

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

Intensificación cursada

TRABAJO FIN DE GRADO

Plantilla guía de TFG para la ESI-UCLM

Jesús Salido Tercero

Escuela
Superior
de Informática



Ciudad Real, julio de 2025



**UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA**

Depto. del tutor(a)

Intensificación cursada

TRABAJO FIN DE GRADO

Plantilla guía de TFG para la ESI-UCLM

Autor: Jesús Salido Tercero

Tutor/a: Quien tutoriza

Cotutor/a: Quien cotutoriza

julio, 2025

Plantilla guía de TFG para la ESI-UCLM
© Jesús Salido Tercero, 2025

El autor puede elegir el tipo de licencia que desee. Este documento se distribuye con licencia CC BY-NC-SA 4.0. El texto completo de la licencia se puede obtener en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>. La copia y distribución de esta obra está permitida en todo el mundo, sin regalías y por cualquier medio, siempre que esta nota sea preservada. Se concede permiso para copiar y distribuir traducciones de este libro desde el español original a otro idioma, siempre que la traducción sea aprobada por el autor del libro y tanto el aviso de copyright como esta nota de permiso, sean preservados en todas las copias.



Este texto ha sido preparado con la plantilla L^AT_EX para Trabajo Fin de Estudios en Ingeniería Informática para la UCLM publicada por [Jesús Salido](#) en el repositorio público Zenodo, DOI: [10.5281/zenodo.4561708](https://doi.org/10.5281/zenodo.4561708).

*A mis estudiantes
Por contribuir a hacer de cada día un reto ilusionante*

Plantilla guía de TFG para la ESI-UCLM

Jesús Salido Tercero
Ciudad Real, julio 2025

Resumen

En una página como máximo, el resumen explica de modo conciso la problemática que trata de resolver el trabajo («*Qué*»), la metodología para abordar su solución («*Cómo*») y las principales conclusiones del trabajo. En los trabajos cuyo idioma principal sea el inglés, el orden de Resumen y Abstract se invertirá.

En concreto, este documento debe servir como guía para preparar, con \LaTeX , el TFG en la Escuela Superior de Informática (ESI) de la Univ. de Castilla-La Mancha (UCLM), siguiendo la [normativa de aplicación](#). Está disponible tanto en [GitHub](#) como [Overleaf](#).

Este texto se aprovecha para proporcionar información sobre la elaboración de la memoria del TFG con ayuda de \LaTeX empleando este documento como plantilla. Por este motivo, sigue una estructura similar a la que se espera encontrar en un TFG, mostrando ejemplos de uso de distintos elementos y comandos de maquetación de textos, como puede verse en el anexo A.

IMPORTANTE: Puedes alterar la estructura del documento según lo estimes conveniente. También, puedes modificar la plantilla para alterar el formato según tus preferencias. Aunque se ajusta a los requisitos y reglamentación de la ESI-UCLM, se puede adaptar fácilmente a otras titulaciones, instituciones y otros documentos de carácter académico. Además, esta plantilla permite la elaboración automática del documento en idioma inglés.

Palabras clave: Escuela Superior de Informática, UCLM, TFG, \LaTeX , Overleaf, $\text{\TeX}{}Live$.

Guided template for TFG

Jesús Salido Tercero
Ciudad Real, julio 2025

Abstract

English version for the abstract.

Keywords: Escuela Superior de Informática, UCLM, TFG, L^AT_EX, Overleaf, T_EXLive .

Agradecimientos

Aunque es un apartado opcional, haremos bueno el refrán «*es de bien nacidos, ser agradecidos*» si empleamos este espacio como un medio para agradecer a todos los que, de un modo u otro, han hecho posible que el trabajo realizado *llegue a buen puerto*. Esta sección es ideal para agradecer a directores, profesores, mentores, familiares, compañeros, amigos, etc.

Estos agradecimientos pueden ser tan personales como deseas e incluir anécdotas y chascarrillos, pero recuerda que *no deberían ocupar más de una página*.

Jesús Salido Tercero
Ciudad Real, 2025

Notación y acrónimos

NOTACION

(Texto aclaratorio *-suprime-*). Ejemplo de lista con notación (o nomenclatura) empleada en la memoria del TFG. Debes editarla según las necesidades de tu trabajo intenta que sea informativa y evita que incorpore información obvia.¹

- A, B, C, D : Variables lógicas
 f, g, h : Funciones lógicas
· : Producto lógico (AND), a menudo se omitirá como en AB en lugar de $A \cdot B$
+ : Suma aritmética o lógica (OR) dependiendo del contexto
 \oplus : OR exclusivo (XOR)
 \bar{A} o A' : Operador NOT o negación

LISTA DE ACRÓNIMOS

(Texto aclaratorio *-suprime-*). Ejemplo de lista *ordenada alfabéticamente* con los acrónimos empleados en el texto. Se pueden omitir aquellos acrónimos que son reconocidos en el contexto académico (p. ej., PhD), aunque aquí se han incluido a efectos ilustrativos.

- CASE : Computer-Aided Software Engineering
CTAN : Comprehensive TeX Archive network
IA : Inteligencia Artificial
IDE : Integrated Development Environment
ECTS : European Credit Transfer and Accumulation System
OOD : Object-Oriented Design
PhD : Philosophiae Doctor
RAD : Rapid Application Development
SDLC : Software Development Life Cycle
SSADM : Structured Systems Analysis & Design Method
TFE : Trabajo Fin de Estudios
TFG : Trabajo Fin de Grado
TFM : Trabajo Fin de Máster
UML : Unified Modeling Language

¹Se incluye únicamente con propósito de ilustración, ya que el documento no emplea la notación aquí mostrada.

Índice general

Resumen	vii
Abstract	ix
Agradecimientos	xi
Notación y acrónimos	xiii
Índice de figuras	xvii
Índice de tablas	xix
Índice de listados	xxi
Índice de algoritmos	xxiii
1 Introducción	1
1.1 Motivación	1
1.2 Contexto disciplinar y tecnológico	1
1.3 Estructura del documento	2
2 Objetivo	5
2.1 El objetivo de un proyecto de ingeniería	5
3 Plan de gestión del trabajo	7
3.1 Guía rápida de las metodologías de desarrollo de software	7
3.2 Otros aspectos del plan de gestión	9
3.3 Tecnologías	9
4 Desarrollo y resultados	11
4.1 Requisitos y análisis del sistema	11
4.2 Diseño del sistema	11
4.3 Implementación del sistema	11
4.4 Pruebas del sistema	11
4.5 Despliegue	12
5 Conclusiones	13
5.1 Objetivos alcanzados	13
5.2 Justificación de competencias adquiridas	13

5.3 Trabajos derivados y futuros	13
5.4 Valoración personal	13
Bibliografía	15
A Sobre la Bibliografía	19
B Breve introducción a L^AT_EX	21
B.1 Listas	21
B.2 Tablas	22
B.3 Ecuaciones matemáticas	22
B.4 Figuras	23
B.5 Listados de código fuente	27
B.6 Menús, paths y teclas con el paquete menukeys	28

Índice de figuras

B.1	Ejemplo de figura	23
B.2	Ejemplo de subfiguras	24
B.3	Gráfico girado	25
B.4	Gráfico apaisado	26

Índice de tablas

1.1	Usos ilícitos de la IA en el TFG	2
3.1	Resumen de metodologías de desarrollo de software	8
B.1	Ejemplo de uso de la macro <code>cline</code>	22
B.2	Ejemplo de tabla con especificación de anchura de columna	22

Índice de listados

B.1	Código fuente en Java	27
B.2	Ejemplo de código fuente en lenguaje C	27
B.3	Ejemplo de script en Matlab	27

Índice de algoritmos

B.1 Cómo escribir algoritmos	28
--	----

CAPÍTULO 1

Introducción

Este capítulo aborda la motivación del trabajo. Se trata de señalar la necesidad que lo origina, su actualidad y pertinencia. Puede incluir también un estado de la cuestión (o estado del arte) en el que se revisen estudios o desarrollos previos, explicando en qué medida sirven de base al trabajo que se presenta. La estructura del capítulo podría quedar reflejada en las secciones que se incluyen.

1.1. MOTIVACIÓN

Responde a la pregunta sobre la necesidad o pertinencia del trabajo. En particular para este documento, se ha tenido presente que durante la realización de la memoria del TFG es muy importante respetar la guía de estilo institucional [4]. Por tanto, el empleo de plantillas para un sistema de procesamiento de textos (p. ej., Word o L^AT_EX) puede requerir su adaptación cuando la plantilla mencionada no esté avalada por la institución donde se presentará el trabajo.

Es muy posible que en este capítulo sea preciso indicar de un modo conciso cuál es el objetivo general del trabajo. Sin embargo, esto no debe evitar la necesidad de incluir una sección o incluso un capítulo —como en esta plantilla— dedicado a explicar en mayor detalle el objetivo general y los secundarios (también denominados específicos) del TFG.

1.2. CONTEXTO DISCIPLINAR Y TECNOLÓGICO

También se puede denominar «Antecedentes» o «Estado del arte» cuando se trata de comentar trabajos relacionados que han abordado la cuestión u objetivo planteado. En esta sección se debería introducir el *contexto disciplinar y tecnológico* en el que se desarrolla el trabajo de modo que ayude a entender con facilidad su ámbito y alcance. Puesto que un TFG no tiene que ser necesariamente un trabajo con aportes novedosos u originales, solo es necesario la inclusión de *estado del arte* cuando este contribuya a aclarar aspectos clave del TFG o se deseé justificar la originalidad del trabajo realizado.

Para redactar un trabajo académico de modo efectivo se recomienda seguir pautas para obtener un resultado final claro y de lectura fácil, como las expuestas en el blog de Leonor Zozaya [13] o el apartado de comunicación eficaz del Departamento de Lengua y Estilo de la UOC [10].

A la hora de redactar el texto se debe poner especial atención para evitar el plagio¹ respetando los derechos de propiedad intelectual [8] y el uso lícito de gráficos e imágenes procedentes de Internet que no sean de elaboración propia. En este sentido se sugiere la

¹<https://www.uclm.es/areas/biblioteca/encuentra-informacion/perfiles/alumno/antiplagio>

consulta del manual de la Universidad de Cantabria [9]. Dicho documento explica de modo conciso cómo incluir imágenes en un trabajo académico de modo apropiado.

Recuerda que el uso de herramientas de IA (Inteligencia Artificial) está permitida para la revisión de textos y conseguir una redacción final de mayor claridad.² Por supuesto, también para conseguir emplear L^AT_EX de modo correcto. Sin embargo, la inclusión directa de los textos generados mediante dichas herramientas es sancionable, ya que su autoría no puede ser atribuida a quien firma el TFG. La tabla 1.1 resume los comportamientos que deberías evitar durante la realización de tu TFG.

Tabla 1.1: Usos ilícitos de la IA en el TFG

Uso de la IA	Descripción	Riesgo
Generación completa o parcial de textos para la memoria.	Presentar como propio un texto obtenido casi en su totalidad por una IA.	Plagio académico: el autor no es quien firma el texto.
Evitar el trabajo intelectual o de análisis.	Usar IA para hacer razonamientos, interpretaciones o críticas sin comprensión real.	Viola los principios de evaluación auténtica y aprendizaje significativo.
Falsificación de datos.	Generar datos simulados o inexistentes para experimentos, encuestas o estadísticas.	Constituye fraude académico .
Traducción automática sin revisión.	Entregar traducciones automáticas sin control de calidad.	Puede derivar en errores conceptuales .

1.3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Este capítulo suele finalizar con una sección en la que se indica la estructura (capítulos) del documento y el contenido de cada una de las partes en que se divide. Veamos a continuación cómo sería esta sección para este documento en concreto.

A lo largo de los capítulos que componen esta guía se muestran ejemplos de elementos de organización del texto en un documento preparado con L^AT_EX. Los ejemplos mencionados, así como los recogidos en obras de referencia, se pueden emplear para adaptar este documento a las necesidades particulares [5, 12]. Entre las obras de consulta disponibles sobre L^AT_EX se recomienda el uso de las obras gratuitas en español [6, 2] y las guías disponibles en la página web de Overleaf (en inglés).

En esta plantilla de TFG se ha optado por seguir la estructura orientativa que puede tener un TFG en la ESI-UCLM. Esta estructura consta de los capítulos siguientes:

1. **Introducción.** Donde se trata la motivación y la pertinencia del trabajo. Prosigue con el enunciado conciso del propósito del trabajo y la descripción de su contexto disciplinar y técnico.
2. **Objetivo.** En el que se detalla el alcance del objetivo general y los secundarios del trabajo.

²<https://biblioteca.uclm.es/Investiga/Apoyoinvestigacion/IAeninvestigacion>

3. **Plan de gestión del trabajo.** Describe la estrategia para abordar las distintas fases del trabajo.
4. **Desarrollo y resultados.** En este capítulo se explica cómo se han llevado a cabo las fases del trabajo cumpliendo el plan previsto y enumerando los resultados obtenidos.
5. **Conclusiones.** En el que se realiza una discusión sobre los resultados obtenidos y cómo estos satisfacen los objetivos planteados. Además, se justifica la aplicación al TFG de las competencias adquiridas durante los estudios de grado. También, puede incluir una explicación sobre los trabajos derivados y futuros si estos están planificados o iniciados, así como una breve valoración personal.
6. **Bibliografía.** Lista de las referencias bibliográficas que se hayan citado en el texto. Recuerda que no debes incluir fuentes de información relacionada que no hayas citado explícitamente en la memoria.
7. **Anexos.** Contenidos auxiliares que complementan del trabajo, como manuales de uso, diagramas, figuras, tablas, listados de código, etcétera.

CAPÍTULO 2

Objetivo

Este es un capítulo que explica en detalle el objetivo general del trabajo y los objetivos secundarios, si el principal admite una descomposición en módulos o componentes.

Es muy importante definir el objetivo de modo apropiado. Este debe concretar y exponer detalladamente el problema a resolver, el entorno de trabajo, la situación y qué se pretende obtener. También puede contemplar las limitaciones y requisitos a considerar para la resolución del problema.

2.1. EL OBJETIVO DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA

Una de las tareas más complicadas al proponer un TFG es plantear su Objetivo. La dificultad deriva de la falta de consenso respecto de lo que se entiende por *objetivo* en un trabajo de esta naturaleza. En primer lugar, se debe distinguir entre dos tipos de objetivo:

- (A) La *finalidad específica* del TFG que se plantea para resolver una problemática concreta aplicando los métodos y herramientas adquiridos durante la formación académica. Por ejemplo, «*Desarrollo de una aplicación software para gestionar reservas hoteleras on-line*».
- (B) El *propósito académico* que la realización de un TFG tiene en la formación de un/a graduado/a. Por ejemplo, demostración de la adquisición de las competencias *específicas de la especialización* cursada y de aquellas *competencias transversales* ligadas a la realización del TFG.

En el ámbito de la memoria del TFG se tiene que definir el primer tipo de objetivo, mientras que el segundo tipo es el que se añade al elaborar la propuesta de un TFG presentada ante un comité para su aprobación. *Este segundo tipo de objetivo no se debe incluir en la memoria y en todo caso hacerse en la sección de conclusiones.*¹

Un objetivo bien planteado debe estar determinado en términos del «*producto final*» esperado que resuelve un problema específico. Por tanto, debería quedar determinado por un sustantivo *concreto y medible*. El objetivo planteado puede pertenecer a una de las categorías que se indica a continuación:

- *Diseño y desarrollo de «artefactos».* Es un objetivo habitual en las ingenierías. Por la naturaleza de los programas informáticos (software), los trabajos que implican su diseño suelen contemplar también el desarrollo o implementación de prototipos. Esto es menos frecuente en otras áreas de ingeniería en las que claramente se separa la fase

¹En algunas titulaciones es obligatorio que la memoria explique las competencias específicas alcanzadas con la realización del trabajo.

de diseño o realización de un proyecto, frente a la ejecución del mismo (p. ej., ingeniería civil, arquitectura, etc.).

- *Estudio* que ofrece información novedosa sobre un tema (usual en las ramas de ciencias y humanidades).
- *Validación de una hipótesis* de partida. Este tipo de objetivo es propio de los trabajos científicos, pero menos habitual en el caso de los TFG.

Estas categorías no son excluyentes, de modo que es posible plantear un trabajo cuyo objetivo sea el diseño y desarrollo de un «artefacto» y este implique un estudio previo o la validación de alguna hipótesis para guiar el proceso. En cualquier caso, cuando el objetivo sea lo suficientemente amplio es conveniente su descomposición en elementos más simples hablando de *objetivos secundarios* o *subobjetivos*. Por ejemplo, un programa informático se podría descomponer en módulos o requerir un estudio previo para plantear un nuevo algoritmo que será preciso validar.

La descomposición de un objetivo principal en subobjetivos u objetivos secundarios debe ser natural (no forzada), bien justificada y sólo pertinente en los trabajos de gran amplitud.

Junto con la definición del objetivo del trabajo se puede especificar los *requisitos* que debe satisfacer la solución aportada. Estos requisitos especifican *características* que debe poseer la solución y las *restricciones* que acotan su alcance. En el caso de un trabajo cuyo objetivo es el desarrollo de un «artefacto» o sistema, los requisitos pueden ser *funcionales* (qué debe hacer el sistema) y *no funcionales* (cómo debe ser el sistema).

Al redactar el objetivo de un TFG se puede confundir los medios con el fin. De este modo a veces se define un objetivo en términos de las *acciones* (verbos) o *tareas* necesarias para alcanzarlo. Sin embargo, aunque no definen el objetivo, es apropiado descomponer este en *hitos* y *tareas* para facilitar la *planificación* del trabajo.

La categoría del objetivo planteado justifica modificaciones en la organización genérica de la memoria del trabajo. Por ejemplo, en el caso de estudios y validación de hipótesis, el apartado de conclusiones debería incluir los resultados de experimentación y los comentarios de cómo estos validan o refutan la hipótesis planteada.

CAPÍTULO 3

Plan de gestión del trabajo

En este capítulo se debe detallar todos los aspectos relacionados con el plan de gestión del trabajo que incluyen:

- la metodología de desarrollo,
- las tecnologías y recursos necesarios,
- la gestión de la configuración y el aseguramiento de la calidad,
- la planificación del trabajo, y
- la estimación de costes y el análisis de riesgos.

3.1. GUÍA RÁPIDA DE LAS METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

El **proceso de desarrollo de software** se denomina también **ciclo de vida del desarrollo del software** (*SDLC, Software Development Life-Cycle*) y cubre las siguientes actividades:

- 1.- **Obtención y análisis de requisitos** (*requirements analysis*). Es la definición de la funcionalidad del software a desarrollar. Suele requerir entrevistas entre los ingenieros de software y el cliente para obtener el ‘QUÉ’ y ‘CÓMO’. Permite obtener una *especificación funcional* del software.
- 2.- **Diseño** (*SW design*). Consiste en la definición de la arquitectura, los componentes, las interfaces y otras características del sistema o sus componentes.
- 3.- **Implementación** (*SW construction and coding*). Es el proceso de codificación del software en un lenguaje de programación. Constituye la fase en que tiene lugar el desarrollo de software.
- 4.- **Pruebas** (*testing and verification*). Verificación del correcto funcionamiento del software para detectar fallos lo antes posible. Persigue la obtención de software de calidad. Consisten en pruebas de *caja negra* y *caja blanca*. Las primeras comprueban que la funcionalidad es la esperada y para ello se verifica que ante un conjunto amplio de entradas, la salida sea correcta. Con las segundas se comprueba la robustez del código sometiéndolo a pruebas cuya finalidad es provocar fallos de software. Esta fase también incorpora la *pruebas de integración* en las que se verifica la interoperabilidad del sistema con otros existentes.
- 5.- **Documentación** (*documentation*). Persigue facilitar la mejora continua del software y su mantenimiento.
- 6.- **Despliegue** (*deployment*). Consiste en la instalación del software en un entorno de producción y puesta en marcha para explotación. En ocasiones implica una fase de *entrenamiento* de los usuarios del software.

7.- **Mantenimiento** (*maintenance*). Su propósito es la resolución de problemas, mejora y adaptación del software en explotación.

3.1.1. Metodologías de desarrollo software

Las metodologías son el modo en que las fases del proceso de desarrollo de software se organizan e interaccionan para conseguir que dicho proceso sea reproducible y predecible para aumentar la productividad y la calidad del software.

Una metodología es una colección de:

- A. **Procedimientos** (indican cómo hacer cada tarea y en qué momento),
- B. **Herramientas** (ayudas para la realización de cada tarea), y
- C. **Ayudas documentales**.

Cada metodología es apropiada para un tipo de proyecto dependiendo de sus características técnicas, organizativas y del equipo de trabajo. En los entornos empresariales es obligado, a veces, el uso de una metodología concreta (p. ej., para participar en concursos públicos). El estándar internacional ISO/IEC 12270 describe el método para seleccionar, implementar y monitorear el ciclo de vida del software [11, 1].

Mientras que unas metodologías intentan sistematizar y formalizar las tareas de diseño, otras aplican técnicas de gestión de proyectos para dicha tarea. Las metodologías de desarrollo se pueden agrupar dentro de varios enfoques según se resume a continuación en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Resumen de metodologías de desarrollo de software

Metodología	Características	Herramientas/Enfoques asociados
SSADM <i>(Structured Systems Analysis and Design Methodology)</i>	Metodología estructurada, secuencial (modelo en cascada), centrada en análisis exhaustivo de requisitos.	Modelado lógico de datos, flujo de datos, entidades y eventos.
OOD <i>(Object-Oriented Design)</i>	Centrado en la modularidad y reutilización del código a través de objetos y clases.	UML (Diagramas de clase, casos de uso, secuencia, modelo de datos).
RAD (<i>Rapid Application Development</i>)	Desarrollo iterativo y rápido basado en prototipos, minimiza documentación, enfatiza entrega rápida.	Interfaces gráficas, prototipado, ciclo en espiral (Boehm), evaluación continua por parte del usuario.
Metodologías Ágiles	Desarrollo incremental e iterativo, énfasis en la colaboración y en software funcional, poca documentación.	<i>Scrum, Kanban</i> , reuniones diarias, sprints, enfoque en el concepto de “hecho (done)”.

3.1.2. Proceso de *testing*

El testeo del software puede consistir en varios tipos de procesos:

1. *Pruebas modulares* (pruebas unitarias). Su propósito es hacer pruebas sobre un módulo tan pronto como sea posible. Las *pruebas unitarias* comprueban el correcto funcionamiento de una unidad de código. En la programación estructurada, dicha unidad elemental de código consistiría en cada función o procedimiento. Para la programación orientada a objetos se trataría de cada clase. Las características de una prueba unitaria de calidad son: *automatizable* (sin intervención manual), *completa*, *reutilizable*, *independiente* y *profesional*.
2. *Pruebas de integración*. Pruebas de varios módulos en conjunto para comprobar su interoperabilidad.
3. *Pruebas de caja negra*.
4. *Beta testing*.
5. *Pruebas de sistema y aceptación*.
6. *Training*.

3.2. OTROS ASPECTOS DEL PLAN DE GESTIÓN

Además de la metodología se deben abordar los aspectos siguientes relacionados con el plan de gestión del proyecto:

- **Recursos.** En este apartado se describirán los recursos hardware y software empleados. También debería quedar aclarado el número y papel de los integrantes del equipo de proyecto.
- **Gestión de la configuración y aseguramiento de la calidad.** Durante el desarrollo de proyectos de software es esencial definir la estrategia de control de versiones y las diferentes *releases*. Además, en esta sección se describirán las actividades y tareas que garantizan la calidad del proceso de desarrollo del software, incorporando los estándares, prácticas y normas de aplicación. También se deben documentar los distintos tipos de revisiones, verificaciones y validaciones que se realizarán, criterios de aprobación o rechazo de cada, y los procedimientos para llevar a cabo acciones correctivas o preventivas.
- **Planificación.** Detallará la estimación de la evolución temporal del proyecto, marcando sus iteraciones e hitos básicos. Para ello, se emplearán diagramas Gantt y debería incluir una comparación cuantitativa del tiempo y el esfuerzo realmente invertido frente al estimado.
- **Costes.** Análisis y presupuesto del coste de los recursos (humanos y materiales) necesarios para el proyecto. El cálculo de costes de personal debe tener en cuenta la realidad del mercado laboral en España. Dicho cálculo se puede hacer en persona/mes, y luego hacer la correspondencia al coste monetario.
- **Análisis de riesgos.** En esta sección se debería incluir una enumeración de los riesgos del proyecto, indicando su posible impacto (efecto que la ocurrencia del citado riesgo tendría en el desarrollo del proyecto) y la probabilidad de ocurrencia. Una vez se identifican los riesgos, se deben priorizar para definir los planes necesarios que reduzcan su impacto o incluso su probabilidad de ocurrencia.

3.3. REVISIÓN DE TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS CASE (COMPUTER AIDED SOFTWARE ENGINEERING)

Además de los recursos humanos y de hardware necesarios en el trabajo, en la sección de recursos software se deberían enumerar las herramientas software previstas. A continuación

se realiza una revisión rápida no exhaustiva de las herramientas más populares.¹

Las herramientas CASE están destinadas a facilitar una o varias de las tareas implicadas en el ciclo de vida del desarrollo de software. Se pueden dividir en las siguientes categorías:

1. Modelado y análisis de negocio.
2. Desarrollo.
3. Verificación y validación.
4. Gestión de configuraciones.
5. Métricas y medidas.
6. Gestión de proyecto (gestión de planes, asignación de tareas, planificación, etc.).

3.3.1. IDE (Integrated Development Environment)

- [Visual Studio Code](#)
- [Atom](#)
- [GNU Emacs](#)
- [NetBeans](#)
- [Eclipse](#)
- [Qt Creator](#)
- [jEdit](#)
- [IntelliJ IDEA](#)

3.3.2. Depuración

- [GNU Debugger](#)

3.3.3. Testing

- [JUnit](#). Entorno de pruebas para Java.
- [CUnit](#). Entorno de pruebas para C.
- [PyUnit](#). Entorno de pruebas para Python.
- [NUnit](#). Entorno de pruebas para .Net.

3.3.4. Repositorios y control de versiones

- [Git](#)
- [Github](#)
- [Mercurial](#)
- [Bitbucket](#)
- [SourceTree](#)

3.3.5. Documentación

- [LATEX](#)
- [Overleaf](#)
- [Markdown](#)
- [Doxygen](#)
- [DocGen](#)
- [Pandoc](#)

3.3.6. Gestión y planificación de proyectos

- [Trello](#)
- [Jira](#)
- [Asana](#)
- [Slack](#)
- [Basecamp](#)
- [Teamwork Projects](#)
- [Zoho Projects](#)

¹Este listado, no exhaustivo, es meramente informativo, ya que en la memoria de un TFG solo se deben incluir aquellas que se hayan evaluado y empleado finalmente.

CAPÍTULO 4

Desarrollo y resultados

En este capítulo se describirá las diferentes fases del ciclo de desarrollo de software de acuerdo al plan de gestión expuesto en el capítulo 3.

4.1. REQUISITOS Y ANÁLISIS DEL SISTEMA

En esta sección se presentarán los objetivos y el catálogo de requisitos del proyecto: funcionales, no funcionales, de información, reglas de negocio, etc. Una vez catalogados los requisitos del sistema se procederá con su análisis empleando el lenguaje de modelado UML. El análisis mencionado incluirá:

- **Modelo conceptual.** En él se identifican clases, atributos, relaciones, etc.
- **Modelo de casos de uso.** Representan las interacciones entre los actores y el sistema bajo estudio.
- **Modelo de interfaz de usuario.** Puede consistir en un prototipo de baja fidelidad de la interfaz de usuario.

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA

En esta sección se define la arquitectura lógica general del sistema. Para describirla se puede emplear un modelo como C4 [3], el cual permite representar la arquitectura de un sistema software mediante varios diagramas a distintos niveles de abstracción.

4.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En este apartado se describirá la organización del código fuente y *scripts*, describiendo el propósito de los distintos ficheros y su distribución en paquetes y directorios. Puede ser conveniente incluir alguna porción significativa de código fuente que sea de especial relevancia por su funcionalidad.

En el desarrollo de proyectos software cobra especial importancia el empleo de sistemas de control de versiones junto a repositorios en línea. Estas herramientas se convierten en esenciales para disponer de un registro histórico del desarrollo que también puede ayudar a evaluar el trabajo realizado. Por este motivo, en la memoria del proyecto se debe indicar la dirección URL de los repositorios empleados (p. ej., Github).

4.4. PRUEBAS DEL SISTEMA

En esta sección se describirá el plan de pruebas del sistema incluyendo todos los tipos llevados a cabo. El desarrollo de la sección debería tratar los aspectos siguientes:

- **Estrategia.** Donde se indica el alcance de las pruebas y los procedimientos.
- **Pruebas unitarias.** Destinadas a localizar errores en cada nuevo módulo software desarrollado antes de su integración con el resto del sistema.
- **Pruebas de integración.** Su objetivo es localizar errores en subsistemas completos analizando la interacción entre varios módulos de software.
- **Pruebas de sistema.** Contempla las pruebas funcionales con las que se realiza el análisis del buen funcionamiento de la implementación de los casos de uso del sistema. Además, en estas pruebas se comprueba el funcionamiento respecto a los requisitos no funcionales: eficiencia, seguridad, etcétera.
- **Pruebas de aceptación.** Su intención es demostrar, con la participación del cliente, que el producto está listo para su puesta en funcionamiento en el entorno producción.

4.5. DESPLIEGUE

Esta sección recoge la arquitectura física propuesta del sistema, las instrucciones para su despliegue, operación y mantenimiento del nivel de servicio. Es muy importante que todas las justificaciones aportadas se sustenten no solo en juicios de valor sino en evidencias tangibles como: historiales de actividad, repositorios de código y documentación, porciones de código, trazas de ejecución, capturas de pantalla, demos, etcétera.

CAPÍTULO 5

Conclusiones

5.1. OBJETIVOS ALCANZADOS

En este capítulo se realizará un juicio crítico y discusión sobre el objetivo general y objetivos secundarios alcanzados durante el desarrollo del trabajo.

5.2. JUSTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS ADQUIRIDAS

Es muy importante recordar que según la normativa vigente en la ESI-UCLM, el capítulo de conclusiones debe incluir *obligatoriamente* un apartado destinado a justificar la aplicación en el TFG de las competencias específicas (una o más) adquiridas en la tecnología específica cursada, como se indica a continuación:

En el TFG se han aplicado las competencias correspondientes a la Tecnología Específica de [*poner lo que corresponda*]:

Código de la competencia 1: [*Texto de la competencia 1*]. Explicación de cómo se ha aplicado en el TFG.

... (otras más si las hubiera).

5.3. TRABAJOS DERIVADOS Y FUTUROS

Si es pertinente se puede incluir información sobre trabajos derivados como publicaciones o ponencias en preparación, así como trabajos futuros (*solo si estos están iniciados o planificados en el momento que se redacta el texto*).

Se recomienda reflexionar sobre la conveniencia de inclusión de una lista de posibles mejoras, ya que puede transmitir la impresión de que el trabajo se encuentra en un estado incompleto o inacabado.

5.4. VALORACIÓN PERSONAL

En esta sección final se realizará un rápido análisis de las lecciones aprendidas en las que se pueden incluir tanto buenas prácticas adquiridas (tecnológicas y procedimentales) como cualquier otro aspecto de interés. También se puede resumir cuantitativamente el tiempo y esfuerzo dedicados al proyecto a lo largo de su desarrollo.

Bibliografía

- [1] Brook Appelbaum. Top 6 software development methodologies. URL: <https://blog.planview.com/top-6-software-development-methodologies>, September 2022. Último acceso 26 feb. 2024.
- [2] Alexánder Borbón and Walter Mora. *Edición de textos científicos con LATEX. Composición, diseño editorial, gráficos, Inkscape, Tikz y presentaciones Beamer*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2 edition, 2021.
- [3] Simon Brown. The C4 model for visualising software architecture. URL: <https://c4model.com/>, 2022. Último acceso: 19 feb. 2024.
- [4] Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla-La Mancha. Guía de estilo y formato para Trabajos Fin de Grado. URL: <https://pruebasaluuclm.sharepoint.com/sites/esicr/tfg/SiteAssets/SitePages/Inicio/20190304-GuiaEstiloFormatoTFG.pdf>, March 2019. Último acceso: sep. 2021.
- [5] Leslie Lamport. *LATEX: A document preparation system*. Addison-Wesley, second edition, June 1994. ISBN: 978-0201529838.
- [6] Tobias Oetiker, Hubert Partl, Irene Hyna, and Elisabeth Schlegl. *La introducción no-tan-corta a LATEX2e*, 2014. URL: <http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/spanish/>.
- [7] Servicio de publicaciones UCLM. Propiedad intelectual. Documentos elaborados por el Grupo de Gestión del Conocimiento y Propiedad Intelectual de la Universidad de Castilla-La Mancha. URL: <https://e.uclm.es/servicios/doc/?id=UCLMDOCID-12-739>. Último acceso: feb. 2024.
- [8] Universidad Carlos III de Madrid. Guía temática del TFG. URL: <https://uc3m.libguides.com/TFG>, 2021. Último acceso: sep-2021.
- [9] Universidad de Cantabria. Cómo usar imágenes en trabajos. Artículo técnico disponible en URL: https://web.unican.es/buc/Documents/Formacion/guia_imagenes.pdf, 2018. Último acceso: sep. 2021.
- [10] Universitat Oberta de Catalunya. Comunicación eficaz y redacción. URL: <https://www.uoc.edu/portal/es/servei-linguistic/redaccio/10-recomanacions/index.html>. Último acceso: sep. 2021.
- [11] Leo R. Vijayasarathy and Charles W. Butler. Choice of Software Development Methodologies: Do Organizational, Project, and Team Characteristics Matter? *IEEE Software*, 33(5):86–94, September 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/ms.2015.26>.
- [12] WikiMedia. LATEX Wikibook. URL: <http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX>, 2010. Último acceso: sep. 2021.

- [13] Leonor Zozaya. Redacción de textos. recomendaciones para presentar trabajos académicos. Blog disponible en URL: <http://redaccion.hypotheses.org/>, 2017. ISSN: 2444-8885.

ANEXOS

ANEXO A

Sobre la Bibliografía

En los anexos se incluirá, de modo opcional, material suplementario que podrá consistir en manuales de usuario, listados seleccionados de código fuente, esquemas, planos y en general aquel contenido que complementa a la memoria. Se recomienda que no sean excesivamente voluminosos, aunque su extensión no está sometida a la regulación por normativa, ya que esta afecta únicamente al texto principal de la memoria.

En esta plantilla hemos decidido incluir dos anexos. En el primero de ellos se hacen algunos comentarios adicionales sobre la bibliografía. En el segundo se aporta una breve introducción a L^AT_EX cuya información puede servir de ejemplo de inclusión de ciertos elementos en la preparación de la memoria del TFG.

Todo el material de terceros se debe citar convenientemente sin contravenir los términos de las licencias de uso y distribución de dicho material. Esto se extiende al uso de diagramas y cualquier elemento gráfico. El incumplimiento de la legislación vigente en materia de protección de la propiedad intelectual es responsabilidad exclusiva del autor, independientemente de la cesión de derechos que este haya convenido.¹

La sección de *Bibliografía*, que si se prefiere se puede titular *Referencias*, incluirá un listado ordenado preferentemente por orden alfabético (primer apellido del autor principal), con todas las obras citadas en el texto. En la lista de referencias se especificará para cada obra:

- autores,
- título,
- editorial, y
- año de publicación.

Este formato se conseguirá en L^AT_EX mediante el uso del estilo estándar plain o cualquier otro derivado con estilo de citación numérica. En algunas titulaciones se obliga a una ordenación por orden de cita en el texto. Este resultado se obtiene con BibT_EX mediante los estilos estándar ieeetr (estilo para los IEEE *transactions*) y unsrt (estilo *unsorted*).²

Es muy importante tener presente que en esta sección solo se debe incluir las referencias bibliográficas citadas expresamente en el documento. Si se desea incluir fuentes consultadas, pero no citadas, se puede confeccionar con ellas una sección denominada *Material de consulta*, aunque estas referencias se pueden incluir opcionalmente a lo largo del documento como notas a pie de página.

¹<https://www.uclm.es/areas/biblioteca/encuentra-informacion/perfiles/alumno/antiplagio>

²<https://www.wikiwand.com/es/articles/BibTeX>

En las titulaciones técnicas se empleará estilo de citación numérico con el número de la referencia entre corchetes. La cita podrá incluir el número de página concreto de la referencia que se desea citar. El uso correcto de la citación implica dejar claro al lector cuál es el texto, material o idea citado. .

Cuando se deseé incluir referencias a páginas genéricas de Internet sin mención expresa a un artículo con título y autor definido, dichas referencias se pueden incluir como notas al pie de página o como un apartado de fuentes de consulta dedicado a *Direcciones de Internet*. Por el contrario, los documentos electrónicos publicados en Internet se pueden incluir en la sección de Bibliografía empleando el tipo de entrada `misc` en el fichero `.bib` con el comando `url` (como se muestra en la bibliografía de ejemplo distribuida con este documento). Observarás que el campo `note` se emplea para añadir información adicional como la fecha de la última consulta de fuentes publicadas en Internet, y para la inclusión del DOI de algunas obras para su rápida recuperación.³

³Esta estrategia necesita adaptación cuando se emplea un estilo de citación autor-año (p.ej., `natbib`).

ANEXO B

Breve introducción a L^AT_EX

El contenido del trabajo final de estudios se organiza en capítulos que se subdividen en secciones. Con L^AT_EX este tipo de organización se realiza de modo inmediato mediante la generación automática de los estilos correspondientes a los títulos de cada sección y su inclusión en la tabla de contenidos. Los ajustes relativos a la generación del formato y estilos asociados a secciones del documento se realizan con el paquete `titlesec` empleado en esta plantilla.

En las secciones siguientes se comenta la inclusión con L^AT_EX de distintos elementos de organización de información junto a ejemplos que facilitan su utilización en la memoria del trabajo.¹

B.1. LISTAS

Existen dos tipos de listas: enumeraciones y listas con viñetas. En el primer tipo, los elementos de la lista se preceden de una clave numérica o alfabética, mientras que en el segundo tipo se emplea una viñeta. En ambos casos los elementos se pueden anidar para crear una jerarquía entre ellos. En L^AT_EX se recomienda la inclusión del paquete `enumitem` (incluido en esta plantilla) que permite personalizar fácilmente las listas de un documento. A continuación se muestran algunos ejemplos de las posibilidades.

B.1.1. Ejemplo de lista con viñetas personalizadas

- pera
- ☛ manzana
- ⓧ naranja

B.1.2. Ejemplo de lista condensada

Este tipo de lista presenta una separación mínima entre ítems, en varias columnas y configuración de la etiqueta.

- | | |
|-------------|--------------|
| (1) pera | (4) patata |
| (2) manzana | (5) calabaza |
| (3) naranja | (6) fresa |

¹Las explicaciones de este anexo forman parte del contenido del curso «L^AT_EX esencial para preparación de TFG y otros documentos académicos» de la ESI-UCLM.

Además del texto, los documentos pueden incluir elementos que enriquecen su contenido facilitando su exposición y comprensión. En las secciones siguientes tratamos brevemente dichos elementos.

B.2. TABLAS

A continuación se incluyen algunos ejemplos de tablas elaboradas con L^AT_EX mediante el empleo de paquetes dedicados. Para la realización de tablas más complejas se recomienda la consulta de manuales [2] y el empleo de asistentes o herramientas en línea.²

Observa que el título de las tablas se ubica en la parte superior de la tabla. Puesto que el contenido de la tabla es texto, tiene sentido leer primero el título para contextualizar el contenido de la tabla antes de su lectura.

Tabla B.1: Ejemplo de uso de la macro `cline`

7C0	hexadecimal
3700	octal
11111000000	binario
1984	decimal

Ejemplo de tabla en la que se controla el ancho de la celda.

Tabla B.2: Ejemplo de tabla con especificación de anchura de columna

Día	Temp Mín (°C)	Temp Máx (°C)	Previsión
Lunes	11	22	Día claro y muy soleado. Sin embargo, la brisa de la tarde puede hacer que las temperaturas desciendan
Martes	9	19	Nuboso con chubascos en muchas regiones. En Cataluña claro con posibilidad de bancos nubosos al norte de la región
Miércoles	10	21	La lluvia continuará por la mañana, pero las condiciones climáticas mejorarán considerablemente por la tarde

B.3. ECUACIONES MATEMÁTICAS

La composición de ecuaciones requiere el uso de comandos especializados. Por tanto, para facilitar dicha tarea se aconseja el empleo de programas especializados como MathType o asistentes como el incluido en editores como T_EXstudio³ o herramientas en línea.⁴ Es muy

²<https://www.tablesgenerator.com/>

³<https://www.texstudio.org/>

⁴<https://latex.codecogs.com/>, <http://www.sciweavers.org/free-online-latex-equation-editor>

simple incluir fórmulas matemáticas sencillas en el mismo texto en el que se escribe. Por ejemplo, $h^2 = a^2 + b^2$ que podría ser la ecuación representativa del teorema de Pitágoras (ver también ec. B.1).

Las fórmulas también se pueden separar del texto para que aparezcan destacadas, así:

$$c^2 = \int (a^2 + b^2) \cdot dx$$

Pero si se desea, las ecuaciones pueden ser numeradas de forma automática e incluso utilizar referencias cruzadas a ellas:

$$h^2 = b^2 + c^2 \tag{B.1}$$

B.4. FIGURAS

A diferencia de lo que sucede en las tablas, el título de las figuras aparece en la parte inferior de estas. Para la inclusión de las figuras se debe tener en cuenta que su contenido se encuentra en un fichero individual con el formato y resolución apropiados para garantizar la calidad del resultado final.

En esta sección se añaden ejemplos de muestra para la inclusión de figuras simples y otras compuestas de subfiguras mediante el empleo del paquete `subcaption`.



Figura B.1: Fotografía a color (Fuente: J. Salido, CC BY-NC-ND)

Ejemplo de figura compuesta por dos subfiguras incluidas mediante paquete `subcaption`. A través del uso de etiquetas (`\label`) es posible incluir referencias cruzadas a subfiguras como la fotografía en blanco y negro de la Fig. B.2b.



(a) Fotografía a color



(b) Fotografía en blanco y negro

Figura B.2: Ejemplo de inclusión de subfiguras en un mismo entorno (Fuente: J. Salido,)

En los trabajos académicos la inclusión de imágenes y figuras que no son propiedad del autor suscitan bastante controversia, ya que con frecuencia se incumple inadvertidamente la ley vigente de propiedad intelectual. Respecto a este hecho se recomienda, tanto al alumnado como al profesorado encargado de la tutorización, consultar documentación informativa sobre el uso correcto de figuras en documentos académicos [7, 9]. Entre las «*incorrectitudes*» más habituales en los documentos académicos, se observa:

- *Abuso del derecho de cita.* Se produce al incluir, con fines exclusivamente decorativos o ilustrativos de la explicación, una figura sujeta a derechos de uso restringido invocando el derecho de cita (incluso con correcta atribución de la obra).
- *Incorrecta atribución de la obra.* Es habitual confundir al autor de la obra con la fuente de origen de la misma. La fuente es precisa cuando se cita la obra original. Sin embargo, la licencia de muchas obras exige la atribución al autor y la inclusión de la licencia bajo la que se distribuye o hace uso de la misma. Véase como ejemplo cómo se realiza una correcta atribución en las Fig. B.1 y B.2 mencionando al autor y la licencia Creative Commons⁵ bajo la que se rige el uso de la imagen y el mecanismo de título alternativo para que dicha atribución no aparezca en el índice de figuras usando título opcional.
- *Supresión de los detalles de la licencia de uso.* Al incluir obras de terceros debemos tener presente los términos de distribución de la misma e incluirlos junto a la atribución de autoría.

La inclusión de material de *dominio público*, sin restricciones de uso o con permiso, hace innecesaria la atribución al autor, pero se recomienda incluir una nota de agradecimiento.⁶

Cuando se presenta la necesidad de incluir un gráfico demasiado grande para el tamaño de la página, una opción muy apropiada es la impresión del gráfico en modo girado en una página aparte. Este efecto se consigue con el entorno `sidewaysfigure` proporcionado por el paquete `rotating`. La Fig. B.3 muestra un ejemplo del entorno citado con un gráfico PDF.

⁵<https://creativecommons.org>

⁶Incluyendo un texto como: «Por cortesía de ...»

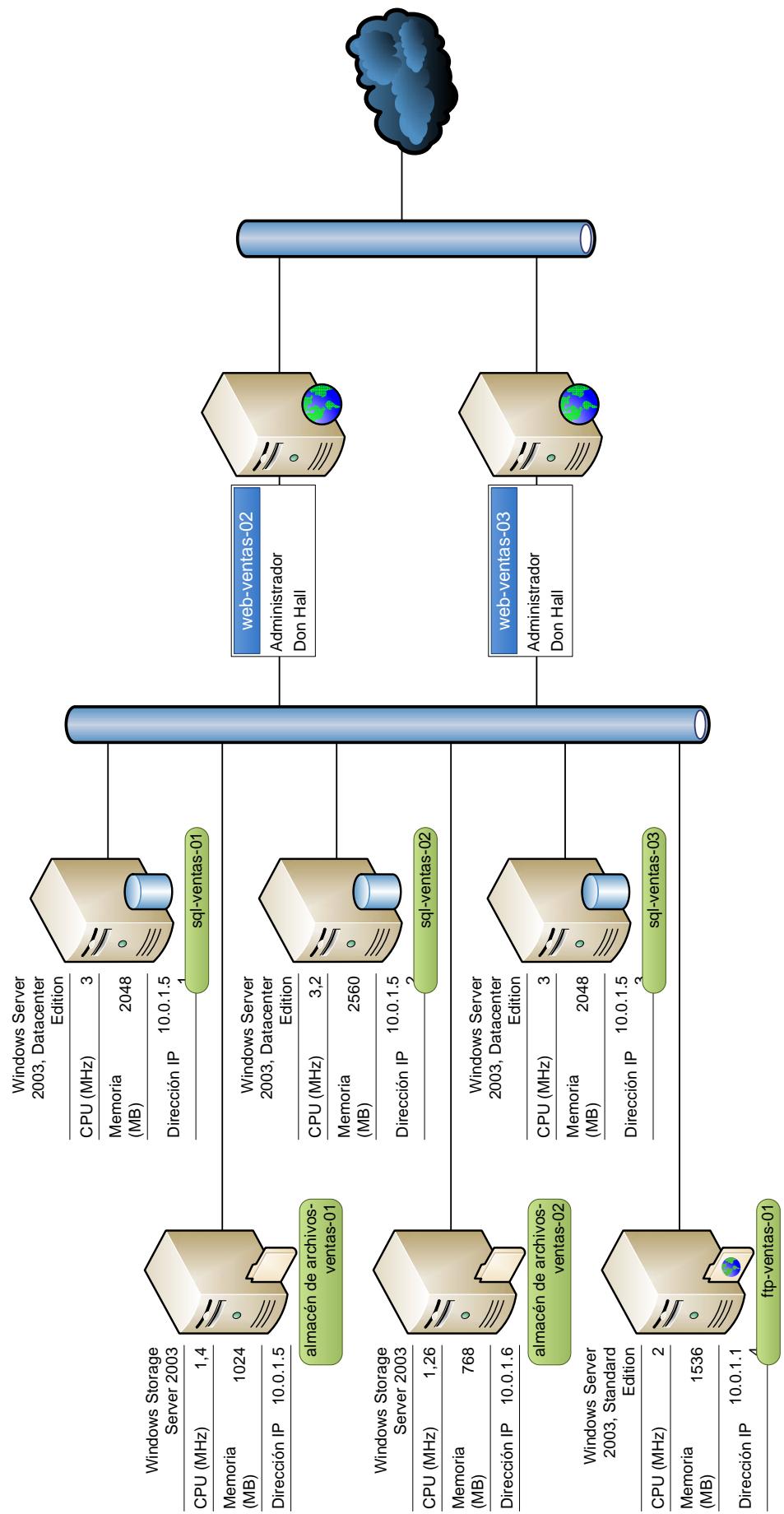


Figura B.3: Figura vectorial con impresión girada

También es posible imprimir una página en formato apaisado cuando contiene una figura muy ancha. Este efecto se consigue con el paquete `pdfescape` y el entorno `landscape` proporcionado. Además, en este caso se han suprimido tanto la cabecera como el pie de página. La figura B.4 se muestra apaisada a modo de ejemplo.

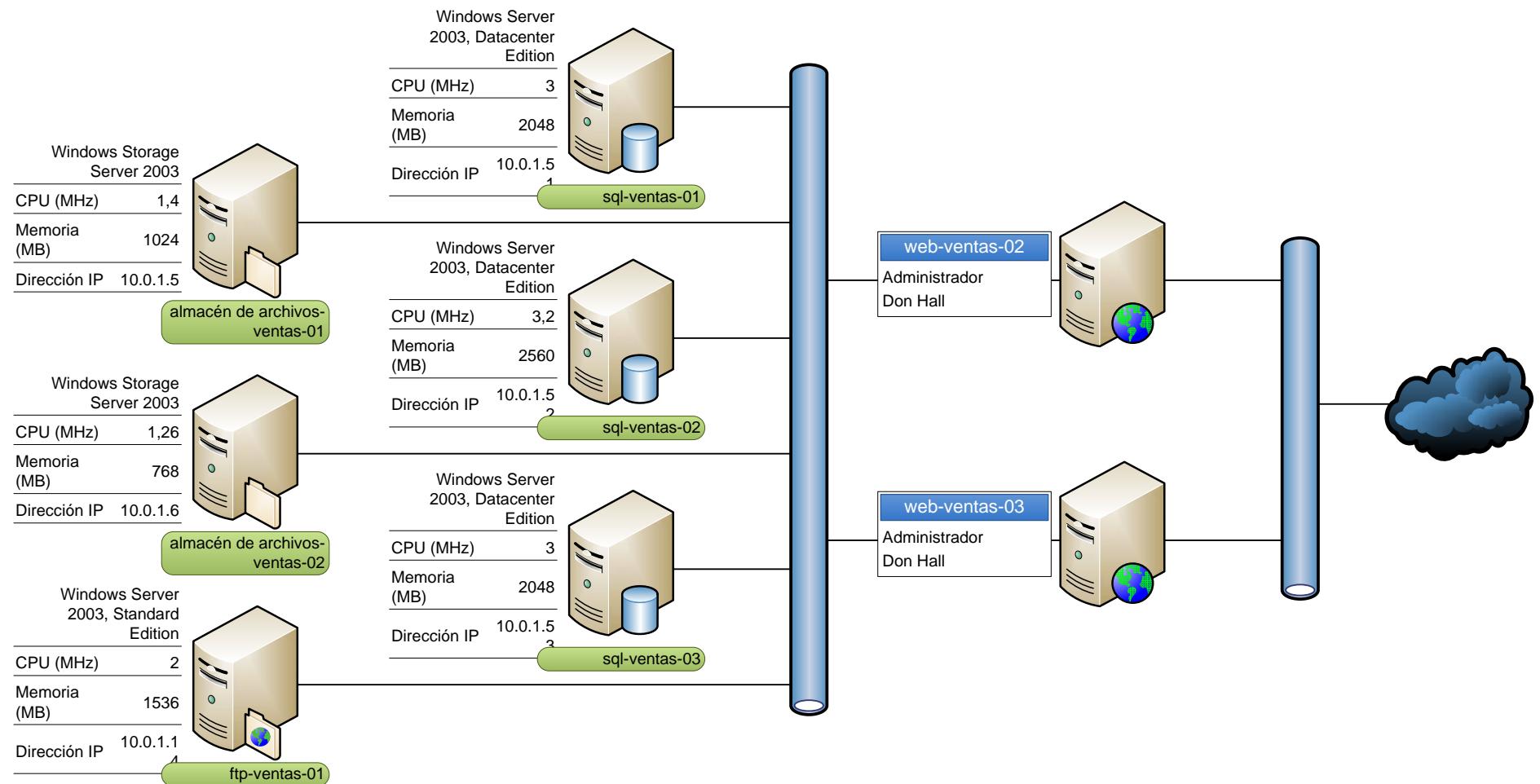


Figura B.4: Figura vectorial con vista en página apaisada

B.5. LISTADOS DE CÓDIGO FUENTE

En los textos científicos relacionados con las TIC⁷ (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) suelen aparecer porciones de código en las que se explica alguna función o característica relevante del trabajo que se expone.

La inclusión de porciones de código fuente se puede formatear de modo sencillo en LATEX mediante el uso del paquete `listings`. A continuación, se muestran varios ejemplos de porciones de código correspondientes a distintos lenguajes de programación.

Listado B.1: Ejemplo de código fuente en lenguaje Java

```

1 // @author www.javadb.com
2 public class Main {
3     // Este método convierte un String a un vector de bytes
4
5     public void convertStringToByteArray() {
6
7         String stringToConvert = "This\u00a9String\u00a9is\u00a915";
8         byte[] theByteArray = stringToConvert.getBytes();
9         System.out.println(theByteArray.length);
10    }
11
12    public static void main(String[] args) {
13        new Main().convertStringToByteArray();
14    }
15 }
```

Listado B.2: Ejemplo de código fuente en lenguaje C

```

1 // Este código se ha incluido tal cual está en el fichero LATEX
2 #include <stdio.h>
3
4 int main(int argc, char* argv[]) {
5     puts("¡Hola\u00a9mundo!");
6 }
```

Listado B.3: Ejemplo de script en Matlab

```

1 function f = fibonacci(n)
2 % FIBONACCI Fibonacci sequence
3 % f = FIBONACCI(n) generates the first n Fibonacci numbers.
4 % Copyright 2014 Cleve Moler
5 % Copyright 2014 The MathWorks, Inc.
6
7 f = zeros(n,1);
8 f(1) = 1;
9 f(2) = 2;
10 for k = 3:n
11     f(k) = f(k-1) + f(k-2);
12 end
```

Algunas veces lo que se quiere ilustrar es un algoritmo o método con el que se resuelve un problema abstrandose del lenguaje de implementación. El paquete `algorithm2e` proporciona un entorno `algorithm` para la impresión apropiada de algoritmos, tratándolos

⁷Por supuesto, en un TFG (Trabajo Fin de Grado) o tesis de un centro superior de Informática.

como objetos flotantes y con mucha flexibilidad de personalización, como se observa en el algoritmo B.1 del ejemplo.

Algoritmo B.1: Cómo escribir algoritmos

```

Datos      :este texto
Resultado:como escribir algoritmos con LATEX2e
1 inicialización;
2 while no es el fin del documento do
3   leer actual;
4   if comprendido then
5     ir a la siguiente sección;
6     la sección actual es esta;
7   else
8     ir al principio de la sección actual;
9   end
10 end
```

B.6. MENÚS, PATHS Y TECLAS CON EL PAQUETE MENUKEYS

Cada vez es más usual que los trabajos en ingeniería exijan el uso de software. Para poder especificar de modo elegante el uso de menús, pulsaciones de teclas y directorios, se recomienda el uso del paquete menukeys.⁸ Este paquete nos permite especificar el acceso a un menú, por ejemplo:

Herramientas >> Órdenes >> PDFLaTeX

También un conjunto de teclas. Por ejemplo: [Ctrl] + [↑] + [T]

O un directorio: └── C: ┏ user ┏ LaTeX ┏ Ejemplos

Aunque este paquete permite muchas opciones de configuración de los estilos aplicados, esto no es necesario para obtener unos resultados muy elegantes.

⁸<https://osl.ugr.es/CTAN/macros/latex/contrib/menukeys/menukeys.pdf>