si se dividen los datos en demasiadas categorías, pueden aparecer muchos huecos; si se dividen en excesivamente pocas, obtendremos un pequeño número de barras muy altas y muy anchas que dan muy poca información de la distribución subyacente. Será el sentido común, aplicado a cada conjunto de datos concretos, el que nos dictará la mejor manera de elaborar cada histograma.

Otro tipo de gráfica que se puede utilizar en el informe es el *diagrama circular* (en inglés, *pie chart*). Se utiliza para mostrar las proporciones de cada categoría en el conjunto de los datos. Por ejemplo, la Figura 6.5 presenta los mismos datos que la Figura 6.2; mientras que la Figura 6.2 muestra la distribución de las notas, la Figura 6.5 muestra la proporción de estudiantes con una nota determinada. La decisión acerca de qué tipo de gráfico usar depende de lo que se quiera destacar o explicar en el texto. Los diagramas circulares se utilizan para analizar proporciones, y los de barras para estudiar distribuciones.

Los gráficos circulares suelen aparecer en varias formas y tamaños: tridimensionales, coloreados, sombreados, etc., y la mayoría de paquetes informáticos para la elaboración de gráficas ofrecen todos estos formatos. La elección y forma de presentación gráfica es decisión del estudiante, aunque seguimos insistiendo en la necesidad de asegurarse de que la presentación no oscurezca el real significado de los datos.

Para comparar proporciones entre dos o más subconjuntos se puede o bien utilizar varios diagramas circulares, o bien recurrir a una gráfica de barras combinadas como la que se muestra en la Figura 6.6, que representa la distribución de notas en cuatro universidades distintas. Se ha incluido una leyenda para identificar los colores y sombreados usados para las columnas, y estos sombreados siguen una perspectiva descendente que se basa lógicamente en las notas, desde el sobresaliente al suspenso.

Si no se estuviera interesado en las proporciones entre las categorías sino en sus resultados, se podría utilizar una gráfica de barras combinadas como la de la Figura 6.7, que muestra el número de estudiantes recién licenciados agrupados por sexos. Las barras están distribuidas en tres bloques de notas y están separadas de acuerdo con el sexo. En este caso, se identifica el sexo en cada categoría de nota.

Hay que señalar que el gráfico de barras de la Figura 6.7 está presentado en un formato bastante convencional, ya que hoy en día son muy comunes los gráficos en tres dimensiones

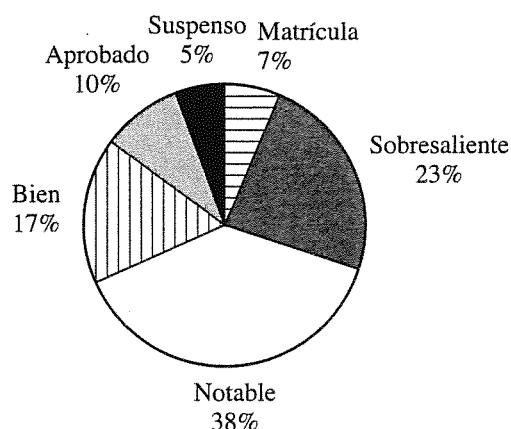


Figura 6.5. *Diagrama circular que muestra la distribución de notas de 100 estudiantes*

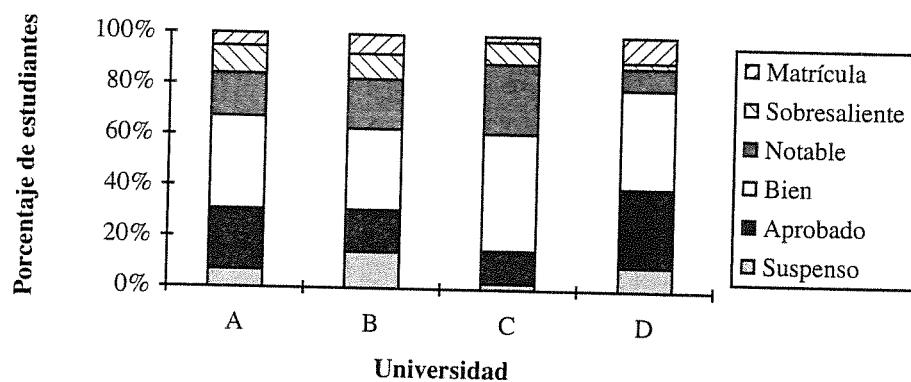


Figura 6.6. Comparación de la distribución de notas en cuatro universidades

que utilizan colores y sombreados, lo que los hace más atractivos. Sin embargo, hay que insistir en la necesidad de evitar que, tras ser elaborados diagramas y figuras, se pierda el verdadero significado de lo que se quiere exponer.

La Figura 6.8 toma los datos utilizados en la 6.7 y reordena las agrupaciones, presentando los datos de una forma ligeramente distinta. Esta vez se han dividido las barras por notas, y las notas se han agrupado por sexos; de nuevo, la forma de presentar los datos depende de cada caso y de lo que se deseé destacar con la gráfica. Así, la Figura 6.7 pretende mostrar cómo se reparte cada calificación entre hombres y mujeres, mientras que, por el contrario, la Figura 6.8 destaca la distribución de notas de los hombres y de las mujeres por separado.

Un inconveniente de los datos que han dado lugar a las Figuras 6.7 y 6.8, reside en el hecho de que el número de hombres y de mujeres es diferente. El caso ideal sería tener el mismo número de estudiantes de ambos性, para poder comparar la proporción de hombres y mujeres con distintas notas. Se podría así dar una contestación a preguntas del tipo: “¿Obtienen las mujeres, en término medio, más sobresalientes que los hombres?”. Aunque sería necesario realizar un análisis estadístico sobre los datos para contestar esta cuestión con solvencia, las gráficas dan una primera visión de la situación. En ambos casos, el eje Y se volvería a etiquetar como “porcentaje de estudiantes” en lugar de “número de estudiantes”, de forma que los gráficos serían una mejor comparación de la distribución de notas basadas en el sexo, si es esto lo que se pretende destacar.

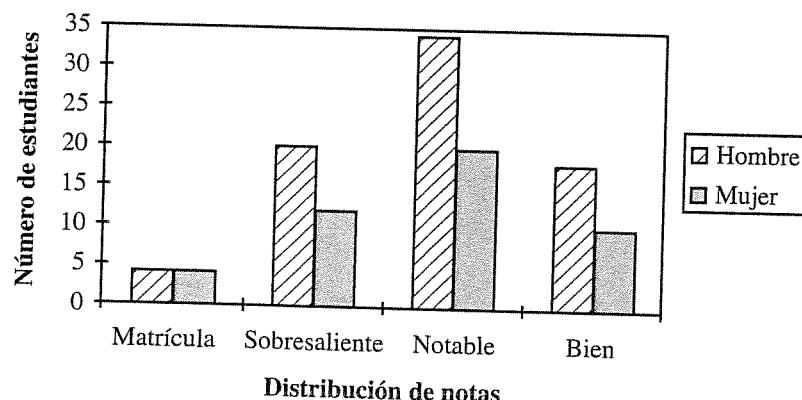


Figura 6.7. Distribución de notas de 125 estudiantes recién licenciados por sexos

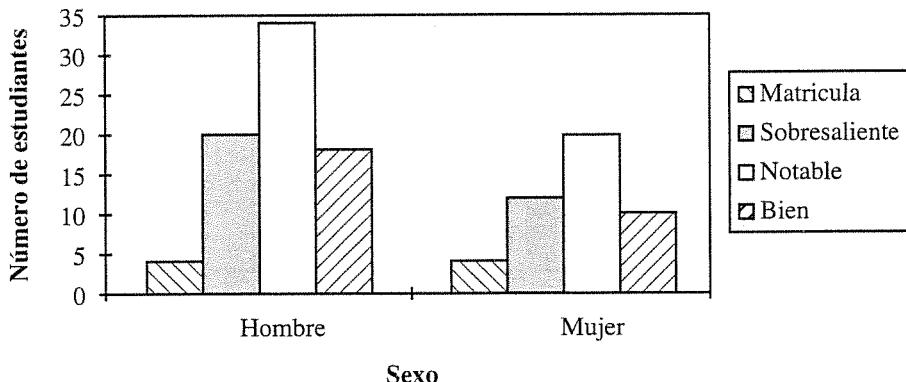


Figura 6.8. *Forma alternativa de representar la distribución de notas por sexos de 125 estudiantes recién licenciados*

Otra forma de representar, que puede ser útil, es el *gráfico de líneas*. Este tipo de gráficas se suelen utilizar especialmente para mostrar variaciones a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la Figura 6.9 representa la evolución de los sobresalientes y matrículas obtenidos entre 1980 y 1999. Hay que recalcar de nuevo que la figura sólo da una interpretación visual de los datos, y que es imprescindible llevar a cabo un análisis estadístico cuidadoso para averiguar si existe en los datos estudiados una tendencia significativa. A pesar de su importancia en la calidad de todo proyecto, los estudios estadísticos están más allá del alcance de este libro, y es una cuestión que el estudiante ha visto en otras asignaturas; por ello, no insistimos más en ello, y en todo caso hay numerosos textos que tratan en profundidad este tema y a los cuales se debe recurrir cada vez que sea necesario.

El último tipo de gráfico es el diagrama de dispersión (en inglés, *scatter diagram*). Estos diagramas se utilizan para mostrar la relación entre dos variables. Por ejemplo, la Figura 6.10 representa las notas correspondientes a un trabajo de 30 estudiantes de informática en relación con número de horas que cada uno dedicó a su trabajo. El gráfico destaca que existe una tendencia creciente, y muestra que quizás exista una relación causal entre ambas variables. Aunque se puede calcular estadísticamente la magnitud de esta relación, la gráfica da una primera estimación, que quizás sea más fácil de seguir que los resultados de cálculos estadísticos, aunque en ningún caso los sustituye. La claridad de una gráfica no significa que se pueda omitir el riguroso estudio estadístico de los datos, sino que podemos apoyar estos cálculos y conclusiones mejorando su presentación mediante el uso de gráficas y tablas adecuadas.

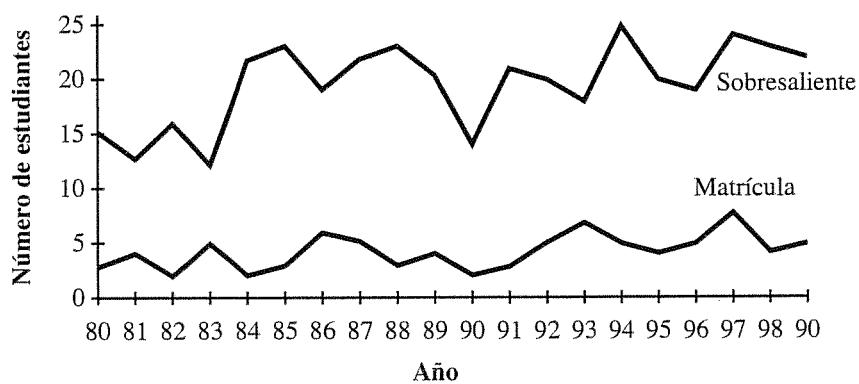


Figura 6.9. *Evolución de matrículas y sobresalientes obtenidos entre 1980 y 1999*

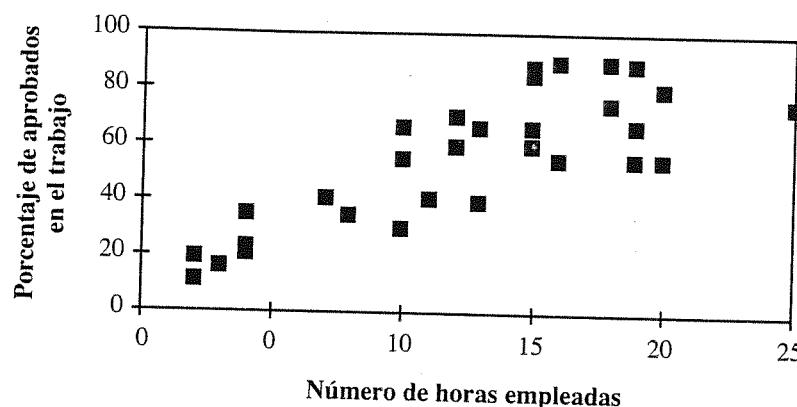


Figura 6.10. Relación entre las notas obtenidas en un trabajo y el número de horas empleadas para realizarlo por treinta estudiantes

6.4.3. Puntos a comprobar

Saunders et al. (1997, 299) presentan una lista de puntos que hay que tener en cuenta una vez completadas las tablas y figuras de la memoria. Tanto para unas como para las otras se recomienda que el estudiante, antes de dar por terminado su trabajo, se haga las siguientes preguntas:

- ¿Tienen un título breve e ilustrativo?
- ¿Se han especificado claramente las unidades de medida?
- ¿Están claras las fuentes de donde provienen los datos?
- ¿Hay anotaciones que expliquen las abreviaturas utilizadas?
- ¿Se ha indicado el tamaño de la muestra?

Además, respecto a los gráficos, se sugieren las siguientes preguntas:

- ¿Se han etiquetado los ejes?
- ¿Se han presentado las barras y sus componentes en la misma secuencia lógica cada vez que han aparecido?
- ¿Se ha utilizado un sombreado más denso para las áreas más pequeñas?
- ¿Se ha incluido una clave o leyenda adecuada?

Y para las tablas:

- ¿Se han introducido encabezamientos adecuados para las filas y columnas?
- ¿Siguen las filas y columnas una secuencia lógica?

6.4.4. Errores comunes

Las gráficas están para apoyar los argumentos esgrimidos en el texto y para clarificar visualmente los datos, los resultados y las interpretaciones que se hagan. El primer error que se comete habitualmente al utilizar figuras y tablas, es incluirlas cuando son innecesarias. La Figura 6.11 es un ejemplo extremo de un caso en el que un diagrama circular se presenta (incluso en una página entera) sin añadir ningún tipo de información al trabajo. En este caso,

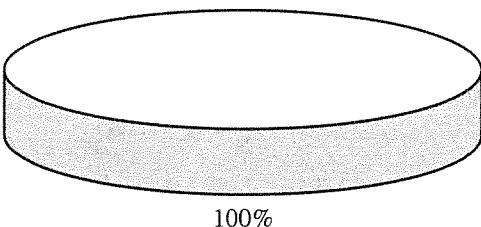


Figura 6.11. *El 100% de los encuestados respondió “sí”*

ante el hecho de que el ciento por ciento respondió “sí”, no tiene sentido ilustrarlo en un diagrama circular, que generalmente se utiliza para destacar proporciones entre distintas alternativas. Este tipo de errores puede hacer pensar al que lo lea que el autor tiene poco que decir.

El segundo error común es seleccionar las gráficas de forma inapropiada, cuando se podría utilizar otro tipo de gráfica que representara los datos de una manera mucho más clara. Un ejemplo es la Figura 6.12. En este caso se ha utilizado una gráfica de líneas cuando no se pretende ilustrar una tendencia. Incluso en el caso de que pudiéramos estar interesados en identificar la forma de la distribución subyacente de las notas, en este caso concreto sería mucho más adecuado utilizar un gráfico de barras para presentar estos datos.

Un tercer error es utilizar escalas inadecuadas. A veces, esto se hace deliberadamente para esconder el verdadero significado de los datos que se presentan; otras veces, sin embargo, se hace accidentalmente, cuando no se está seguro de lo que significan los datos. Veamos un ejemplo, un tanto exagerado de lo que debemos evitar: las Figuras 6.13 y 6.14 presentan los gastos de un departamento universitario entre 1980 y 1999; aunque ambas figuras se refieren a los mismos datos y utilizan el mismo tipo de gráfica, la primera impresión que se obtiene es muy diferente entre ellas. La Figura 6.13 suscita la sensación de un alarmante descenso en el gasto durante este período, mientras que la 6.14 indica que la tendencia habría cambiado sólo ligeramente en el mismo período de tiempo. Sin embargo, la Figura 6.13 da una buena visión de los detalles de los cambios producidos en el gasto, mientras que la 6.14 apenas si da información de lo que ha ocurrido con la distribución. En la Figura 6.14 parece, a menos que se mire con mucha atención, que el gasto no ha cambiado durante el período estudiado, si bien sabemos que esto no es cierto. La comparación entre ambas figuras ilustra la importancia de elegir bien la escala. Hay que decidir lo que se desea mostrar y no lo que

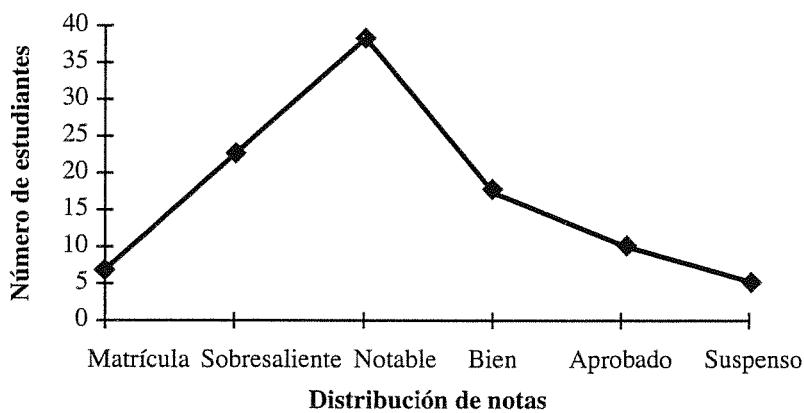


Figura 6.12. *Uso incorrecto de una gráfica de líneas*

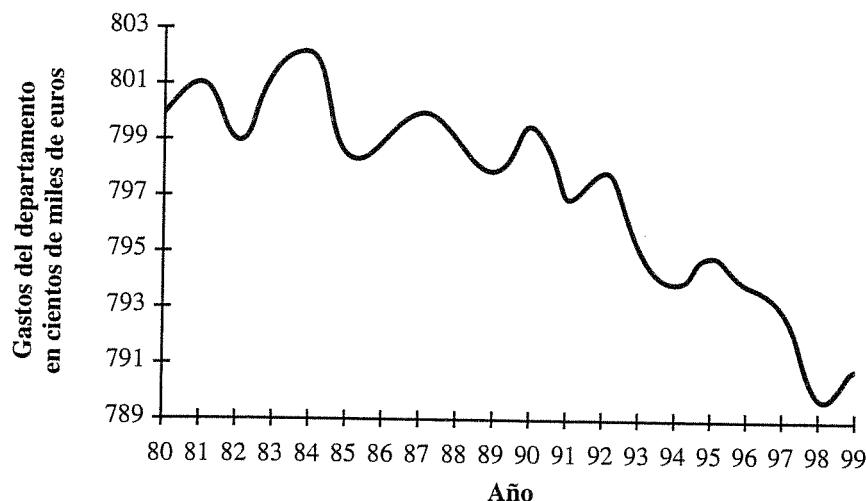


Figura 6.13. Descenso pronunciado del gasto

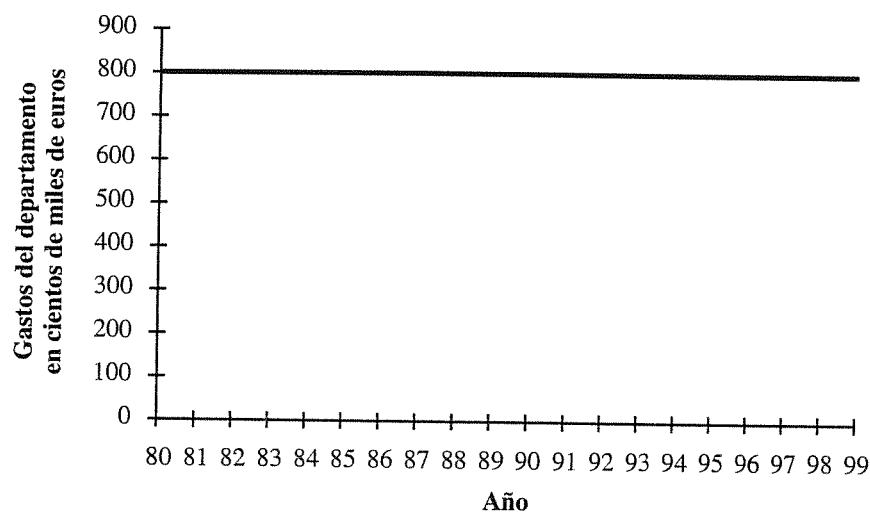


Figura 6.14. Descenso menos pronunciado del gasto

se intenta esconder, y, en consecuencia, hay que elegir las escalas de los gráficos adecuadamente, para que pongan de manifiesto lo que reflejan los datos y lo que pretendemos demostrar con ellos.

6.4.5. Gráficas especiales

Las figuras que van desde la 6.15 a la 6.18 muestran un conjunto de gráficas menos comunes. La Figura 6.15 es un gráfico de barras en tres dimensiones éstos se utilizan para mejorar la apariencia de los gráficos de barras en dos dimensiones. Aunque estas gráficas no añaden necesariamente nada nuevo a la presentación de los datos, hacen que el gráfico sea más llamativo.

La Figura 6.16 es una gráfica de tipo *polar*, que se utiliza para comparar situaciones o variables (por ejemplo, el desarrollo económico entre dos regiones) que están definidas por la combinación de diversos factores (industria, agricultura servicios, comunicaciones, etc.). En la gráfica cada eje corresponde a un factor concreto, y cada una de los perfiles corres-

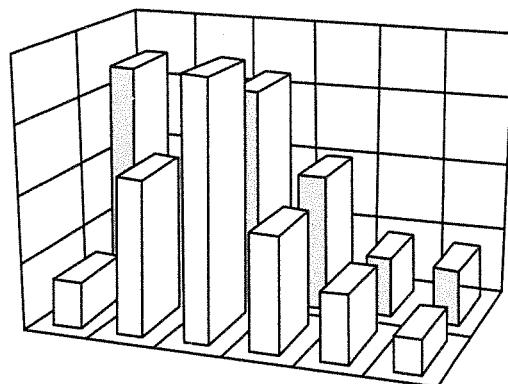


Figura 6.15. *Ejemplo de gráfico de barras en 3D*

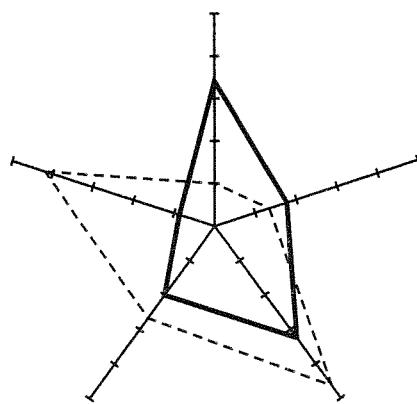


Figura 6.16. *Ejemplo de gráfico polar*

ponde a cada situación o variable global representada por estos diferentes factores. Así, tenemos representados en una sola figura las similitudes y diferencias entre cada situación o variable para cada uno de los factores presentados en cada eje.

La Figura 6.17 es una *gráfica en anillo*, (en inglés, *doughnut chart*), que es una forma alternativa de presentar los gráficos o diagramas circulares. La ventaja de esta representación consiste en que permite dibujar varios gráficos de sectores juntos, en una misma figura, facilitando las comparaciones de proporciones entre las muestras o poblaciones representadas.

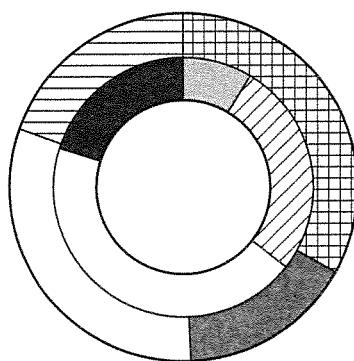


Figura 6.17. *Gráfica en anillo*

La Figura 6.18 es un gráfico propio del análisis factorial que presenta los resultados de dos factores combinados. La figura ayuda a mostrar, en dos dimensiones, cómo se agrupan las variables según una serie de factores. Como enseña el análisis estadístico, en ocasiones aparecen variables que aparentemente están íntimamente relacionadas entre sí, cuando en realidad lo que ocurre es que existen otros factores medidos en otras dimensiones, que nos permiten afirmar que en realidad no lo están. El análisis factorial es una técnica estadística que pone de manifiesto estas circunstancias, y sólo se puede realizar mediante el conocimiento y el uso de técnicas y paquetes estadísticos específicos, ya que incluso los cálculos correspondientes son demasiado complicados para hacerlos a mano. De nuevo, la necesidad de contar con una buena formación en técnicas estadísticas para la presentación e interpretación de los datos que puedan obtenerse en el desarrollo de un proyecto.

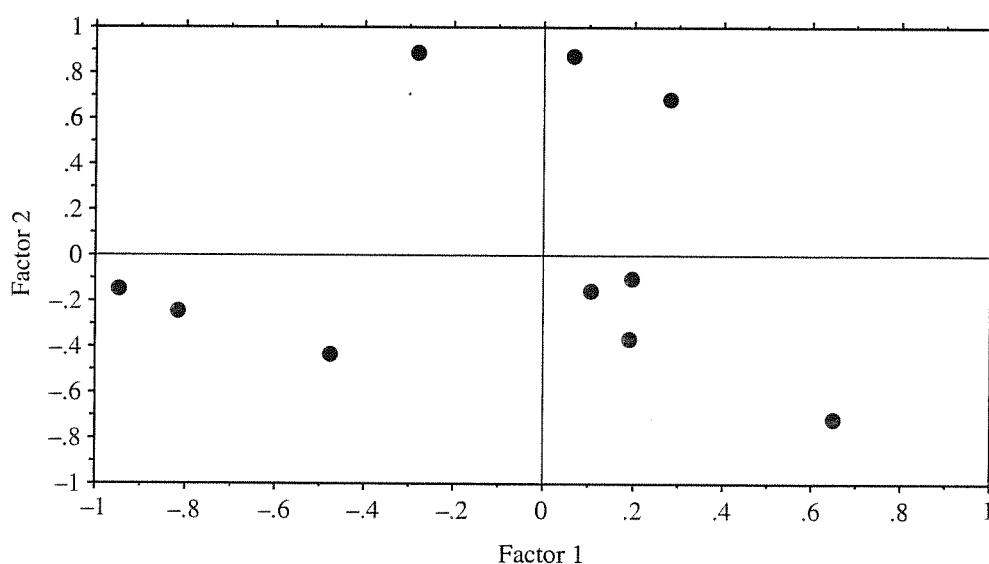


Figura 6.18. Gráfica de análisis factorial

6.5. Referencias

Nada se dice que no se haya dicho antes.

Terencio (195-159 a.C.), *El eunuco*, prólogo.

Considerando el sentido de la afirmación de Terencio, es importante que apoyemos el trabajo que se presenta mediante referencias adecuadas. Debemos asumir que mucho de lo que digamos en nuestra vida profesional ya se habrá analizado o escrito anteriormente, y esto es especialmente cierto en un proyecto fin de carrera. Por ello, todos los argumentos que se utilicen en la memoria, y especialmente en la revisión bibliográfica, tienen que estar justificados “citando investigaciones anteriores” (Saunders et al., 1997, 39). Las referencias se utilizan en la memoria del proyecto fin de carrera por las razones siguientes:

- *Evitar el plagio.* En otras palabras, evitar que se presenten ideas, pensamientos, palabras, gráficas, resultados, obras, etc., de otras personas sin citarlas adecuadamente, haciendo que parezcan propias (una circunstancia éticamente indefendible y en

ocasiones claramente ilegal). El plagio se puede realizar accidental o deliberadamente, aunque en ambos casos constituye una seria ofensa académica. Ésta es una de las razones por las cuales hay que realizar una búsqueda bibliográfica intensiva: asegurarnos de que no estamos repitiendo el trabajo de otros.

- *Identificar el contexto.* Para situar nuestro proyecto dentro del campo de las publicaciones reconocidas. Esto fortalecerá la calidad de la memoria, ya que mostrará cómo hemos basado y construido algo que amplia el trabajo de otros, al tiempo que justifica que nuestro proyecto está bien asentado en un campo reconocido de estudio.
- *Apoyar y validar.* Dar consistencia a los argumentos propios y validar las afirmaciones que se defienden. Si se hacen ciertas aseveraciones, habrá que apoyarlas, ya sea con resultados de investigación propios o mediante referencias a otros autores que estudiaron antes que nosotros el tema del proyecto que ahora presentamos.
- *Identificar las fuentes.* Hay que dar al lector una lista comprensible de los trabajos y resultados existentes relacionados con el tema, al objeto de que éste pueda usarla para profundizar en él, si lo deseara. Si identificamos claramente las fuentes, quien lea la memoria será capaz de localizar los trabajos que hemos usado, al tiempo que daremos al tribunal una sensación clara de que sabemos movernos en el terreno objeto del proyecto.

Hay dos aspectos diferentes a la hora de introducir las referencias bibliográficas. El primero es cómo utilizar las referencias de forma adecuada dentro de la memoria, lo cual se denomina *citar*. El segundo tiene que ver con la forma de presentar las referencias adecuadamente al final de la memoria. A continuación, estudiaremos ambos aspectos.

6.5.1. Citar referencias

Hablando en términos generales, existen dos formas de citar referencias: el *sistema de Harvard* (basado en el nombre del autor), y el *numérico* (en el orden en el que aparecen en el texto; también llamado *sistema de Vancouver*). El sistema de Harvard es mejor para nuestra memoria de proyecto, ya que el numérico exige que cada referencia se identifique mediante un único número, que hay que actualizar cada vez que se decide incorporar o quitar una referencia del texto. A menudo, el sistema numérico tampoco da ningún tipo de indicación respecto al autor referenciado, y el lector tiene que buscar al final de la memoria, en la lista de referencias, para tener alguna información sobre qué o a quién se está citando.

Hoy en día, algunos procesadores de texto tienen sistemas de gestión de referencias que permiten mantenerlas y actualizarlas de forma rápida y simple. En el Capítulo 4 se reseñaron una serie de herramientas de software que pueden ayudar a gestionar las referencias. Sin embargo, con o sin herramientas de este tipo, se recomienda utilizar el sistema de Harvard, que es más flexible y claro que el numérico, y que es el que hemos utilizado en el presente texto, como el lector habrá observado.

El sistema de Harvard utiliza el nombre del autor y el año de publicación para identificar cada referencia de forma unívoca. Por ejemplo, consideremos los siguientes fragmentos extraídos de un proyecto fin de carrera:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia (Smith y Jones, 1993, 20).

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia. Esto lo sugirieron por primera vez Smith y Jones (1993, 20), que justificaban su afirmación de la siguiente manera...

El artículo de Smith y Jones se identifica mediante el año de publicación. Si nos referimos a más de una de las publicaciones de estos autores en un mismo año, debemos añadir letras a la fecha (a, b, c, etc.) para identificar únicamente cada artículo; así, (Smith y Jones, 1993a), (Smith y Jones, 1993b), etc. El número de página (20) donde aparece la afirmación citada también lo hemos incluido, aunque ésta no tiene porque ser una norma general; de hecho, no se suele hacer cuando se citan libros, aunque sí más frecuentemente cuando se citan artículos de revistas.

Una forma alternativa de presentar este argumento apoyado por la misma referencia es:

Smith y Jones (1993, 20) afirman que “la informática tiene mucho más en común con las bellas artes que con la ciencia o la ingeniería”.

En los ejemplos anteriores, las ideas de Smith y Jones se habían expresado con nuestras propias palabras, y por tanto las comillas eran innecesarias. Sin embargo, en este último caso, ha sido necesario usar las comillas para mostrar que éas eran sus propias palabras y no las nuestras. Si se ponen entre comillas grandes bloques de texto, podemos omitir las comillas siempre que los sangremos respecto al texto principal.

Por ejemplo, podríamos presentar el texto en cursiva en un tipo de letra diferente al utilizado para el texto principal, o en un bloque aparte justificado entre márgenes más amplios. Según Cornford y Smithson (1996, 142), solamente es necesario citar literalmente en los siguientes casos:

- Cuando el autor original ha presentado su idea “de manera más sucinta, elegante o clara” de lo que nosotros podríamos hacerlo.
- Cuando es necesario probar que ha sido un autor concreto quien escribió esas palabras o cuando se está citando un texto para analizarlo.
- Cuando no hay ninguna otra forma de expresar lo que el autor escribió o dijo en su momento.

También hay que tener en cuenta que incluir demasiadas citas textuales de otros autores puede quitar autoridad a nuestro propio trabajo. En otras palabras, se corre el riesgo de incluir tanto material de otros, que le sea difícil al lector identificar nuestra propia contribución al tema.

Algunos artículos están escritos por una sola persona. El sistema de Harvard trata este caso de la siguiente manera:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia (Johnson, 1992).

Sin embargo, cuando hay más de dos autores, escribimos el nombre del primero y añadimos la expresión latina «*et al.*» (*et alii*, nominativo plural de *alius*, *alia*, *aliud*, que significa “y otros”); por ejemplo:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia (Peterson et al., 1995).

Cuando se desea realizar más de una referencia, para apoyar los argumentos que exponemos, se incluyen alfabéticamente en el texto:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia (Jonhson, 1992; Peterson et al., 1995; Smith y Jones, 1993, 20).

A veces, se desea citar un artículo que, aunque no se ha leído, es citado por otro autor (lo que se llama una referencia *secundaria*). En este caso, sólo hay que anotar la referencia del artículo leído (la referencia *primaria*) y citar la otra referencia de la siguiente manera:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia (Jonhson, 1992, citado por Markos et al., 1996).

En el caso de utilizar referencias numéricas, cada una se identifica mediante un único número:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia [1,2].

O:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia [1,2].

O:

Smith y Jones [2] afirman que “la informática tiene mucho más en común con las bellas artes que con la ciencia o la ingeniería”.

En el caso de que se utilice el método numérico, cada vez que se hace una nueva referencia en la memoria le asignamos un número, de forma que las referencias se citan al final del informe en orden numérico (no en orden alfabético). Nótese que si decidimos suprimir la referencia a Smith y Jones, habría que reenumerar el resto de las referencias para sustituir la referencia suprimida. De la misma manera, habría que cambiar todas las referencias si se intercalara una nueva, lo cual puede llevar mucho tiempo si no disponemos de un sistema automático de gestión de referencias. Por estas razones, si se puede elegir, se recomienda utilizar el sistema de Harvard.

Cuando se cita, se suelen utilizar una serie de abreviaturas de origen latino que hay que conocer:

- *Op.cit.*: en un trabajo ya citado.
- *Ibid.*: en el mismo lugar.
- *Loc. cit.*: en el lugar citado.

Op.cit. se utiliza para referirnos a un artículo que hemos citado anteriormente en el informe, cuando aparecen nuevas referencias a él. Puede suceder que haya que dar la fecha si aparecen otros autores con el mismo apellido. Por ejemplo:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia (Jonson, 1992, 22).

Smith y Jones (1993) destacan este punto cuando afirman que “la informática tiene mucho más en común con las bellas artes que con la ciencia o la ingeniería”. Sin embargo, Johnson (op. cit., 234) continúa diciendo...

Ibid. se utiliza cuando no intervienen referencias. Se deben incluir los números de página si es necesario.

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia (Johnson, 1992). [Aquí hay un texto, pero no referencias]... Johnson (*ibid*) afirma que la informática puede definirse de una forma “romántica”...

Loc. cit. se utiliza para referirse a la misma página de un artículo que se ha citado anteriormente. Al igual que antes, hay que dar la fecha si es necesario. Por ejemplo:

A menudo se dice que la informática es un arte y no una ciencia (Johnson, 1992, 22). Smith y Jones (1993, 20) destacan este punto cuando afirman que “la informática tiene más que ver con las bellas artes que con la ciencia o la ingeniería”. Sin embargo, Johnson (*loc. cit.*) continúa diciendo...

Estas abreviaturas se utilizan a menudo en artículos cortos, y son útiles especialmente cuando se está utilizando un sistema numérico de referencia; sin embargo, hay que usarlas con cuidado en documentos más largos, como es la memoria del proyecto. Debemos limitar estas abreviaturas a referencias que aparezcan en la misma página, o como mucho en la página anterior. Como lector, es fácil comprobar que relacionar *ibid.*, *op. cit* y *loc. cit.* con una referencia situada dos o tres páginas antes dificulta inevitablemente la lectura del texto.

Sobre todo, hay que asegurarse de que la forma en la que citamos el material en la memoria sea clara, y de que no se identifiquen dos artículos de la misma manera. Además, hay que utilizar un estilo consistente, es decir, no debemos saltar del sistema de Harvard al numérico o viceversa, o bien mezclar los dos métodos a lo largo del mismo documento.

6.5.2. *Enumerar referencias*

En general, el mejor lugar para enumerar todas las referencias utilizadas es al final de la memoria. Hay que aclarar que esta relación de referencias es diferente y tiene un trato distinto al de las notas a pie de página o al de alguna aclaración que se pueda incluir al final de un capítulo. El objetivo es dar al lector un compendio de todo el material relevante al que puede acceder con facilidad. Antes de enumerar las referencias, hay que escribir un título como “Referencias” o “Bibliografía”. Si se habla de referencias se enumeran solamente los artículos o fuentes citadas en la memoria, mientras que si usamos el término bibliografía hay que anotar todos los artículos o fuentes usadas para escribir el proyecto, aunque no estén necesariamente citados en el informe. La bibliografía es útil, ya que permite al lector identificar un material que le puede ayudar a continuar el trabajo presentado o a comprenderlo con mayor profundidad. En un proyecto fin carrera, como en los libros, suele ser más apropiado incluir una bibliografía, pero no así en proyectos más cercanos a una memoria de

tesis doctoral o a un artículo científico, donde sólo se deben incluir referencias. El director aconsejara al estudiante qué estrategia le parece mas oportuna para cada proyecto en concreto.

La forma de presentar las referencias dependerá del sistema adoptado: el de *Harvard* o el *numérico*. Sólo explicaremos el sistema de Harvard, ya que el numérico es básicamente el mismo con la única diferencia de que presenta las referencias en su orden de aparición en el texto y con un identificador al principio. Por ejemplo:

15. Wilson, G. (1992), *The implications of art*, Gower, Londres.
16. Herbert, K. (1991), *The art of science*, Chapman & Hall, Manchester.

En el sistema de Harvard, cada facultad, escuela o revista científico-técnica suele establecer las reglas para usar las cursivas, las comas, los superíndices, las abreviaturas (como "Vol." en lugar de volumen), y los paréntesis. Una vez elegido el formato, hay que presentar siempre las referencias del modelo de Harvard en orden alfabético y con los artículos del mismo autor ordenados cronológicamente. A continuación, damos ejemplos de cada caso.

Libros

Anderson, J., Jones, J. P. y Peterson, K. K. L. (1982), *The implications of Science*, 2.^a Edición, Pitman, Londres.

Benjamin, T. (1956), *Computer Science Made Easy*, Arnold, Leeds.

No es necesario incluir términos como "Ltd", "Inc.", "S.A.", "S.L.", etc., siempre que el nombre de la entidad que publica el libro o artículo se reconozca fácilmente con la información presentada. La fecha que se da es la de la primera impresión de la primera edición, lo cual da una idea de la antigüedad del libro, lo que no sucedería si se citara una fecha de reimpresión, que puede ser varios años posterior. En el caso de que la edición utilizada sea posterior a la primera, hay que indicarlo expresamente.

Artículos de revistas

Brown, A. y Wesley, C.W. (1995a), "An investigation of the Hawthorne effect, *Management Sciences Journal*, 42(1), 47-66.

Brown, A. y Wesley, C.W. (1995b), "Adaptation of genetic algorithms in Hawthorne analysis", *Management Monthly*, 28(2), 21-23.

El uso de las letras (1995a, 1995b) sirve para identificar únicamente estos dos artículos escritos por los mismos autores durante el mismo año.

Internet y direcciones web

Gaynor, L. (1993), *Introduction to artificial intelligence*, disponible en Internet (<http://www.cai.com/ai/1086>) (25 julio 1999).

Grupo internacional de sistemas complejos (1999), *Systems analysis*, Minutes of Second Meeting, 12 de junio 1999, (<http://www.IGCS.com/Min/two.html>) (25 julio 1999).

Las referencias a Internet deben incluir la dirección completa, incluyendo *http*. Hay que asegurarse de que se da el título de la página y el nombre del sitio web. Estas referencias

también pueden incluir la fecha en la que se accedió a la página web, ya que, como Internet cambia tan rápidamente, hay que actualizar estas referencias muy a menudo. Lo anterior sirve también cuando la información citada es accesible por Internet, aunque no esté en una página web.

Publicaciones comerciales o institucionales

- IAEA (1983), *Guidebook on Computer Techniques in Nuclear Plants*, Technical Report Series, n.º 27, International Atomic Energy Agency, Rusia.
 National Environment Research Council (1992), *Computers In Hydrology Report*, Vol. II, NERC, Londres.

Tesis

- Hapson, J. (1994), *The effectiveness of AI in calcite modelling*, tesis PhD, sin publicar, Department of Computing, University of Strathclyde.

Presentaciones y Actas de Conferencias y Congresos

- Jowitt, J. D. (1995), "Information systems in a progressive society", en *Applications of Information Systems XI*, Eds. Cartwright, R. A. y Laurence, G., Rowntree Publications, Leeds.
 ISAIS (1995), *International Symposium on Applications of Information Systems XI*, comunicaciones de una conferencia internacional organizada por la Sociedad IS, Londres, 12-16 de junio 1994, Rowntree Publications, Leeds.

La primera referencia (Jowitt, 1995) es de un texto presentado y publicado en las actas de una reunión científica, que fueron recopiladas por las dos personas que aparecen en la referencia, mientras que la segunda se refiere a la comunicación que se realizó con motivo de la celebración de la citada reunión científica; por ello, hay que suponer que el material que se cita, en principio, sólo se distribuyó entre los participantes a la conferencia citada.

Programas de televisión

- The Information Programme* (1993), Channel Four Televisión Corporation, emitido a las 20.30 el martes 18 de noviembre de 1993.
 Kay, S. (1992), *The World's a Stage*, BBC1.

La primera referencia expresa el título del programa, ya que no tiene "autor" o presentador concreto. La segunda es más vaga, y quizás pueda ser una referencia secundaria.

CD-ROM

- Katlen, P. y Rose, P. (1992) *Information Systems in the 1990s*, CAROM CD-ROM, Solar Information Systems, Londres.

Las referencias citadas en todos los apartados anteriores no son exhaustivas, y a menudo nos encontraremos con artículos, datos o cualquier otro tipo de material que proviene de una fuente desconocida y que no están incluidos en estos ejemplos. En estos casos, a menos que la universidad tenga unas normas concretas a seguir, tendremos que citar las fuentes atípicas de la manera que nos parezca más conveniente. Si el director no puede ayudar, hay que

recordar dos cosas: la primera es que la referencia debe ser lo bastante clara como para que cualquiera que lea el informe sepa a qué material bibliográfico nos referimos; y la segunda es que debemos asegurarnos de que proporcionamos suficiente información al lector para que pueda encontrar fácilmente, si lo desea, el material que citamos. En cualquier caso, siempre debemos estar preparados para que este lector interesado nos pueda pedir la referencia que hemos citado en nuestra memoria.

6.6. Documentar el software

6.6.1. Introducción

La documentación que requiere un programa de software puede llegar a ser muy abundante y referirse a muchos aspectos, que abarcan desde los comentarios incluidos en el código del programa, hasta el análisis del sistema, pasando por las notas de diseño, las figuras, la documentación del sistema, los planes de pruebas y el manual para el usuario. A continuación, damos una lista del tipo de documentación que suele ser necesaria para documentar cualquier tipo de programa de software que se incluya en el proyecto. Buena parte de estas recomendaciones son también válidas para acompañar otros tipos de material técnico, tales como esquemáticos, redes, y en general toda la información relativa a proyectos más relacionados con la arquitectura de computadores o la telemática, que no son sólo software. Éstos son los temas relacionados con la documentación que se espera que se incluya en un proyecto fin de carrera, y por tanto son más habituales:

- Una introducción o una visión global: simple introducción al programa, que indica lo que hace y a quién está dirigido.
- Solución técnica adoptada: se refiere a la solución que se ha puesto en práctica, esto es, si es la solución óptima o si existen otras alternativas.
- Diseño: análisis del sistema, diseño del sistema, factores humanos, *story boards*, etc.
- Información de ingeniería del software: diseño del programa, estructura, definición de los lenguajes, planes de prueba, etc.
- Desarrollo: desarrollo evolutivo, desarrollo del tipo “construir y fijar”, etc.
- Problemas encontrados: errores, secciones incompletas de código, etc.
- Limitaciones: describir las limitaciones que tiene el programa; por ejemplo, si sólo puede manejar ficheros de un cierto tamaño o si da los resultados con una precisión del 10 por ciento, etc.
- Requisitos del hardware y software para ejecutar el programa.
- Desarrollo posterior: si alguien continuara el proyecto desde donde lo dejamos, ¿qué partes del programa habría que desarrollar a continuación?; ¿qué partes del programa podrían ser ampliadas?; ¿hemos dado una documentación y unos comentarios como para que cualquiera pudiera retomar nuestro trabajo en el futuro?
- Evaluación del software: ¿qué hace?; ¿lo hace bien?; ¿satisface las necesidades del usuario?
- Manual del usuario: debe estar escrito con el nivel adecuado para el tipo de usuario a quien va dirigido.

Dependiendo de la naturaleza del proyecto, habrá que especificar con mayor detalle estas áreas. Está fuera de la óptica del presente libro explicar cómo se realiza un diseño, un análisis o una planificación de pruebas, ya que esto depende básicamente del proceso de desarrollo, de los métodos utilizados y del tipo de proyecto. Por ejemplo, un proyecto puramente de programación necesitaría una serie exhaustiva de diagramas, de análisis, de planificación de pruebas y de documentación del sistema, mientras que si solamente hay que desarrollar un programa como medio para presentar algunas ideas, todo este detalle no será necesario. Nosotros vamos a centrarnos en dos aspectos: cómo comentar los programas y cómo escribir los manuales de usuario que, en buena lógica, deben incluirse en todo programa que escribamos.

6.6.2. Comentar el código

La forma de comentar el código depende de varios elementos: el lenguaje de programación que se utilice (lenguaje de tercera o cuarta generación, lenguaje orientado a objetos, un lenguaje formal, etc.), el estilo del código que se ha desarrollado, y las propias exigencias del proyecto. Dicho esto, existen una serie de pautas generales que podemos utilizar para comentar el código:

- Comprender el propósito del programa que se está escribiendo: ¿quién va a utilizarlo y a mantenerlo?; ¿cuál es su nivel de conocimiento? Obviamente, si sólo estamos escribiendo un pequeño programa para utilizarlo nosotros, no necesitaremos tantos comentarios como si el programa se prepara para que lo utilicen también otros.
- Debemos asegurarnos que introducimos un número adecuado de comentarios. No hay que pasarse ni quedarse corto, y hay que evitar comentar todas las líneas del código. Los comentarios sirven para decir a un programador experimentado cosas que no se desprenden de forma clara del código, pero nunca para explicar el lenguaje de programación que se haya utilizado. Siempre que se haya escogido un nombre adecuado para las variables y para las estructuras lógicas del programa, el número de comentarios será bastante limitado.
- Es recomendable comentar cada función, procedimiento, objeto, bloque, etc., dependiendo del lenguaje utilizado. Esto sirve para explicar lo que realiza cada componente del programa, y ello puede constituir el tipo de profundidad adecuado para que alguien con la formación pertinente entienda cómo está estructurado el programa y cómo funciona.
- Hay que escribir los comentarios aparte, de forma que no aparezcan enterrados en medio de una masa de código. Por ejemplo, hay que tabular los comentarios que se realizan en una misma línea de código hacia la derecha, y dejar un espacio en blanco encima y debajo de todo comentario, que ocupe una línea completa.
- Evitar las explicaciones demasiado extensas. Los comentarios deben ser breves y claros: no estamos escribiendo un ensayo.
- No hay que perder el tiempo haciendo bordes bonitos, estilos elaborados para los encabezamientos, etc. Los comentarios están para explicar y entender el programa, y no para embellecerlo.
- Hay que asegurarse de que se incluye la información clave al principio del programa: el autor, la fecha, el número de versión, y una breve descripción del objetivo del

programa y de la metodología utilizada. Todos estos comentarios se incluyen a menudo en un *bloque*, formado por un conjunto de líneas completas de comentarios que sirven para dar una explicación un poco más detallada.

- Hay que asegurarse de que se mantienen y se actualizan los comentarios a medida que se modifica y desarrolla el programa. No sirve para nada mantener comentarios obsoletos referidos a versiones anteriores.

Suele ser una buena idea pedir consejo al director del proyecto sobre el estilo y el nivel de los comentarios a utilizar. Es muy probable que el departamento tenga establecidas unas pautas explícitas sobre cómo comentar un programa, e incluso puede que en ellas se especifique el estilo a seguir.

6.6.3. Redacción de manuales de usuario

Se ha investigado mucho en los últimos años sobre los manuales de usuario: estructura, presentación, contenido, utilidad, claridad, etc. Es proverbial el poco uso que el profesional informático hace de los manuales, empeñado a veces en descubrir las cosas por sí mismo. Todo ello está fuera del alcance de este libro. Nos centraremos en los manuales de usuario desde un punto de vista más concreto, ligado al proyecto fin de carrera, y supondremos que el manual no lo va a utilizar el público en general, sino personal de nuestro propio departamento que va a evaluar el proyecto.

En este contexto, cualquier manual hay que presentarlo en un documento aparte, o bien incluirlo en los apéndices. La forma elegida depende del estudiante, pero cuanto más amplio sea el manual, más conveniente es presentarlo por separado. Se aconseja, de nuevo, pedir ayuda al director sobre la documentación que presentemos. Sea cual sea el caso, siempre hay que dar como mínimo estas informaciones:

- Una visión general del software: su objetivo y lo que consigue verdaderamente.
- Una idea de los requisitos de hardware necesarios para su correcta ejecución: memoria de CPU, espacio de disco, tarjeta de sonido, plataforma, sistema operativo, etc.
- Cómo cargar e instalar el programa.
- Cómo inicializarlo.
- Cómo borrarlo y desinstalarlo.
- Posibles problemas y restricciones del programa.

De forma más general, según Rogerson (1989, 87), todo manual de usuario debe satisfacer tres requisitos:

- Dar información práctica sobre el programa cuando no se tiene ayuda a mano.
- Ayudar a los usuarios inexpertos a empezar rápidamente y con la menor dificultad posible.
- Ayudar a los usuarios con experiencia a conseguir ser productivos lo más rápidamente posible.

Cuando se escribe un manual de usuario como parte de un proyecto, hay que empezar comunicando el objetivo del programa. ¿Necesitaremos una guía exhaustiva para que los principiantes sean capaces de entender el programa, o bastará con una simple visión general para nuestro director?

Los manuales de usuario suelen aparecer de dos formas diferentes: primero, como manuales de formación, donde se enseña al usuario cómo utilizar el software mediante un gran número de ejemplos construidos y enlazados unos con otros; y segundo, como manuales de referencia, que permiten a los usuarios experimentados recurrir a él para puntos concretos del programa en busca de una clarificación de algún aspecto específico. La forma de estructurar los documentos dependerá mucho del tipo de usuario. Si el usuario es un experto, bastará con un manual de referencia; sin embargo, si el usuario es un principiante, será más apropiado utilizar ejemplos de dificultad progresiva. Además, dependiendo del tipo de usuario, será o no necesario dar explicaciones detalladas sobre principios básicos, tales como “Guardar como” o “Configurar página”. También es una buena idea incluir copias de alguna pantalla para que se pueda ver en el propio manual a qué nos referimos en concreto. Asimismo, se debe incluir en el manual una descripción de posibles errores (lista no necesariamente exhaustiva) susceptibles de aparecer, al objeto de evitar que otros los cometan o que, en su caso, sepan cómo superarlos.

6.7. Temas adicionales

Si bien hasta ahora hemos cubierto prácticamente todos los temas que se refieren a la consecución de proyectos informáticos, existen una serie de temas que solamente hemos mencionado de pasada y que pueden ser relevantes para la calidad del proyecto, dependiendo de su contenido concreto. En esta sección se resumen brevemente estos temas y se aconseja acudir a determinadas referencias si realmente interesa.

- Estadísticas. Como ya hemos dicho, es posible que parte del proyecto deba contener algún tipo de análisis estadístico. Por ejemplo, si estamos realizando pruebas para medir la velocidad del software que estamos realizando, ¿podemos afirmar que el algoritmo que hemos desarrollado es significativamente mejor que uno ya existente?; ¿son “significativas” las respuestas obtenidas tras una investigación? El número de pruebas estadísticas disponibles es enorme, y está más allá del propósito de este libro. Hay muchos textos que tratan la estadística relacionada con el análisis de pruebas. Algunos que pueden ser útiles son: Kanji (1993), que resume distintos tipos de pruebas estadísticas y define su aplicación, y Gibson (1994), que introduce de forma razonable los temas de estadística elemental.
- Diseño y análisis de cuestionarios. Como parte del proyecto puede ser necesario diseñar un cuestionario, decidir cómo utilizarlo y a quién enviarlo, y finalmente cómo analizar las respuestas obtenidas. El diseño de cuestionarios no es simple. Sin embargo, se pueden recomendar algunos textos, como Hague (1993) y Oppenheim (1992), que cubren bastante bien el tema. Es posible que utilicemos los cuestionarios como parte de una investigación más amplia, por lo que hay que ubicarlos correctamente; se puede encontrar información sobre cómo llevar a cabo una investigación de este tipo en textos de carácter más general. Recomendamos dos libros exclusivamente dedicados a este tema: Fowler (1995), y Czaja y Bair (1996).
- Análisis cualitativo. Entendemos por datos cualitativos aquéllos que no están expresados en términos absolutamente aritméticos. Representan opiniones, observaciones e ideas, y son datos recogidos generalmente a través de cuestionarios y entrevistas. Los textos que revisan y analizan este tipo de datos están muy próximos a la sociología. Dos textos que cubren el tema en detalle son: Mason (1996), y Silverman (1997).

6.8. Resumen

- Cuando se empieza a escribir un resumen hay que tener una cierta consideración con el lector y tratar de limitar su extensión. Debemos usar una perspectiva descendente para estructurar la memoria y permitir que las secciones incluidas en ella evolucionen con el tiempo. Existe un orden concreto para escribir la memoria y una manera específica de estructurarla. Hay que conocer las diferentes maneras de abordarlo y mejorar el estilo en la redacción.
- El resumen debe ser lo último que escribamos. Debe ser interesante, claro y conciso, y dar una breve perspectiva del contexto en el cual se engloba el proyecto. Hay que evitar que el resumen se convierta en una mera lista de contenidos.
- Las tablas y las gráficas pueden ayudar mucho a mejorar la presentación y el contenido de cualquier informe, aunque deben usarse de forma apropiada (sólo cuando sean necesarias y empleando el tipo adecuado de gráfica). En todas hay que poner una etiqueta y un título que las identifique únicamente. También hay que asegurarse de que las escalas son las correctas para dejar claro lo que se desea destacar.
- El sistema de Harvard es el más apropiado para citar el material en la memoria. Debemos ser capaces de identificar cada artículo, y todas las referencias deben ser bastante completas para que el lector pueda encontrarlas fácilmente.
- La documentación necesaria para cualquier programa abarca multitud de temas, desde los comentarios del código a los manuales de usuario. Para el proyecto fin de carrera basta con que los manuales de usuario se presenten bien como manuales de formación (con muchos ejemplos resueltos), bien como manuales de referencias dirigidos a usuarios expertos.

6.9. Lecturas adicionales

- Collier, J. H. (ed.) (1997), *Scientific and Technical Communication*, Sage, Londres.
 Creme, P. y Lea, M. R. (1997), *Writing at University: A Guide for Students*, Open University Press, Buckingham.
 Reynolds, L. y Simmonds, D. (1984), *Presentation of Data in Science*, Kluwer, Lancaster.
 Shortland, M. y Gregory, J. (1991), *Communicating Science: A Handbook*, Longman, Harlow.

6.10. Ejercicios

1. Haz una estructura de división de trabajo para nuestro proyecto.
2. Escribe un breve resumen de unas 200 palabras sobre un artículo que hayamos leído recientemente. Compara tu resumen con el incluido en el propio artículo. ¿Piensas que el tuyo es mejor o peor?
3. Recoge algunos informes de la biblioteca de tu universidad (por ejemplo, el número de estudiantes que acceden a ella cada año, su edad, notas, etc.). ¿Cómo están presentados dichos datos? Preséntalos de otra manera. ¿Piensas que tu presentación es mejor o peor? ¿Por qué?

CAPÍTULO 7

Presentación del trabajo

Propósito

Describir las habilidades necesarias para hacer una buena presentación oral del proyecto.

Objetivos de aprendizaje

Una vez completado el capítulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Entender la forma de estructurar y planificar una presentación oral.
- Hacer una demostración profesional de cómo funciona el sistema o software desarrollado durante el proyecto.
- Entender la finalidad de un examen oral y ser capaz de prepararse para él.

7.1. Introducción

Como ya dijimos en el capítulo anterior, uno de los aspectos más importantes de cualquier proyecto es presentar correctamente nuestro trabajo a otras personas. En el caso del proyecto fin de carrera, esta presentación suele hacerse ante una comisión o tribunal encargado de calificarlo, y que cuenta además con la memoria como el elemento más importante para juzgar el trabajo realizado. Es evidente la importancia de la memoria, aunque conviene insistir en que los miembros del tribunal esperan a la presentación oral para hacerse una idea definitiva acerca del trabajo llevado a cabo por el estudiante. Por ello, a veces no vale de nada realizar una excelente investigación, si no se saben difundir y comunicar los resultados adecuadamente. Aunque esta difusión suele realizarse mediante documentos escritos, a menudo, y en particular en el proyecto fin de carrera, será necesario realizar una presentación oral del trabajo. Este capítulo cubre las habilidades necesarias para realizar una buena presentación oral, lo que incluye: prepararla, estructurarla y exponerla.

Como estudiante de informática, quizás el proyecto consista en desarrollar un programa de software, o incluso un paquete completo. También se explica con detalle, en la Sección 7.3, la forma de presentar y de mostrar en público el funcionamiento de los programas realizados.

Además, como parte de cualquier último curso de carrera, es probable que el estudiante tenga que hacer algún examen oral complementario; por ello, en la Sección 7.4 se explica cómo prepararse y cómo comportarse en este tipo de exámenes.

7.2. Presentaciones orales

7.2.1. Introducción

Las presentaciones orales constituyen hoy en día una parte cada vez más importante de la formación de un profesional informático, y durante la carrera, en especial en el proyecto, se utilizan estas presentaciones para evaluar la comprensión que realmente ha alcanzado el estudiante de su trabajo, y el dominio que tiene de los conocimientos previos que se le suponen. Ello explica que haya que desarrollar unas ciertas habilidades para presentar oralmente de forma adecuada el trabajo realizado. Normalmente, los proyectos fin de carrera se presentan en una sesión pública a los miembros de un tribunal calificador, cuya composición conoce el estudiante con anterioridad, lo que puede situarle acerca del tipo de audiencia y de las reacciones que puede esperar.

Téngase en cuenta que para muchos oyentes, incluido a veces algún miembro del tribunal que haya sido incorporado en el último momento, puede que la única relación que vayan a tener con el proyecto sea a través de la presentación oral del autor. Por ello, hay que estar preparado acerca de la audiencia que vayamos a tener. Puede que tengamos oyentes que sólo estén interesados en el trabajo desde un punto de vista profesional o personal, aunque el estudiante debe estar especialmente interesado en llegar correcta y directamente a quienes vayan a evaluar el proyecto. Sea como fuere, hay que ser capaz de interesar e inspirar, a través de nuestro propio entusiasmo y convencimiento, tanto a la gente que nos escuche como a la comisión que nos va a calificar.

Podemos comparar una presentación oral con un iceberg, ya que gran parte de lo que se expone queda oculto a la vista bajo la superficie del océano. Como si de un iceberg se tratara, la audiencia apenas si verá el 10 por ciento del trabajo del proyecto durante la presentación. No verá el otro 90 por ciento del esfuerzo que el estudiante empleó en preparar las distintas fases que han desembocado en la memoria final. De la misma manera, de todo el material que se obtenga y de todos los resultados logrados durante el transcurso del proyecto, solamente seremos capaces de presentar los más interesantes e importantes, con apenas un 10 por ciento de detalle. La selección adecuada de este 10 por ciento es, evidentemente, un objetivo importante.

Hay una serie de puntos a tratar al referirse a las presentaciones orales en general:

- Su preparación.
- Su contenido.
- Los apoyos visuales y didácticos que se utilicen.
- La presentación en sí.
- La forma de afrontar el turno de preguntas.

Las siguientes secciones exponen estos puntos uno a uno, y finalmente se añaden una serie de consejos y recomendaciones que pueden ayudar a presentar el proyecto de la mejor forma posible.

7.2.2. Preparación

Evidentemente, la primera fase de cualquier presentación es prepararla; nadie puede pensar en una improvisación de esta fase del proyecto. El primer paso de esta preparación consiste

en clarificar los objetivos de la misma, teniendo muy presente el tipo de audiencia que tendremos y el tiempo disponible para ello (incluyendo el dedicado a las preguntas consiguientes). Si este período no se conoce, es muy importante que recabemos lo antes posible esta información, ya que obviamente será uno de los factores clave que determinarán el contenido que vaya a incluirse en la presentación.

— *Objetivos.* Hay que empezar definiendo y clarificando los objetivos de la presentación: ¿qué se espera conseguir con ella y cómo enfocarla?; ¿se discutirá con mayor detalle el proyecto en su globalidad, o nos centraremos en los resultados? Puede suceder que estemos presentando los resultados puramente técnicos del proyecto a una audiencia especializada (como es el caso habitual del proyecto fin de carrera); en este caso, habrá que referirse sobre todo a cómo se realizó el proyecto, qué actividad investigadora lo sustenta, en qué contexto se engloba, qué se aporta al conocimiento de la materia, y cuáles son los resultados obtenidos más relevantes.

Cryer (1996, 131) da algunas posibilidades adicionales acerca de lo que puede ser el enfoque principal de la presentación:

- Explicar lo que se ha conseguido y, si fuera el caso, lo que el autor va a hacer en el futuro.
- Buscar opiniones y dar la posibilidad de abrir la discusión correspondiente.
- Establecer un foro de aprendizaje y apoyo mutuo.
- Tener una valoración fiable acerca de trabajo realizado.

— *El tiempo.* A menudo, nos encontramos con que se nos exige que la presentación dure un tiempo concreto; según las circunstancias, éste puede oscilar entre 10 minutos y 1 hora (20 ó 30 minutos suele ser lo mas habitual en los proyectos fin de carrera). Evidentemente, con sólo 10 minutos de presentación habrá que ir directamente al grano, mientras que con una hora habrá tiempo suficiente para introducir el tema de forma constructiva, y así poder llegar razonadamente al punto principal. Además de saber de cuánto tiempo disponemos, hay que conocer cuánto tiempo habrá para las preguntas. ¿Se tiene la posibilidad de decidir la proporción de tiempo dedicada a la presentación y a las preguntas, o está dada de antemano? ¿Hay flexibilidad en el tiempo de que se dispone? ¿Se tiene libertad para ampliar o reducir la presentación en sólo uno o dos minutos, o en una cantidad mayor de tiempo?

— *La audiencia.* El estilo y el contenido dependerán muchísimo del número y de la clase de gente que asista, aunque en nuestro caso nos dirigiremos especialmente a la comisión calificadora, cuyos conocimientos sobre el tema es bueno que conozcamos. Debemos preguntarnos lo siguiente: ¿nos están juzgando?; ¿son de nuestro mismo “estatus”?; ¿esperamos inspirarlos con nuestro trabajo y convencerlos de que se impliquen en él?; ¿qué saben de antemano?; ¿qué queremos mostrarles?

Una vez tengamos una idea de los objetivos, del tiempo y de la audiencia que nos prestará su atención, podremos centrarnos en preparar la presentación. Si tenemos problemas para elegir las ideas que vayamos a incluir, la mejor forma de empezar es mediante una tormenta de ideas (brainstorming), consistente, como ya sabemos, en escribir en un papel todas las ideas que se nos ocurran. Después se puede ordenar todo el material usando una estructura lógica.

En ningún caso debemos limitarnos a escribir unas cuantas notas con la esperanza de que nos ayuden el día de la presentación. Hay que recordar que toda presentación debe te-

ner una introducción, un nudo y un desenlace, y que algunos puntos a los que se quiere llegar pueden necesitar explicaciones previas. Por ejemplo, si quisieramos analizar las aplicaciones de la inteligencia artificial al control del tráfico, sería conveniente dar algunas ideas previas sobre estos dos temas por separado, y luego centrarnos en el objetivo principal de la charla, es decir, la yuxtaposición de ambos temas. Bien es cierto que es razonable suponer que nuestro tribunal del proyecto fin de carrera sabe más de inteligencia artificial que de control de tráfico, por lo que no podemos introducir ambos temas con el mismo nivel de profundidad.

La siguiente fase de la preparación consistirá en desarrollar las ayudas didácticas y visuales que queramos utilizar. Rogerson (1989, 94) afirma que la gente retiene solamente el 10 por ciento de lo que escucha, pero, en cambio, el 50 por ciento de lo que ve. De esta forma, las ayudas visuales son muy importantes para dar un mensaje, al tiempo que ayudan a la audiencia a recordar lo que se ha dicho. Entendemos por recursos visuales las transparencias, la pizarra, los vídeos, los paquetes de presentación por computador, e incluso todo tipo de objetos físicos que se quiera mostrar a la audiencia o al tribunal que nos examina. En la Sección 7.2.4 se analizan con mayor detalle estas ayudas visuales.

Una vez preparada la charla, el último punto consiste en ensayarla y repetirla mentalmente una y otra vez. Podemos descubrir que hemos desarrollado demasiado material, o que intentamos abarcar más de lo que da de sí el tiempo disponible. Insistir en lo fundamental de adaptar la presentación al tiempo de que se dispone y saber sacrificar parte de lo que nos gustaría contar para que, a la hora de la verdad, no nos digan que se ha terminado el tiempo y tengamos que finalizar de mala manera. También es importante familiarizarse con la sala y con el equipo que vayamos a disponer en la presentación. Es importante preguntarse lo siguiente:

- ¿Sabemos utilizar el proyector?
- ¿Dominamos el hardware para proyectar imágenes de computador?
- ¿Sabemos cómo pasar hacia delante y hacia atrás las diapositivas?
- ¿Sabemos cómo poner las trasparencias o las diapositivas para que nos salgan bien enfocadas y no se proyecten inadecuadamente?

Se puede empezar a practicar a solas (delante de un espejo) y controlar factores como el tiempo, la estructura o la fluidez. Es conveniente también practicar delante de alguien, ya que nos puede ayudar a corregir errores tontos, latiguillos comunes, etc., o bien a identificar los aspectos que no están bien explicados. Finalmente, conviene practicar en la sala donde se va a efectuar la presentación y asegurarnos de que se puede utilizar todo el equipo que hay en ella. Como regla general para preparar el material gráfico, conviene saber que los colores intensos son los mejores, y hay que buscar que contrasten bien con el fondo.

Una advertencia: a menudo las presentaciones orales adolecen de exceso de preparación. A veces la presentación parece demasiado rígida, y no tiene ni la fluidez necesaria, ni la naturalidad adecuada. Incluso puede parecer que el orador esté leyendo mentalmente un texto memorizado y que realmente no se esté dirigiendo a la audiencia. Hay que intentar no caer en esta trampa y no aprenderse la presentación de memoria. El tribunal espera que le hablemos como personas seguras de sí mismas, y no que leamos acerca de algo que se supone dominamos y sobre lo que hemos estado trabajando mucho tiempo. Cada uno debe saber dominar sus nervios, pero debe convencerse de que es perfectamente capaz de hacer una presentación sin problemas, ya que está hablando de algo que domina. Si le da tranquilidad,

quizás convenga preparar unas notas escritas, a las cuales recurrir *in extremis* si se sufriera un bloqueo mental, por otro lado nada habitual si la presentación se ha preparado correctamente.

7.2.3. *El contenido de la presentación*

Toda presentación debe estar dividida en tres partes principales: introducción, nudo y desenlace. El propósito de la introducción es situar a los oyentes en el contexto y darles una información previa del contenido real de la presentación. En el caso del proyecto fin de carrera, hay que tener en cuenta que la memoria ha sido leída por quien nos va a juzgar, y por tanto debemos apoyarnos en lo allí escrito.

Una vez presentado el proyecto, hay que introducir debidamente el tema que abordamos. Para asegurarnos de que cubrimos todos los puntos necesarios en una introducción, nos preguntaremos: *quién, qué, cómo, por qué, y cuándo*.

- *¿Quiénes somos? ¿A qué grupo pertenecemos? ¿Por qué estamos aquí?*
- *¿De qué vamos a hablar?*
- *¿Cuánto tiempo va a durar la presentación?*
- *¿Por qué debería prestarnos atención la audiencia?*
- *¿Qué les vamos a contar, que sea importante?*
- *¿Cuándo pueden hacernos preguntas: durante la charla o al final?*

Es muy útil elaborar una primera transparencia que trate estos puntos. A continuación, hay que hablar con mayor detalle de los temas específicos que vamos a explicar, para lo cual conviene tener preparada una diapositiva con la estructura de la charla y su contenido.

Finalizada esta introducción a la presentación, podemos abordar el cuerpo principal de la charla. Lo que se vaya a incluir en ella dependerá mucho de los puntos indicados anteriormente, es decir, de los objetivos, del tipo de audiencia, y del tiempo disponible. Es muy común que en la mayoría de las charlas de una extensión razonable (unos 20 minutos o algo más), durante el cuerpo principal de la exposición se traten las tres partes que constituyen la memoria, tal como se explicó en el capítulo anterior. Con carácter general, téngase en cuenta que la gente que oiga por primera vez nuestra exposición puede retener fácilmente tres ideas principales; si se presentan muchas más, los oyentes pueden confundirlas y mezclarlas, aunque el tribunal de nuestro proyecto posiblemente retendrá un número de ideas sensiblemente mayor que el resto de la audiencia.

Debemos preparar una conclusión que resuma lo expuesto. Nunca hay que acabar de golpe. Una buena forma de finalizar consiste en resumir los temas que se han tratado y las perspectivas que se abren. *¿Cuáles son los puntos principales que queremos que el tribunal recuerde?; ¿cuáles son las conclusiones del trabajo?; ¿cómo pensamos que se podrá desarrollar el trabajo en el futuro?* Hay que intentar finalizar la presentación en un *crescendo*, ya que mucha gente suele desconectar durante el cuerpo principal de la presentación y escucha solamente la introducción y las conclusiones. Por ello, es casi imprescindible destacar las contribuciones principales que se han hecho.

Debemos asegurarnos de que los oyentes puedan acordarse de nuestra charla tras la sesión, por lo que es interesante darles algo que se puedan llevar. Por ejemplo, una copia de algunas transparencias o, lo que es más importante, algo realmente distintivo de la presenta-

ción y que seguro recordarán: un diagrama que hayamos construido y que sea una novedad, una *demo* espectacular, algunos resultados muy chocantes, etc.

7.2.4. Ayudas visuales

Como se ha mencionado anteriormente, podemos apoyarnos en transparencias, diapositivas, pizarra, o presentaciones por computador. La forma más común y más ampliamente difundida es el uso de transparencias y presentaciones por computador basadas en herramientas, tales como el Microsoft Powerpoint. Hay que recordar que, aunque estos paquetes pueden producir imágenes de gran colorido y nitidez, necesitamos un equipo de proyección adecuado que les saque todo el partido. Las pautas a seguir para preparar presentaciones por computador son básicamente las mismas que las que se utiliza para las transparencias y que veremos más abajo.

Aunque en clase se use muy a menudo, la pizarra no suele ser un método adecuado para una presentación oral. Si la utilizamos, nos encontraremos continuamente de espaldas a la audiencia, y a menudo estaremos hablándole a la pizarra más que al público; además, si nuestra letra no es particularmente clara, nuestros garabatos serán ininteligibles. No obstante, la pizarra puede ser útil si nos tomamos la molestia de dibujar previamente o escribir algo en ella antes de empezar la presentación, o si juzgamos conveniente desarrollar una idea o una lista de actividades dirigida a una cierta participación del tribunal o del público. Dicho esto, insistimos en que aunque nos sintamos cómodos con la pizarra, no es una buena idea utilizarla durante la presentación del proyecto.

Veamos aquellos aspectos que se deben tener en cuenta en la preparación de las transparencias:

- *Detalle.* No hay que escribir demasiado en las transparencias, ni demasiado poco. Rogerson (1989, 95) sugiere no más de 40 a 50 palabras en una transparencia.
- *Tipo de letra.* Hay que utilizar un tipo de letra claro y de tamaño adecuado. No debemos usar, por ejemplo, una fuente gótica, o con un tamaño tan pequeño que no se pueda leer con facilidad desde el fondo de la sala. Una forma de decidir el tipo de letra adecuado es usar una transparencia de prueba antes de empezar. Hay que tener en cuenta que en una sala pequeña puede que sirva una letra de tamaño 14, pero en un auditorio grande esto no es así.
- *Colores.* Hay que tener mucho cuidado con el uso de los colores en las transparencias. Algunos colores contrastan muy mal, y otros no se muestran muy bien cuando se proyectan. Una vez más, conviene probar en la práctica distintos colores para ver qué combinaciones son las más adecuadas. Como regla general, los colores intensos son los mejores, y hay que buscar que contrasten bien con el fondo.
- *Escritura a mano.* Hay que evitar el escribir a mano en los diagramas y transparencias. Las transparencias realizadas mediante un procesador de textos son más claras y tienen una apariencia más profesional.
- *Orientación.* Se dice a menudo que hay que presentar las trasparencias en formato horizontal, mejor que en formato vertical. Asumiendo que en la práctica la orientación depende básicamente del contenido de cada transparencia, hay que seguir un criterio uniforme en la medida de lo posible.

- *Uso de titulares.* Las trasparencias más claras son las que presentan distintos puntos en renglones separados que indican los aspectos de los que vamos a hablar. Éstos sirven de guía para la charla, y son lo bastante breves como para que la audiencia no pierda el tiempo leyendo lo proyectado en lugar de escuchar al orador.
- *Estilo.* Hay que intentar producir un estilo adecuado, es decir, colores que combinen bien con el fondo, el texto, el tipo de letra, el borde (que puede incluso incluir nuestro nombre y departamento y el título de la presentación). Es mucho más profesional utilizar un estilo homogéneo y evitar que la audiencia tenga que acostumbrarse a cambios continuos de formato.

También podemos utilizar distintos objetos que se pueden mostrar y pasar al tribunal o incluso a la audiencia. Antes de presentar este tipo de objetos, hay que tener bien claro su propósito dentro del contexto de la presentación. Si el tribunal lo necesita para seguir el cuerpo principal de nuestra charla hay que pasarlo al principio de la presentación; si no, es mejor dejarlos para el final, ya que pueden ser un motivo de distracción y romper el ritmo de la presentación.

El uso de estos objetos relacionados con los resultados del proyecto, como por ejemplo una placa de circuito impreso, es interesante para el tribunal, ya que le da una visión más cercana y creíble de lo que se está exponiendo; sin embargo, hay que insistir en que para evitar cortes hay que tener muy en cuenta el número de objetos que se entregan y cuándo hacerlo. Hay que pasarlos en los puntos menos densos de la charla, cuando no requerimos toda la atención de la audiencia, pues es obvio que los miembros de la comisión prestarán más interés al objeto que acabamos de entregarles que a lo que digamos inmediatamente después de haberlo mostrado.

7.2.5. Exposición

Aunque estemos bien preparados y dispongamos de un buen soporte visual, una exposición oral pobre puede arruinar la presentación. Rogerson (1989, 97) da una serie de factores que pueden distraer a la audiencia durante la exposición:

- Hablar de espaldas o entre dientes.
- Repetir alguna muletilla.
- No abarcar a toda la audiencia y enfocar la visión solamente en una parte de la sala.
- Gesticular excesivamente. La gente se fijará más en nuestros gestos que en lo que estamos diciendo.
- Dar información irrelevante y no relacionada con el tema principal.
- Ruidos extraños y molestos.

Además, puede que estemos tratando de abarcar demasiado y que estemos presentando demasiados datos estadísticos, demasiadas ecuaciones, etc. La Figura 7.1 da un perfil de la atención de la audiencia durante el tránscurso de una exposición, aunque éste no suele ser el caso del tribunal examinador. Como se puede ver, mucha gente sólo está concentrada al principio, cuando están atentos y expectantes, y al final, cuando conectan de nuevo para captar algo de lo que estamos diciendo. Tengamos en cuenta que, en toda exposición, la capacidad de recepción de lo que tratamos de transmitir por parte de la audiencia varía durante el des-

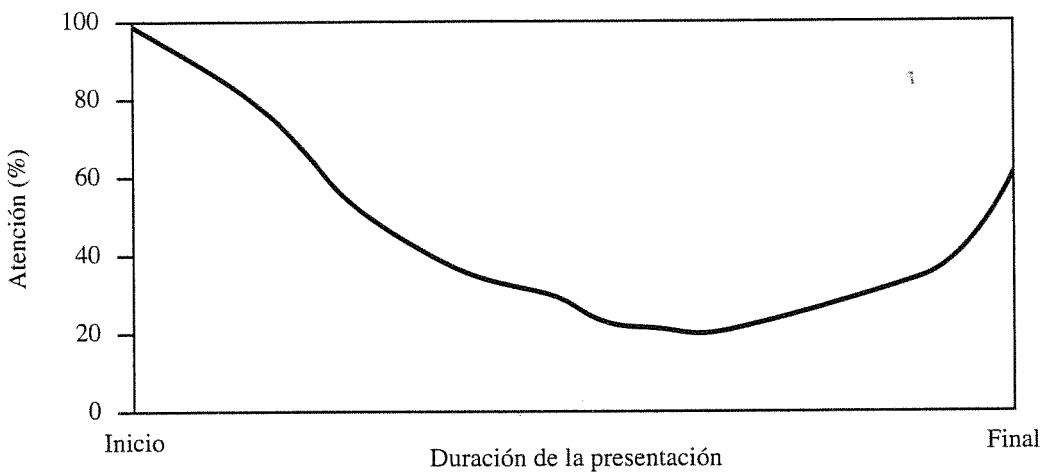


Figura 7.1. *Nivel de atención de la audiencia durante una presentación*

arrollo del cuerpo principal de la presentación, y en consecuencia hemos de hacer lo posible para contrarrestarlo. Algunas recomendaciones para ello son:

- Debemos mirar al tribunal y hablar para todos. Muy a menudo comprobaremos que dos o tres personas prestan mucha atención a lo que estamos diciendo y que asienten con la cabeza o toman notas. Nos daremos cuenta de que, a medida que transcurre el tiempo, tendemos a dirigir nuestra atención hacia ellos. Entonces puede parecer que estemos hablando sólo con una sola persona y no a un grupo mucho más grande. Esta situación no es mala, ya que puede ayudarnos a reducir la tensión y los nervios.
- Cuando pongamos transparencias o diapositivas hay que asegurarse de que sean claras y estén enfocadas de forma nítida.
- Si la presentación la realizan varias personas en conjunto, como parte de un proyecto en equipo, hay que ensayar bien tanto la exposición de cada uno como la adecuación del orden en que van a intervenir. Queda muy mal ver como alguien termina de golpear su parte y le pregunta al resto del grupo: “¿Quién va ahora?”.
- Debemos mantener un tono de voz claro y confiado, no hablar entre dientes. Nos puede ayudar respirar profundamente, disminuir el ritmo y aumentar las pausas.
- Prestar mucha atención al tiempo. De vez en cuando hay que mirar el reloj con disimulo para saber el tiempo que resta.
- Las pausas pueden tener un efecto beneficioso en la presentación. La gente presta más atención a lo que se dice después de una pausa; por tanto, hay que distribuir los intervalos de descanso de forma que, justo después de ellos, digamos algo importante. Si hay demasiadas pausas, por el contrario, no se consigue el efecto deseado.

Otro factor que hay que considerar como parte de la exposición, es la forma de utilizar las notas. Hay gente que utiliza una serie de tarjetas con anotaciones con los puntos que constituyen el contenido de la charla. Si nos hemos decidido por esta opción, conviene saber que nos podemos encontrar hablando entre dientes y rebuscando en nuestras notas para saber lo que va a continuación. Como alternativa, podemos escribir algunas anotaciones asociadas a cada transparencia. Esto nos ayudará a centrarnos en los puntos a tratar en cada momento.

Otra solución puede ser tener una o dos hojas de papel con los puntos y la estructura principales de la charla, para poder guiarlos en cada momento.

Depende de nosotros el detalle de lo que anotemos en las tarjetas o en las hojas que usemos. En la práctica bastará con anotar algunas palabras clave. Ya hemos dicho que, como solución extrema, se puede escribir toda la charla, palabra por palabra, por si nos quedamos en blanco, pero no es recomendable que preparamos nuestra presentación sobre esta base. Aunque las notas deben ser lo bastante detalladas como para saber de qué hablamos, no deben serlo tanto como para que tengamos que interrumpir la presentación para leerlas. Debe bastar con una mirada breve.

7.2.6. *El turno de preguntas*

Aunque hayamos completado nuestra presentación con éxito, a menudo la parte más difícil de una presentación es afrontar las preguntas finales del tribunal. Hay que conseguir hacerlo con desparpajo y madurez. Ésta es la parte sobre la cual se tiene poco control y que, desafortunadamente, no podemos llevar preparada. En algunos casos, los examinadores conocen ya las respuestas a las preguntas que hacen, y hay que saber que nos las plantean con el propósito de comprobar tanto la profundidad de nuestros conocimientos, como las habilidades que hemos desarrollado durante la ejecución del proyecto. También conviene saber que, a veces, las preguntas van encaminadas a comprobar cómo nos manejamos frente a preguntas con una cierta dificultad y cómo sabemos salir de situaciones comprometidas.

Éstos son algunos consejos que ayudarán al estudiante a afrontar el turno de preguntas:

- *Preparación.* El estudiante debe tratar de pensar de antemano qué tipo de preguntas le van a hacer. ¿Serán técnicas o más generales?; ¿qué tipo de respuesta se espera: larga y extensa o más concisa?; ¿se espera que el estudiante justifique o defienda determinadas partes de su proyecto?
- *Proponer preguntas.* Es bastante común que en nuestra respuesta planteemos preguntas a la audiencia. Esto ayuda a relajarnos, ya que llevamos preparadas de antemano las respuestas, y podemos emplear un tiempo que, de otra forma, habríamos ocupado respondiendo a preguntas quizás más difíciles.
- *Confianza.* En todo momento hay que estar seguro de uno mismo. Se nos ha convocado para que hablamos de nuestro propio trabajo, así que no hace falta justificar por qué estamos allí, y la gente que ha acudido considera que vale la pena escuchar lo que vamos a exponer.
- *Brevedad.* Nuestras respuestas deben ser breves e ir al grano.
- *Conflictos.* Debemos evitar entrar en conflicto con los examinadores. Hay que admitir que existen diferencias, considerar interpretaciones distintas de las nuestras y opiniones alternativas, y tratar de ver las cosas desde un nivel más alto. Además, hay que evitar las situaciones tensas. Si algunos resultados obtenidos no son los esperados o algunos aspectos del proyecto no se completaron satisfactoriamente, debemos explicar y razonar por qué ha sucedido esta circunstancia. No hay que caer en la tentación de echarle las culpas a alguien o a algo: el proyecto es nuestra responsabilidad, y hay que justificarlo todo partiendo de esa base. Las excusas suelen estar fuera de lugar; no así las explicaciones razonables y razonadas.

- *Claridad.* Debemos pedir que se nos aclare cualquier pregunta si no la entendemos bien. Hay que evitar responder lo que sólo intuimos que nos han preguntado o lo que quisiéramos responder. Téngase en cuenta que los examinadores seguirán preguntando hasta que contestemos a lo que ellos quieren y, por lo tanto, no tiene sentido hacer esfuerzos para no enfrentarnos a la pregunta que se nos formula. De hecho, este tipo de situaciones acaban dando una mala impresión a los que nos están juzgando.
- *Ofrecerse a hablar con el examinador más tarde.* Si realmente estamos en un aprieto por culpa de una pregunta que realmente no entendemos, podemos sugerir al examinador que nos la ha formulado que se la contestaremos más tarde con mayor detalle y tranquilidad, sin la presión que inevitablemente ejerce el tiempo disponible.
- *Dirigirse a la audiencia.* Cuando respondamos a preguntas hay que asegurarse que contestamos para todo el público. La presentación no ha finalizado, y todavía tenemos la responsabilidad de hablar a toda la audiencia y de no centrarnos en una sola persona.

El moderador de la exposición, normalmente el presidente del tribunal, tiene la posibilidad de dar o quitar la palabra, y por ello tiene la obligación de intervenir si las preguntas empezaran a ser demasiado hostiles. Aunque ello no sucede a menudo, a veces puede pasar por distintas razones, no siempre achacables al estudiante. Si nos sintiéramos excesivamente acosados, debemos pedir con el respeto debido a quien corresponda, que intervenga en nuestra ayuda, aunque conviene que no olvidemos lo que significa estar ante en un examen oral.

7.2.7. Consejos para la presentación

Para finalizar, ofrecemos algunos consejos para mejorar la presentación oral:

- *Tiempo.* Si tenemos problemas para finalizar en el tiempo previsto (ya sea por exceso o por defecto), conviene llevar algunas transparencias de relleno que podamos poner o quitar de la presentación, dependiendo de cómo vayamos de tiempo.
- *Punteros láser.* Hay que utilizar los punteros láser con soltura; a veces no son claros, ya que se pasean con excesiva facilidad por la pantalla a la que intentamos apuntar. Una forma mucho más eficaz, en el caso de usar transparencias, es servirse de un lápiz o del puntero del propio proyector. Si estamos nerviosos, conviene situar el lápiz sobre el punto al cual nos referimos y dejarlo allí mientras hablamos.
- *Movimientos.* Hay mucha gente que gesticula demasiado y se mueve de un lado a otro cuando está dando una charla. Con la práctica se puede evitar esto y aprender a eliminar malos hábitos, como por ejemplo estar manoseando las llaves en el bolsillo. Si se hace un determinado movimiento, no debe ser exagerado, a menos que de verdad se desee poner un énfasis especial en lo que se está diciendo. Si queremos controlarnos y parar de pasearnos de un lado a otro, es buena idea situar un dedo sobre la mesa más cercana, ya que inconscientemente nuestro cuerpo tenderá a permanecer donde está.
- *Nervios.* Todo el mundo se ve afectado por los nervios de una manera u otra. Aunque no los podemos eliminar por completo, se controlan a medida que se tiene más práctica en este tipo de exposiciones. El mejor consejo es practicar mucho. Cuantas más veces se hace algo, más fácil parece. Sin embargo, hay que tener en cuenta que man-

tener una cierta tensión nerviosa, siempre que sea controlada, ayuda a conseguir un nivel de adrenalina suficiente para dar una charla interesante.

- *Fallos en el proyector.* Los proyectores no son infalibles, y a menudo dan problemas. Si esto sucede, hay que tener preparado un segundo, o un plan alternativo, y practicar con una pizarra por si fallan las transparencias. Sin embargo, hay veces en las que si el proyector de verdad se rompe, deberemos llamar a alguien para solucionar el problema; conviene que algún amigo nos ayude frente a este tipo de emergencia.

En definitiva, lo más importante es entusiasmarse con lo que uno expone. Este entusiasmo puede ayudar mucho a contener los propios nervios e incluso a maquillar algunos defectos o carencias en el contenido de la presentación. Además, el entusiasmo se transmite, y el público estará más atento cuando se de cuenta de cómo nos interesa nuestro propio trabajo, lo cual les motivará y les mantendrá mas pendientes.

7.3. Probar el software

7.3.1. Introducción

Como estudiantes de informática, es probable que tengamos que escribir algún programa para el proyecto. En muchos casos, el software que desarrollemos será, de hecho, bien la parte principal del proyecto, bien un medio, sólo un medio, para presentar algunas ideas. En cualquier caso, como consecuencia de la realización de su proyecto fin de carrera, es muy posible que el estudiante tenga que mostrar el funcionamiento de este software a su tutor, al tribunal, a una empresa con la que haya colaborado, o a cualquier otra persona involucrada en el desarrollo del proyecto. Esta sección explica cómo prepararse para una presentación de este tipo, e incluye consideraciones previas a la exposición y algunos consejos que pueden ayudar a ello.

7.3.2. Preparación

Hay que prepararse para la demostración de un programa de la misma forma que uno se prepara para una presentación oral. Hay que decidir el propósito de la presentación, planificarla, prepararla y ensayarla. Cuando estemos decidiendo el propósito de la demostración debemos preguntarnos qué esperamos obtener de esta demostración; en definitiva, qué queremos mostrar al tribunal y a la audiencia.

La demostración del software hay que planificarla cuidadosamente. Conviene estructurarla de antemano; es una mala idea confiar en que podremos enseñar el programa directamente, sin más, el día previsto. Al igual que en toda presentación, en esta tarea también debe haber una introducción, un nudo y un desenlace. Además de ello, previamente hay que decidir cómo deseamos realizar la demostración, ya que ello puede ser de distintas formas:

- *Sólo ejecución.* Esto implica ejecutar el programa sin permitir interrupciones por parte de la audiencia. No es aconsejable, ya que puede parecer que intentamos ocultar debilidades potenciales del programa, mostrando solamente algunos rasgos superficiales. En otras palabras, puede parecer que cualquier variación que hagamos sobre

los datos de entrada puede causar problemas en el funcionamiento del programa. Aunque no sea éste el caso, eso es lo que puede pensar el tribunal. Si éste decide probar o utilizar el software posteriormente y se encuentra efectivamente con errores, pensará que hemos pretendido ocultárselos, y la demostración acabará siendo contraproducente para el proyecto y su calificación.

- *Presentación mediante una demo.* Consiste en diseñar una demo predeterminada de nuestro programa original con la que no se puede interactuar. Se trata pues de un extracto demostrativo del programa, y no del programa en sí. Es una solución interesante, que nos supondrá un esfuerzo adicional al desarrollo del propio programa.
- *Participación de la audiencia.* Se basa en sugerir al tribunal o a la audiencia que pregunte cosas sobre el programa o que sugiera ejemplos libremente. Ésta es la solución que se adopta comúnmente en las demostraciones de software en el ámbito comercial. En estos casos, tenemos una idea aproximada de las funciones y opciones que vamos a probar, pero permitimos una cierta libertad a otros, dependiendo de las peticiones que recibamos, especialmente del propio tribunal que nos está examinando, en el caso de que disponga de tiempo para hacerlo. En cualquier caso, es muy posible que nuestro tutor esté interesado en una demostración de este tipo.
- *Intervención activa de la audiencia.* Consiste en permitir que el público “juegue” directamente con el programa mientras el estudiante se limita a asesorarlos desde fuera. Esta perspectiva es la más adecuada en el caso de que presentemos herramientas de software cuya utilidad, y sobre todo facilidad, en el aprendizaje es lo que se pretende mostrar como resultado principal del proyecto.

Cuando se prepara una demostración hay que tener siempre presentes tres cosas: *tiempo, público y enfoque*:

- *El tiempo.* ¿De cuánto tiempo disponemos? Es muy importante preparar cuidadosamente la presentación para no pasarnos ni quedarnos cortos. Si nos falta tiempo conviene analizar qué partes del programa son menos importantes e ir directamente a la parte del mismo que realmente queremos mostrar, y saltarnos todos los mensajes y pantallas introductorias.
- *La audiencia.* Hay que saber qué tipo de tribunal o público tendremos: ¿qué saben?; ¿qué quieren ver o aprender?; ¿son profesores, estudiantes o una empresa?; ¿qué tendremos que explicar?; ¿qué nos van a preguntar?; ¿tendremos que justificar aspectos básicos, tales como la elección de un lenguaje de programación concreto o de un algoritmo? Puede suceder que estemos presentando el software al tutor, pero también que, en última instancia, esté destinado a otro cliente, como una empresa, con otros intereses. El tutor estará más interesado en aspectos de diseño y de desarrollo, mientras que si se tratara de un cliente, posiblemente querría saber más sobre la eficiencia que realmente ofrece el software que le mostramos.

También influirá en la presentación la cantidad de público que asista. Según Rogerson (1989, 103), una demostración de software destinada a un grupo grande será mucho más general que una destinada a un grupo más pequeño, donde se puede identificar el interés de cada individuo y adaptar en consecuencia la demostración. El tamaño de la audiencia también influirá en la elección del hardware a utilizar. Si sólo hay tres o cuatro personas, basta con un monitor; sin embargo, si el grupo es más grande, habrá que utilizar algún tipo de sistema de proyección.

- *Enfoque.* Hay que concentrarse y dirigir la demostración hacia los puntos fuertes del software, no hacia funciones básicas o elementales, tales como cargar o guardar ficheros o imprimir. De la misma forma, hay que orientar la demostración hacia el propósito del proyecto. Por ejemplo, si el proyecto pretende analizar la interacción hombre-máquina, hay que concentrarse en el diseño gráfico, iconos, ayudas a la navegación, etc. Si el objetivo es implementar y probar un algoritmo, hay que centrarse en los resultados que da el programa y en su eficiencia.

Antes de realizar la demostración, hay que practicar mucho, sobre todo con el mismo hardware que vayamos a utilizar en la sesión, ya que debemos asegurarnos de que el software funciona bien en el sistema que vayamos a utilizar realmente para la demostración. ¿Está bien configurado el hardware? ¿Necesitamos una tarjeta gráfica especial?

7.3.3. La demostración

Si todo está bien preparado, todo irá bien. Sin embargo, a veces las cosas se tuercen o no van como habíamos previsto. Esto sucede muy particularmente en las demostraciones de software. Todos los profesionales que se han visto involucrados en este tipo de actividades, suelen coincidir a la hora de resumir sus experiencias: ¡Si algo puede fallar, lo hará, y en el momento más inoportuno!

Si es posible, conviene cargar y configurar todo el software de antemano; de esta forma, la gente no tendrá que esperar a que lo instalemos (algo parecido debemos hacer respecto a la preparación del sistema de proyección). Si esta antelación no fuera posible, debemos practicar con cuidado la carga del software, de forma que podamos instalar y cargar todos los programas fácil y rápidamente. Aunque la presentación en sí no haya comenzado, la gente puede predisponerse en contra de nuestro programa si damos la sensación de que necesita media hora y casi una tesis doctoral para poder instalarlo. Por otra parte, conviene ir preparado para contar una pequeña anécdota o alguna información adicional sobre el programa, para ayudar a llenar el tiempo muerto que transcurre mientras se carga el programa.

Hay que asegurarse de que todo el mundo puede ver la pantalla con claridad. ¿Se relee la luz sobre la pantalla? ¿Está limpio el monitor tanto de polvo como de huellas?

7.3.4. Consejos para la demostración

A continuación ofrecemos unos consejos que ayudan a preparar y presentar adecuadamente el software. La lista no es exhaustiva, y la efectividad de cada consejo dependerá del tipo de demostración que estemos realizando, del lenguaje de programación que hayamos empleado, y de la audiencia que tengamos.

- Debemos conocer las limitaciones de nuestro programa, así como los pequeños errores que pueda contener, de modo que no intentemos algo que nuestro software no pueda hacer con absoluta seguridad. Esto también es útil si vamos a demostrar el funcionamiento de algún aspecto particular del código en el que realmente haya problemas, ya que, si estamos prevenidos, no pondremos cara de sorpresa cuando las cosas vayan mal el día de la presentación, y con ello estaremos preparados para

reaccionar. En este caso, podemos excusarnos explicando, incluso con antelación a la aparición de los posibles problemas, que esta parte o sección está todavía en fase de desarrollo o de prueba. Incluso podemos decir que el error nos es conocido y que está debidamente documentado en la página 11 de la memoria.

- Lo anterior es válido también para el caso de que utilicemos un software que no hayamos elaborado nosotros completamente; hay que conocer cómo funciona el programa en su conjunto y cómo está estructurado. Esto nos permitirá explicar bien todos sus aspectos si se nos pregunta sobre ellos, ya que es importante, en todo caso, demostrar nuestro conocimiento profundo del código.
- Si el software está bien escrito y bien estructurado, nos podemos permitir presentar un sistema que contenga una serie de huecos, es decir, secciones de código, como por ejemplo funciones que todavía no hemos completado pero que está previsto desarrollar en el futuro. Para ello hemos de explicar que hemos desarrollado el programa usando la perspectiva descendente, para poder identificar todas sus componentes y funciones. Esta opción es aceptable siempre que el sistema no se cuelgue cuando llegue a uno de estos huecos que nos hemos permitido. Lo más conveniente en estos casos es programar un mensaje para cada hueco, que diga explícitamente que la función está todavía en fase de desarrollo. Desarrollar el programa de forma que permita demostrarlo de esta forma supone también mejorar su estructura y facilitar su lectura.
- Es una buena idea destacar aspectos adicionales que hemos incluido y que no son evidentes con sólo una simple demostración. Por ejemplo, si el software pregunta al usuario por un determinado mes, el software se asegura de que el valor dado está comprendido entre 1 y 12. Aunque este tipo de cosas se incluyen en el programa, no resultan evidentes *a priori* a partir de una demostración, a menos que nosotros las señalemos concretamente o que nos las pregunten.
- Nunca hay que decir cosas como “vaya, esto nunca debería haber pasado”, o bien un sorprendido “¿qué está pasando ahora?”.
- Hay que considerar la existencia de paquetes de software similares a los que hemos desarrollado. Debemos conocer los productos existentes incluso de una supuesta competencia y comparar nuestro programa con ellos, destacando cuáles son los aspectos que se mejoran. En la Sección 4.3 hemos dado algunas pautas sobre dónde buscar el software relevante para nuestro proyecto.
- Conviene practicar mucho de antemano. No resulta agradable quedarse sin tiempo a mitad de la demostración, ni topar con errores inesperados.

7.4. Defensa del proyecto

A menudo no basta con presentar el proyecto oralmente, también hay que “defenderlo”; aunque este tipo de examen sea más común en las tesis doctorales. Esta visión de “defender” además de exponer no hay que perderla de vista en un proyecto fin de carrera.

Entenderemos como defensa una fase ulterior de la propia exposición, que consiste en una prueba ó entrevista conducida por los examinadores. A menudo se utiliza para comprobar que el proyecto es nuestro y que no lo ha hecho otra persona. Otras veces se utiliza para clarificar algunos puntos del informe que son vagos o confusos. Lo más común es que se use

para comprobar la profundidad de los conocimientos del estudiante, su confianza y su capacidad para presentar el proyecto en una situación tensa, como es un examen. De hecho, la sesión de preguntas por parte del tribunal tiene este aspecto de defensa del proyecto. Debemos estar preparados para defender tanto lo que hemos escrito en la memoria, como lo dicho durante la presentación, especialmente para justificar su importancia y actualidad. También debemos ser capaces de explicar la contribución que supone el proyecto. No hace falta saberse de memoria el informe (por ejemplo, no hace falta indicar que una determinada idea está en la página 10, párrafo 2), pero sí que debemos ser capaces de referirnos con soltura a la memoria escrita durante la entrevista que tengamos con el tribunal.

En algunas universidades, un examen de este tipo se utiliza solamente para mejorar la nota; por ejemplo, si estamos en el límite entre dos calificaciones y el examinador está buscando una buena razón para subirnos la nota final. Esta fase de defensa se utiliza, por parte del tribunal, como una forma adicional de evaluar la comprensión del proyecto y del tema que en él se ha tratado. Estas presentaciones o defensas pueden durar entre 5 y 10 minutos solamente, aunque también pueden alargarse varias horas, como es el caso de algunas tesis doctorales en ciertas universidades. En general, se puede afirmar que cuanto más cortas resultan, más seguros están los examinadores de la calidad del trabajo y menos necesitan comprobar la compresión y conocimientos del estudiante. Bien es cierto que una falta de preguntas por parte del tribunal, más que una buena noticia suele ser un mal presagio, pues es posible que tengan decidida una mala calificación y prefieran no gastar más tiempo con la evaluación del proyecto.

El tipo de comisión o tribunal que nos examine dependerá de las exigencias del título. Se puede dar el caso de que tras la presentación sólo haya una breve charla con el tutor y no se insista más, dando por buenas las opiniones del miembro de la comisión que mejor conoce nuestro trabajo. En el caso del doctorado, lo más normal es que la defensa del proyecto o de la tesis se realice ante examinadores que provienen de otros centros, además de profesores de nuestro departamento. En el caso del proyecto final de carrera no se suele recurrir a examinadores de otras universidades, y normalmente expondremos el proyecto ante nuestro director y otros profesores del departamento o de centros de la misma universidad. En algunos casos se invita a algún técnico o profesional de la empresa que ha sugerido o ayudado en la ejecución del proyecto, y que ayuda a dar una visión complementaria a la estrictamente académica.

Sea cual sea el caso, uno debe prepararse a conciencia:

- Hay que leer el informe cuidadosamente antes de examinarse, de forma que esté fresco en nuestra cabeza. En el caso de una tesis doctoral, a menudo existe un hueco de varios meses desde que completamos y entregamos la tesis hasta que nos examinamos.
- Identificar cualquier error, omisión o carencia del trabajo, ya que esto nos permitirá estar preparados el día del examen. No conviene esperar a que un examinador nos pille desprevenidos y con la guardia baja. Por el contrario, si hemos identificado todos los problemas de antemano, podemos tener argumentos preparados para contestar llegado el momento, y tratar de encauzar la discusión con el tribunal hacia los logros más importantes que hayamos conseguido.
- Hay que ser consciente de las referencias o de los datos que hemos omitido en el informe, y hay que estar preparado para razonar su omisión.

- Es importante estar preparado para discutir el posible desarrollo futuro del trabajo; ya dijimos en el Capítulo 1 que la investigación es un proceso sin final, y nuevos hallazgos conducen a nuevos interrogantes. ¿Hacia dónde se está dirigiendo la investigación? ¿Dónde está el futuro en este campo? ¿Qué temas son más apropiados para un desarrollo posterior? Si el estudiante es incapaz de afrontar estos temas, dará la impresión de que el proyecto no ha sido más que un medio para obtener el título de ingeniero, y que carece de motivación o de interés para proseguir con el trabajo en el futuro.
- Estar preparado para responder a preguntas bastante generales respecto al proyecto, del tipo: “Hábleme de su proyecto”; “¿con qué parte del proyecto disfrutó usted más?”; etc (Cryer, 1996, 193). Hay que hacer notar que este tipo de preguntas pueden causar incluso más problemas que las cuestiones de carácter más técnico, referidas a aspectos específicos del proyecto, que se han trabajado en profundidad y sobre las que el estudiante podría extenderse durante bastante tiempo. Por ello conviene tener una respuesta pensada frente a la posibilidad de que aparezcan estas cuestiones genéricas.
- Debemos asegurarnos de que entendemos el contexto global y el área de conocimiento general en el que se enmarca el proyecto. Esto permitirá que podamos destacar la contribución que el proyecto ha realizado y que podamos explicar su ámbito y área de conocimiento de una forma más amplia.

Además, durante el examen hay que:

- Defender el proyecto positivamente; es decir, no se debe criticar el trabajo de otros, y hay que centrarse en la contribución que el proyecto supone en sí mismo. Hay que demostrar que se toma en serio el trabajo de los demás, incluso aunque se esté en desacuerdo (Cryer, 1996, 197).
- Estar preparado para responder a preguntas abiertas y dar respuestas suficientemente extensas y detalladas, que vayan más allá de un simple “sí” o “no”. Ricketts (1998, 25) presenta algunas preguntas típicas que requieren una respuesta extensa, como:
 - ¿Qué trabajos de investigación relacionados con el proyecto se han estudiado?
 - ¿Qué parte del proyecto opina usted que ha sido la más difícil de desarrollar?
 - ¿Cuál es en su opinión la parte más interesante del proyecto?
 - ¿Cuál es para usted la principal contribución de su proyecto?
 - ¿Haría usted algo diferente de lo hecho si volviera a empezar?
 - ¿Qué razones podría usted dar para justificar que su proyecto se ajusta al nivel de perspectiva, profundidad y calidad requerido?
- Evitar el conflicto. No se debe discutir con los examinadores, sino tratar de exponer nuestro punto de vista respetuosamente y las razones por las que pensamos que las cosas son como decimos. Los examinadores esperarán que defendamos el proyecto, pero no de forma agresiva.

Cryer (1996, 197) presenta algunas pautas adicionales para actuar durante la defensa del proyecto:

- Coger un bloc de notas y un lápiz si se piensa que esto puede ayudar.
- Tener a mano una copia de la memoria durante la presentación, al objeto de hacer re-

ferencias a ella durante la exposición, si ello fuera necesario. También se pueden incluir en esta copia anotaciones para ayudar; por ejemplo, se puede anotar en un margen por qué hicimos algo de una determinada forma o por qué elegimos un método concreto, o bien por qué implementamos un algoritmo como lo hicimos. Sin embargo, salvo que sea inevitable, hay que insistir en el consejo ya dado de evitar leer directamente de la memoria durante la exposición oral (Ricketts, 1998, 26).

- Mantener la sangre fría. Ser agradable y educado.
- Escuchar atentamente a los examinadores, y no dudar en pedir aclaraciones a las preguntas que nos hagan si hay algo que no entendamos de sus intervenciones.

Cryer (1996, 196) también hace algunas sugerencias sobre cómo hay que vestirse para un examen oral. Sugiere que hay que elegir ropa elegante y sobria, con la que nos sintamos a gusto, que dé la sensación de hombre o mujer profesional, ya que esto ayuda a demostrar que somos conscientes de la importancia de la ocasión. Sin embargo, tampoco hay que exagerar, y a veces puede ser bastante aceptable el uso de ropa informal, hasta cierto punto. Sin embargo, en un acto como éste, cada uno debe mantener su personalidad y no sentirse constreñido.

Sobre todo, que no cunda el pánico durante el examen. Los examinadores no intentan pillarlos en falta, sino simplemente procuran que demostremos nuestra comprensión y conocimientos y que les aclaremos nuestras propias ideas y puntos de vista. Esto último conviene no olvidarlo nunca. Es importante pensar siempre que la defensa del proyecto es una oportunidad que se nos da para exponer nuestras propias opiniones y poder justificar nuestro trabajo de tantos días.

7.5. Resumen

- Las presentaciones orales son muy comunes en la mayoría de las carreras relacionadas con la informática. Hay que prepararse para ellas a conciencia. Comenzar decidiendo los objetivos de la presentación y asegurarse de conocer el tribunal y la audiencia que tendremos, y sobre todo de cuánto tiempo se dispone. Dar a la presentación una estructura lógica, con una introducción, un nudo y un desenlace. Comprobar que las ayudas visuales que se utilizan son claras y que se ajustan bien a los contenidos de la presentación. Seguir los consejos que se dan en este capítulo sobre cómo preparar transparencias y cómo afrontar un turno de preguntas.
- Preparar las demostraciones de software de la misma forma que se prepararía una presentación oral. Decidir el propósito de la demostración, planificarla, prepararla, y ensayarla con cuidado. Estar al tanto del público, del tiempo de que se dispone, y del enfoque que se desea dar a esta demostración.
- A menudo se exige que el estudiante defienda su proyecto. Hay que prepararse bien para este tipo de examen: leer detenidamente la propia memoria, prepararse para preguntas que los examinadores puedan plantear, ser consciente de los puntos fuertes y débiles del proyecto, y comprender cómo se engloba éste en un contexto más amplio. Durante el examen hay que evitar los conflictos y las confrontaciones, sin dejar de defender el proyecto. También hay que ser capaz de explicar cómo piensa uno que puede desarrollarse el trabajo futuro sobre el tema de su proyecto.

7.6. Lecturas adicionales

Campbell, J. P. (1990), *Speak for Yourself: A Practical Guide to Giving Successful Presentations, Speeches and Talks*, BBC BOOKS, Londres.

Morrisey, G. L., y Sechrest, T. L. (1987), *Effective Business and Technical Presentations*, 3.^a edición, Addison-Wesley, Wokingham.

Tierny, E. P. (1996), *How to Make Effective Presentations*, Sage, Londres.

CAPÍTULO 8

Consideraciones finales

Propósito

Sacar consecuencias al cierre del proyecto, tanto las asociadas al coste del mismo, como las relacionadas con el futuro profesional.

Objetivos de aprendizaje

Una vez completado el capítulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Tratar de evaluar los costos del proyecto que se acaba de cerrar.
- Comprender cómo se puede seguir desarrollando el proyecto.
- Reconocer las habilidades que se han adquirido y comprender cómo pueden ser útiles dichas habilidades en el futuro.

8.1. Introducción

Ahora que el proyecto está concluido, mas allá de la calificación que vayamos a conseguir, conviene hacer un balance en el momento de su cierre; por un lado, tratando de estimar los costos que ha tenido, y por otro, tratando de obtener ciertas consecuencias que para nuestro futuro puede tener el esfuerzo realizado para la ejecución de este trabajo. Para ello es interesante analizar el valor añadido que tiene la realización de estos proyectos, tratar de ver el coste que ha llevado asociado, del cual posiblemente no somos muy conscientes, y las perspectivas que nos abre: ¿Qué hemos aprendido para poder hacer presupuestos de proyectos? ¿Qué ofrece el futuro? ¿Permanecer en la universidad o irse a una empresa? ¿Abandonar del todo el proyecto o seguir desarrollándolo? ¿Qué se ha aprendido durante la realización del proyecto y cómo se deben enfocar las habilidades que se han adquirido?

El cierre de todo proyecto es la culminación de un proceso con muchas fases y actividades diferentes. Con independencia de la calificación que alcancemos, es el momento de hacer balance de nuestro proyecto fin de carrera. Durante este cierre se puede valorar lo que se ha hecho de forma razonablemente correcta, así como qué errores hay que tratar de no repetir, apreciar la forma como se ha culminado y el grado de satisfacción personal que tenemos, y en especial si se han alcanzado los objetivos previstos. Seguramente habrá sido la primera tarea personal de una cierta envergadura que se ha asumido como ingeniero más o

menos autónomo, y de ello hay que saber sacar consecuencias. En la práctica profesional, cada vez que se cierra cualquier proyecto, vale la pena reflexionar acerca de lo que se ha aprendido con su realización, el proyecto fin de carrera no es una excepción. En este capítulo trataremos de dar unas guías para ayudar en esta tarea.

8.2. El cierre del proyecto fin de carrera

Conviene recordar algunos conceptos de la teoría de proyectos en general, para aplicarlos al proyecto fin de carrera. Recordemos que un proyecto se da por finalizado y por lo tanto se procede a su cierre, cuando:

- Desde el punto de vista *técnico*, todas las actividades han finalizado por completo (incluida la redacción de la memoria y la presentación oral en nuestro caso), o, en el peor caso, se ha agotado el tiempo para llevarlas a cabo.
- Desde el punto de vista *administrativo*, se ha tomado la decisión de presentarlo como tal proyecto fin de carrera, y por tanto se dan por cumplidos todos los requisitos que ello supone, incluida la memoria y la presentación.

Además de una buena calificación, el proyecto, como esfuerzo entre lo académico y lo profesional, tenía una serie de objetivos a cubrir, y por ello es bueno en el momento del cierre:

- *Anализar*, desde una perspectiva económica, el balance de los recursos gastados y los beneficios obtenidos.
- *Diagnosticar* el funcionamiento, tratando de analizar las desviaciones entre las previsiones iniciales y el resultado.
- *Corregir*, en proyectos futuros, las actuaciones que dieron pie a tales desviaciones.
- *Consolidar* los resultados técnicos del proyecto en nuestro *curriculum vitae*: conocimientos adquiridos, tecnología utilizada, documentación, productos, etc.
- *Ganar capacidad* de evaluación de proyectos futuros. Identificar las posibles oportunidades comerciales nacidas a partir de la consecución del proyecto, y darles, en su caso, continuidad.

Si estuviéramos en una empresa, en lugar de cerrar un proyecto fin de carrera, seguramente tendríamos que preparar una documentación del cierre, y, como sabemos, ésta contendría elementos tales como:

- Balance de gastos y desviaciones respecto del presupuesto elaborado al inicio del proyecto.
- Informes finales de situación y cumplimiento de objetivos técnicos.
- Lista de documentación generada.
- Lista de productos generados.

Aunque no estamos en un proyecto empresarial, observemos que los tres últimos puntos vienen prácticamente recogidos en nuestra memoria, y a excepción de las cuestiones económicas, ciertamente tendremos una documentación de cierre bien organizada. Por ello, ahora, en la medida de lo posible, vamos a tratar de aproximarnos a las cuestiones presupuestarias.

8.3. Evaluación del coste del proyecto

8.3.1. Introducción

Se supone que el estudiante sabe cómo preparar el presupuesto de un proyecto informático; sin embargo, como ya señalamos en el Capítulo 5, el coste, siendo un elemento clave en todo proyecto, es una variable que no es estricta responsabilidad del estudiante en el caso del proyecto fin de carrera. No obstante, una vez terminado, es recomendable tratar de hacer una estimación de lo que éste ha costado en la medida en que ello sea posible. Depende de las costumbres de cada institución que esta estimación se incluya o no como un apéndice de la memoria. No olvidemos que el proyecto fin de carrera, además de su componente de investigación, encierra también un aprendizaje profesional que supone un cierto conocimiento de lo que cuestan las cosas cuando uno deja de moverse en el ámbito académico.

El coste es una consecuencia interesante del trabajo que hemos hecho, ya que al tratar de determinar el coste del proyecto, aunque no sea posible hacerlo con exactitud, vamos a tratar de establecer una especie de presupuesto *a posteriori* de nuestro proyecto. El objetivo es que tengamos alguna experiencia en este campo de la elaboración de presupuestos, derivada de nuestro proyecto fin de carrera.

8.3.2. Estimación de costes

Recordemos que, a la hora de hacer un presupuesto en un entorno empresarial, hay que tener en cuenta que la realización de un proyecto lleva consigo una serie de costes directos e indirectos. Vamos a repasarlos y a ver cuáles nos pueden ser útiles para estimar el coste del proyecto en caso de que lo hubiéramos hecho fuera del ámbito académico.

a) **Costes laborales (personal).** Incluye generalmente:

- Coste del equipo de trabajo (en este caso básicamente las horas del estudiante).
- Coste del director de proyectos, encargado de gestionar todos los proyectos de una empresa (en este caso el trabajo del tutor, del coordinador de proyectos de la universidad, de los miembros del tribunal y de los posibles colaboradores externos que hayamos podido tener).

Tradicionalmente, en el ciclo de vida clásico del software, el trabajo relacionado con él se dividía en 4 subcategorías: analistas funcionales, analistas orgánicos, analistas programadores, y programadores. Sin embargo, actualmente esta clasificación ha perdido vigencia, ya que, por un lado, no siempre se sigue el ciclo de vida clásico, y por otro, han aparecido empresas basadas en actividades de consultoría.

En nuestro caso, durante del proyecto fin de carrera es posible que hayamos tenido que hacer un poco de trabajo de cada uno de los puestos de la gama de empleos y funciones existentes en una empresa informática actual. Como simple ayuda a este proceso de cuantificación, incluimos una relación de las funciones y sueldos brutos a la altura del 2002, con todas las cautelas que imponen las distintas situaciones económicas y las diferencias entre empresas:

- *Consultores.* Profesionales de eficiencia muy probada y altamente cualificados; se hacen cargo de las líneas de investigación del departamento. 48.000-60.000 €/año.

- *Ingenieros senior (IS)*. Directores de proyecto; personal con más de 5 años de experiencia y jefes de subsección. 36.000-54.000 €/año.
- *Ingenieros junior (IJ)*. Titulados superiores o medios con menos de 5 años de experiencia. 24.000-30.000 €/año
- *Técnicos (TE)*. Ingenieros técnicos, delineantes, formación profesional, 15.000-24.000 €/año (no incluimos becarios y estudiantes en prácticas).
- *Personal auxiliar (PA)*. Servicios, secretarios/as y administrativos/as. 12.000-24.000 €/año.

Quizás sea interesante que hagamos una simulación sobre el tipo de trabajo que ha sido necesario a lo largo de nuestro proyecto. Naturalmente, el coste horario del personal dependerá de su categoría. Seguramente, en un proyecto como el de fin de carrera, es posible que la labor del tutor o de algún agente externo que nos haya ayudado se sitúe en la parte alta de la tabla, y las horas de trabajo del estudiante, obviamente las más abundantes, estén en los epígrafes más bajos. La reflexión sobre cada proyecto resultara interesante, y quizás ayudará al proyectando a ver su trabajo desde otra perspectiva.

- Subcontrataciones.** Son recursos de personal ajeno a la empresa que los contrata para la realización de una parte del proyecto, y de cuyos resultados es responsable ante el cliente. Normalmente, las subcontrataciones suelen realizarse para tareas esporádicas en las que la empresa no está especializada. En un proyecto fin de carrera, es extraño que aparezca este capítulo. Sin embargo, puede ocurrir que el estudiante haya utilizado un trabajo realizado por otro compañero y que sea imprescindible para su trabajo; en este caso, se puede considerar que ha subcontratado este trabajo, y en consecuencia tendrá sentido que le asigne un coste a este trabajo realizado por otros y que se incluya dentro del resultado final del proyecto.
- Material y equipo.** Elementos físicos necesarios para completar el proyecto. En nuestro caso debemos incluir una cierta amortización del material que hemos utilizado, así como el coste provocado por el empleo de aplicaciones de carácter general (licencias). En particular, debemos señalar si ha sido necesaria la adquisición de algún hardware o software específico para la realización de nuestro proyecto e incluirlo, en forma de coste global o de amortización, según sea el futuro uso que del mismo se vaya a hacer. En este apartado debemos incluir asimismo los costes de material fungible o consumible (material de imprenta, CD, etc.).
- Viajes y estancias.** Costes en los que incurre el personal para realizar el trabajo, incluyendo los desplazamientos y dietas. Esta situación puede darse, en nuestro caso, cuando hemos tenido que viajar para hacer algún cursillo, tener una reunión, o utilizar una instalación alejada de nuestro habitual puesto de trabajo.
- Costes generales.** Como sabemos, son costes que, sin ser imputables directamente al proyecto, soportan la infraestructura que permite la realización del trabajo: mantenimiento del equipamiento básico, alquiler de locales, gastos de amortización del material no estrictamente técnico, luz, agua, coste del teléfono, tasas e impuestos, etc. Incluso cabría hablar de los costes en los que incurre nuestra institución por financiarse, como pueden ser los intereses que se pagan de un crédito prestado por una entidad bancaria. En el marco de un proyecto fin de carrera tiene poco sentido incluir este capítulo, aunque se debe ser consciente de que la realización de nuestro

proyecto ha sido posible porque alguien ha hecho frente a estos costes. Por otro lado, conviene saber que los coeficientes de costes de personal correspondientes a los costes generales varían mucho entre empresas, e incluso dentro de una misma empresa, entre los distintos departamentos o secciones.

- f) **Otros gastos.** Se incluyen aquí, por último, los gastos adicionales que no tenían cabida en los apartados anteriores, tales como los derivados de la adquisición de documentación, comidas, o ciertos gastos de representación.

Es evidente que el proyecto empresarial y el académico presentan diferencias en el aspecto de costes, y que en este último existe un gran número de elementos contables que no dominamos y que no tiene mucho sentido que los incorporemos a los costes finales. No obstante, estamos en condiciones de tener una idea aproximada de lo que ha costado el proyecto, lo que nos será útil cuando tengamos que elaborar presupuestos para futuros proyectos.

Incluir o no esta discusión de costes como apéndice final de la memoria queda a la discrecionalidad de cada estudiante, al criterio de cada tutor, e incluso a las normas de cada institución. Es evidente que no es una parte clave de la memoria, pero es recomendable incluir, si se puede, alguna indicación referida a estos costes, especialmente en el esfuerzo de tiempo que le ha supuesto al estudiante.

8.4. Seguir desarrollando el proyecto

8.4.1. Introducción

Una vez finalizado el proyecto, lo primero que se tiene que hacer es abrir una botella de cava. Después podemos tener dos tipos de sentimientos hacia el proyecto: puede que estemos tan saturados y tan hartos de él que no queramos saber nada más en el futuro y que lo único que nos inspire sea el deseo de quemar todos los libros y todos los apuntes; esto último no suele ser recomendable, ya que podemos necesitar el trabajo hecho hasta ahora para un futuro no lejano. Pero también puede suceder que estemos tan entusiasmados con lo que hemos logrado, que no seamos capaces de superar el impulso de seguir desarrollando las ideas aparecidas durante la ejecución del proyecto y, como consecuencia de este ejercicio final de nuestros estudios reglados, se nos haya despertado una vocación de “empreendedor/a” que estemos dispuestos a llevar a cabo a partir de los resultados que hemos conseguido con nuestro proyecto fin de carrera.

También es posible que el desarrollo posterior del proyecto pueda ser la base para un futuro paquete de software, comercial o de libre disposición, o bien para una tesis doctoral. Asimismo, el proyecto puede haber proporcionado material para escribir un artículo que nos permita publicar nuestras ideas, patentar el trabajo o buscar financiación externa. A continuación, se discuten estas alternativas.

8.4.2. Buscar financiación

Como saben bien los emprendedores y los que pretenden avanzar en el campo de la I + D, no siempre es fácil encontrar dinero para los proyectos nuevos, incluso para ingenieros o gestores experimentados. Como ingenieros recién salidos de la universidad, con poca experien-

cia y pocas publicaciones, tenemos escasas posibilidades de encontrar financiación en solitario. En general, no sabemos a quién dirigirnos para buscar dinero ni cómo rellenar los formularios y las solicitudes necesarias. En resumen, seguramente no consigamos dinero solos. Una forma de solucionar este problema es establecer vínculos con grupos de investigación o con empresas. Es muy probable que el propio departamento tenga un grupo de investigación con científicos reconocidos que se interesen por el trabajo que hemos hecho y deseen integrarlo en el suyo. Nuestro tutor puede mantenernos a su lado con una beca de investigación o como profesor ayudante. Si tenemos suerte y hemos desarrollado un programa de software para una empresa, quizás estén dispuestos a financiar el desarrollo posterior del proyecto. Sea como fuere, habrá que trabajar con alguien más y aprender de la experiencia que éste tenga en conseguir dar continuidad a nuevas ideas y desarrollos.

La mejor forma de buscar financiación y obtener subvenciones es un tema amplio que no pretendemos discutir aquí. Sin embargo, se pueden leer un par de libros muy útiles —Burcham y Rutherford (1987), o Ries y Leukefeld (1995)—, que tratan este tema. Son muchos los ejemplos existentes de proyectos fin de carrera y de tesis doctoriales que han proporcionado elementos seminales para desarrollos posteriores que han sido fructíferos, tanto desde el punto de vista de la investigación como de la obtención de productos comercializables.

8.4.3. Desarrollo de programas comerciales de software

Es muy probable que durante el proyecto hayamos desarrollado un programa como parte del mismo. Quizás se piense que éste tiene algún valor comercial. Existen dos posibilidades: que requiera todavía mucho trabajo adicional de desarrollo, o bien que el trabajo que resta para su comercialización simplemente consista en readaptar el software para su distribución. Una vez más, y de forma general, esto no es fácil que lo desarrolle en solitario una persona (no todos somos Linus Torvald, y aún así, el creador de Linux contó con una apreciable ayuda externa para su magnífico trabajo).

Aunque decidamos emprender este trabajo con el mayor entusiasmo, es muy probable que tengamos que establecer vínculos comerciales con alguna empresa antes de lanzar el producto al mercado. De forma casi inevitable, tendremos que obtener financiación y ayuda económica como base para un posible desarrollo posterior de nuestras ideas. También puede haber problemas con las leyes de patentes y de propiedad intelectual; de hecho, estos problemas pueden llegar a ser muy importantes si desarrollamos el proyecto en una empresa u organización que, más pronto o más tarde, puede reclamar sus derechos sobre nuestros trabajos.

Sea como fuere, la mejor forma de empezar es hablar con nuestro tutor, que podrá ayudarnos a contactar con alguien. Quizás él mismo desee involucrarse en un posible desarrollo futuro del proyecto.

8.4.4. Copyright y patentes

La propiedad de los derechos sobre el proyecto es un punto un tanto “oscuro” en la mayoría de las universidades. Algunas instituciones reconocen abiertamente los *derechos de propiedad intelectual* del autor sobre su trabajo. En estos casos, el estudiante podrá vender el *copyright* o la patente como deseé; así, por ejemplo, el estudiante será libre de vender los programas de software o los diseños de hardware que haya desarrollado.

Este reconocimiento exclusivo de los derechos del estudiante sobre el trabajo que ha desarrollado en el seno de una institución académica no es general, y hay instituciones que reclamarán parte o todos los derechos sobre el producto obtenido de la investigación. Si el proyecto se ha realizado en colaboración con una empresa privada, ésta naturalmente querrá retener parte de los derechos sobre el trabajo del estudiante.

En resumen, si se desea comercializar algún producto derivado del proyecto, conviene enterarse de cuál es la normativa de nuestra institución con respecto a los derechos de propiedad intelectual. La respuesta que obtengamos puede ser confusa e incluso ambigua, pues las leyes de patentes y de *copyright* en el campo de la informática son tan complicadas que a menudo el estudiante encontrará más preguntas que respuestas. A ello hay que añadir el actual debate sobre la propiedad intelectual del software. Téngase en cuenta que una memoria de un proyecto fin de carrera debe aportar todos los detalles técnicos y es un documento de carácter público, pues su objetivo es el de superar un requisito académico, y no el de empezar un negocio.

A pesar de ello, el estudiante debe ser consciente de que la mayoría de las universidades españolas otorgan a los autores de productos patentables un generoso porcentaje sobre el beneficio que puede acarrear la comercialización de la patente, y reconocen generosamente sus derechos de propiedad intelectual. De hecho, la legislación española es mucho más generosa con los investigadores que la de otros países (incluyendo Estados Unidos), e incentiva inequívocamente el desarrollo de productos y modelos de utilidad. Sin embargo, a pesar de estas ventajas legales, el número de patentes surgidas de invenciones universitarias en España es aún muy reducido, y es tarea de investigadores y estudiantes aportar la ilusión y creatividad necesarias para que esta situación cambie.

8.4.5. Publicación del trabajo

Podemos pensar que el proyecto ha ido tan bien, que queramos publicarlo en una revista de reconocido prestigio o a través de una conferencia o reunión especializada. Nuestro director puede aconsejarnos al respecto. Escribir para publicar no es algo tan simple como cortar y pegar algunas partes del informe. El artículo debe tener una buena estructura lógica y formal, además de justificar claramente que lo llevado a cabo significa una contribución al conocimiento general. El proceso de publicación suele ser bastante largo; es común que algunos artículos se publiquen incluso un año después de haberlos enviado.

Hay libros que pueden ayudar a escribir artículos para publicarlos. Tres de ellos son Lester (1993), Day (1996) y Jamieson (1996), a los cuales es conveniente acudir si se piensa escribir un artículo por primera vez. Otra forma de publicar puede ser presentar una ponencia a un congreso, hacer una publicación en forma de informe interno dentro de nuestro propio departamento, o escribir un pequeño resumen o artículo en revistas no especializadas o periódicos. De nuevo, el consejo de nuestro tutor es el mejor camino para seguir esta posibilidad.

8.5. El futuro

8.5.1. Las nuevas habilidades

Esta sección trata brevemente de cómo aplicar las habilidades adquiridas durante la realización del proyecto en nuestro futuro profesional. Una vez finalizado el proyecto, podemos pa-

sar a una empresa o permanecer en la comunidad universitaria para hacer, por ejemplo, una tesis doctoral. Algunos desearán quedarse como profesores o como investigadores, mientras que otros querrán ir al mundo de la empresa. Los siguientes puntos se refieren a una serie de capacidades que cada uno ha desarrollado en el transcurso del proyecto:

- *Independencia.* Uno de los objetivos del proyecto era desarrollar en el estudiante una capacidad para trabajar de forma independiente y autónoma. Incluso, ciertas instituciones se refieren a los proyectos fin de carrera como proyectos independientes. Ser capaz de trabajar por uno mismo, sin una supervisión detallada por parte de otra persona, constituye una habilidad que vale la pena desarrollar e impulsar. La empresa busca independencia y autonomía de trabajo en los ingenieros; esta independencia es asimismo imprescindible si el estudiante decide dirigirse al mundo de la investigación. Hay que estar preparado para demostrar iniciativa y pensamiento propio, y ser capaz de asumir responsabilidades en determinadas situaciones y no esperar a que alguien nos diga lo que hay que hacer. Esta actitud no está exenta de riesgo, pero debemos asumirla de forma razonable, y debemos acostumbrarnos a ser responsables y a poder explicar las decisiones autónomas que tomemos, algo que ya hemos hecho a lo largo y ancho de nuestro proyecto.
- *Pensamiento crítico.* El proyecto debe haber enseñado al estudiante a pensar de una forma más crítica y más profunda. El desarrollo de ideas y de una forma de pensar independiente representa un grado de madurez que no se consigue por el mero hecho de ir a clase. De nuevo, la habilidad de dar ideas originales, demostrar una comprensión profunda y utilizar una imaginación viva, son capacidades preciosas, tanto para un investigador como para un buen profesional.
- *Aprendizaje.* El desarrollo del proyecto debe haber enseñado al estudiante a aprender. Como parte del proyecto se han ejercitado nuevas habilidades, nuevas formas de ver las cosas y nuevas formas de pensar. Este “aprendizaje” no se consigue a través de la toma de apuntes o durante las tutorías, sino a través del estudio y de la investigación propia e individualizada. Una vez desarrolladas la habilidad y la capacidad de aprender de forma independiente, éstas nos serán de gran utilidad en el futuro, tanto en la empresa como en la investigación. Además, el proyecto también nos habrá dado una base teórica y de conocimientos en una serie de áreas que no se ciñen solamente a una habilidad técnica específica. Esto es muy importante, ya que significa que podemos aprender cualquier nuevo conocimiento o habilidad relacionados con el campo de nuestro trabajo de forma rápida, gracias a la base que hemos adquirido, lo cual sería mucho más difícil si nos hubiéramos limitado sólo a aprender una herramienta o un lenguaje de programación. Por ejemplo, aunque no sea mos capaces de programar en un lenguaje concreto, la teoría de lenguajes informáticos que sí conocemos, nos da la capacidad de aprender cualquier otro lenguaje de forma muy rápida. De esta forma, se consigue una flexibilidad y una capacidad de adaptación al cambio que no se tendría si solamente se tuviera un bagaje puramente técnico. El estudiante de informática es consciente de que los conocimientos actuales caducarán más pronto que tarde, debido a la evolución tecnológica, y por ello debe mantener la idea de seguir aprendiendo. El desarrollo de unos hábitos y de unas habilidades para el aprendizaje y la puesta al día van a ser fundamentales para su futuro.

- *Habilidades técnicas.* También es posible que hayamos obtenido algún tipo de habilidades estrictamente técnicas en el transcurso del proyecto. Podemos haber aprendido a utilizar un paquete de software concreto o a aplicar determinados métodos de análisis y diseño. Aunque nunca volvamos a utilizar estos conocimientos técnicos, el poso que nos han dejado puede servir de base para aprender técnicas y herramientas similares que pueden ayudarnos a mejorar nuestro currículo profesional.
- *Habilidades de comunicación.* Como hemos insistido, tanto la capacidad de expresión verbal como escrita constituyen una parte de vital importancia para cualquier proyecto fin de carrera. Ello puede ser muy útil para mejorar nuestras habilidades en este campo, tanto si nuestro destino es la empresa como si nos quedamos en la universidad. Las habilidades de expresión oral son muy beneficiosas en la empresa, donde se tiene relación con todo tipo de gente: directores, clientes, resto de personal de la organización, consultores externos, etc. También tendremos que hacer presentaciones y demostraciones de software en el futuro, así como elaborar informes claros y concisos. En el caso de que decidamos enfrentarnos con una tesis doctoral, estas habilidades también son cruciales. Tendremos que asistir a conferencias o dar seminarios. Tendremos que dar clases y tutorías o sesiones de laboratorio. Tendremos que escribir informes, artículos, documentos de todo tipo y, finalmente, una memoria de tesis doctoral.

8.5.2. *Un nuevo trabajo*

Mientras que hasta ahora nos hemos referido a cómo desarrollar las habilidades adquiridas durante el proyecto, a continuación veremos brevemente cómo hacer las cosas en nuestra carrera profesional.

- *La empresa.* Si se comienza a trabajar en una empresa por primera vez, se puede sufrir un *shock cultural*. Mientras que en el pasado nos limitábamos a ver las cosas desde un punto de vista puramente académico, en la empresa lo más importante es el coste. Pensemos que de forma general los trabajos y los proyectos con los que nos enfrentemos sólo se llevarán a cabo si son económicamente viables. Por ejemplo, dentro del ámbito de una empresa, el software que elaboraremos normalmente debe limitarse a resolver problemas concretos y no más; a hacer lo que se espera que haga sin tener que justificarlo especialmente o situarlo en un contexto más amplio (entendiendo que no es nada malo que el ingeniero tenga en cuenta estos elementos cuando realice sus trabajo en un entorno empresarial). Además, sentiremos la presión de tener que acabar un trabajo a tiempo. Mientras que hasta ahora el proyecto había sido una responsabilidad puramente nuestra y éramos los únicos posibles perjudicados en caso de retraso, en la empresa puede haber mucha gente que confíe en tener nuestro trabajo a tiempo y que se sentirá perjudicada, cuando no herida, si no cumplimos con los plazos que se nos hayan asignado.
- *Una tesis doctoral.* Si nos decidimos por hacer una tesis doctoral, tendremos que adaptar nuestra forma de pensar de alguna manera. Tendremos que trabajar con la idea de justificar y situar en un contexto la investigación y, lo que es más importante, hacer una contribución, ahora si de forma nítida, nueva y original, al conocimiento de la materia sobre la cual investiguemos. Además, el factor tiempo es cada vez más im-

portante, ya que los departamentos y nosotros mismos seremos penalizados si tardamos más de lo debido en completar las tesis doctoriales. Aparte de esto, tendremos que diversificar nuestro trabajo y orientarlo a escribir artículos en revistas especializadas, y por tanto con un alto nivel de exigencia. Como dijimos anteriormente, también habrá que dar clases o ayudar en las tutorías.

8.6. Resumen

Aunque hayamos terminado el proyecto, hay posibilidad de sacar consecuencias para el futuro sobre su desarrollo. En primer lugar, estimando los costes en los que se ha incurrido como práctica para la elaboración de presupuestos. En segundo lugar, existe la posibilidad de ampliarlo en el futuro. Para ello, hay que buscar financiación, desarrollar programas para uso comercial, revisar las leyes de patentes y *copyright*, o publicar el trabajo en una revista.

Gracias al proyecto se habrán adquirido una serie de habilidades que pueden ser muy útiles en el futuro, ya sea en la empresa o en la universidad: independencia, capacidad de pensar, capacidad de aprender, y adquisición de habilidades técnicas y de expresión oral y escrita.

8.7. Ejercicios

1. Pensar en la forma de continuar el proyecto.
 2. Anotar lo que se ha aprendido haciendo el proyecto. ¿Cómo has cambiado como resultado del proyecto?
-

Bibliografía

- Allison, B., O'Sullivan, T., Owen, A., Rice, J., Rotherwell, A. y Saunders, C. (1996), *Research Skills for Students*, Kogan Page, Londres.
- Bainbridge, D. (1995), *Intellectual Property*, 3.^a edición, Pitman, Londres.
- Barnes, M. (1989), *Have Project, Will Manage*, BBC2.
- Barras, R. (1978), *Scientists Must Write: A Guide to Better Writing of Scientists, Engineers and Students*, Chapman & Hall, Londres.
- BCS (1998), *Guidelines on Course Exemption & Accreditation*, British Computer Society, Swindon.
- Belbin, M. (1993), *Team Roles at Work*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Bell, J. (1993), *Doing Your Research Project*, 2.^a edición, Open University Press, Buckingham.
- Blaxter, L., Hughes, C. y Tight, M. (1996), *How to Research*, Open University Press, Buckingham.
- Bliss, E. C. (1976), *Getting Things Done*, Futura, Londres.
- Boehm, B. W. (1981), *Software Engineering Economics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Borg, W. R. y Gall, M. D. (1989), *Educational Research: An Introduction*, 5.^a edición, Longman, Nueva York.
- Burcham, W. E. y Rutherford, R. J. D. (eds.) (1987), *Writing Applications for Research Grants*, Educational Development Advisory Committee, Occasional Publication, n.^o 3, University of Birmingham, UK.
- Burton, C. y Michael, N. (1992), *A Practical Guide to Project Management*, Kogan Page, Londres.
- Campbell, D. y Campbell, M. (1995), *The Student's Guide to Doing Research on the Internet*, Addison-Wesley, Wokingham.
- Campbell, J. P. (1990), *Speak for Yourself: A Practical Guide to Giving Successful Presentations, Speeches and Talks*, BBC Books, Londres.
- Collier, J. H. (ed.) (1997), *Scientific and Technical Communication*, Sage, Londres.
- Cornford, T. y Smithson, S. (1996), *Project Research in Information Systems: A Student's Guide*, Macmillan, Londres.
- Creme, P. y Lea, M. R. (1997), *Writing at University: A Guide for Students*, Open University Press, Buckingham.
- Cryer, P. (1996), *The Research Student's Guide to Success*, Open University Press, Buckingham.
- Czaja, R. y Blair, J. (1996), *Designing Surveys: A Guide to Decisions and Procedures*, Sage, Londres.
- Dawson, C. W. y Wilby, R. (1998), "An artificial neural network approach to rainfall-runoff modelling", *Hydrological Sciences Journal*, 43(1), 47-66.
- Day, A. (1996), *How to Get Research Published in Journals*, Gower, Aldershot.
- Day, R. A. (1995), *How to Write and Publish a Scientific Paper*, 4.^a edición, Cambridge University Press, Cambridge.
- Easton, G. (1992), *Learning from Case Studies*, 2.^a edición, Prentice Hall, Hemel Hempstead.

- Ferner, J. D. (1980), *Successful Time Management*, John Wiley and Sons, Nueva York.
- Fowler, F. J. (1995), *Improving Survey Questions: Design and Evaluation*, Sage, Londres.
- Garratt, S. (1985), *Manage Your Time*, Fontana/Collins, Londres.
- Gash, S. (1989), *Effective Literature Searching for Students*, Gower, Aldershot.
- Gibson, H. R. (1994), *Elementary Statistics*, Wm C. Brown, Iowa.
- Gill, J. y Johnson, P. (1991), *Research Methods for Managers*, Paul Chapman, Londres.
- Goodworth, C. T. (1984), *How You Can Do More in Less Time*, Business Books, Londres.
- Greenfield, T. (ed.) (1996), *Research Methods Guidance for Postgraduates*, Arnold, Londres.
- Hague, P. (1993), *Questionnaire Design*, Kogan Page, Londres.
- Haynes, M. E. (1987), *Make Every Minute Count*, Crisp Publications, Los Altos, California.
- Haywood, P. y Wragg, E. C. (1982), *Evaluating the Literature*, Rediguide 2, University of Nottingham School of Education, Nottingham.
- HEFCE (1998), Higher Education Funding Council for England <http://www.niss.ac.uk/education/hefc/rae2001/1_98cd.html#annC> (14 agosto 1998).
- Helmer-Heidelberg, O. (1966), *Social Technology*, Basic Books, Nueva York.
- Herbert, M. (1990), *Planning a Research Project*, Cassell Educational, Londres.
- Jamieson, A. (1996), *Creative Writing: Researching. Planning and Writing for Publication*, Focal, Oxford.
- Jones, K. (1998), *Time Management The Essential Guide to Thinking and Working Smarter*, Marshall Publishing, Londres.
- Kane, E. (1985), *Doing Your Own Research*, Marion Boyars, Londres.
- Kanji, G. K. (1993), *100 Statistical Tests*, Sage, Londres.
- Lester, J. D. (1993), *Writing Research Papers: A Complete Guide*, 7.^a edición, HarperCollins, Nueva York.
- Mason, J. (1996), *Qualitative Researching*, Sage, Londres.
- McCallum, C. (1989), *How to Write for Publication*, How To Books, Plymouth.
- Melville, S. y Goddard, W. (1996), *Research Methodology: An Introduction for Science and Engineering Students*, Juta, Kenwyn, República de Sudáfrica.
- Morrisey, G. L. y Sechrest, T. L. (1987), *Effective Business and Technical Presentations*, 3.^a edición, Addison-Wesley, Wokingham.
- Oppenheim, A. N. (1992), *Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement*, Pinter, Londres.
- Orna, E. y Stevens, G. (1995), *Managing Information for Research*, Open University Press, Buckingham.
- O'Sullivan, T., Rice, J., Rogerson, S. y Saunders, C. (1996), *Successful Group Work*, Kogan Page, Londres.
- Philips, E. M. y Pugh, D. S. (1994), *How to Get a PhD: A Handbook for Students and their Supervisors*, 2.^a edición, Open University Press, Buckingham.
- Post, G. V. y Anderson, D. L. (1997), *Management Information Systems: Solving Business Problems with Information Technology*, Irwin, Londres.
- Reynolds, L. y Simmonds, D. (1984), *Presentation of Data in Science*, Kluwer, Lancaster.
- Ricketts, I. W. (1998), *Managing your Software Project: A Student's Guide*, Springer-Verlag, Londres.
- Ries, J. B. y Leukefeld, C. G. (1995), *Applying For Research Funding: Getting Started and Getting Funded*, Sage, Londres.
- Robson, C. (1993), *Real World Research*, Blackwell, Oxford.
- Rogerson, S. (1989), *Project Skills Handbook*, Chartwell-Bratt, Suecia.
- Rudestam, K. E. y Newton, R. R. (1992), *Surviving Your Dissertation*, Sage, Londres.
- Saunders, M., Lewis, P. y Thornhill, A. (1997), *Research Methods for Business Students*, Pitman, Londres.
- Sharp, J. A. y Howard, K. (1996), *The Management of a Student Research Project*, 2.^a edición, Gower, Aldershot.
- Shortland, M. y Gregory, J. (1991), *Communicating Science: A Handbook*, Longman, Harlow.

- Silverman, D. (ed.) (1997), *Qualitative Research Theory, Method and Practice*, Sage, Londres.
- Smith, P. (1994), *How to Write an Assignment: Improving your Research and Presentation Skills*, How To Books, Plymouth.
- Tierney, E. P. (1996), *How to Make Effective Presentations*, Sage, Londres.
- Turla, P. y Hawking, K. L. (1985), *Time Management Made Easy*, Panther Books, Londres.
- Turner, J. R. (1993), *The Handbook of Project-Based Management*, McGraw-Hill, Londres.
- University of Derby (1995), *Literature Searching for Computing*, University of Derby, internal library publication.
- University of Warwick (1994), *Graduate Student Handbook 1994/95*, University of Warwick, Department of Continuing Education.
- Verma, G. K. y Beard, R. M. (1981), *What is Educational Research?* Gower, Aldershot.
- Weiss, J. W. y Wysocki, R. K. (1992), *5-Phase Project Management, A Practical Planning and Implementation Guide*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- Yin, R. K. (1989), *Case Study Research, Design and Methods*, Sage, Londres.