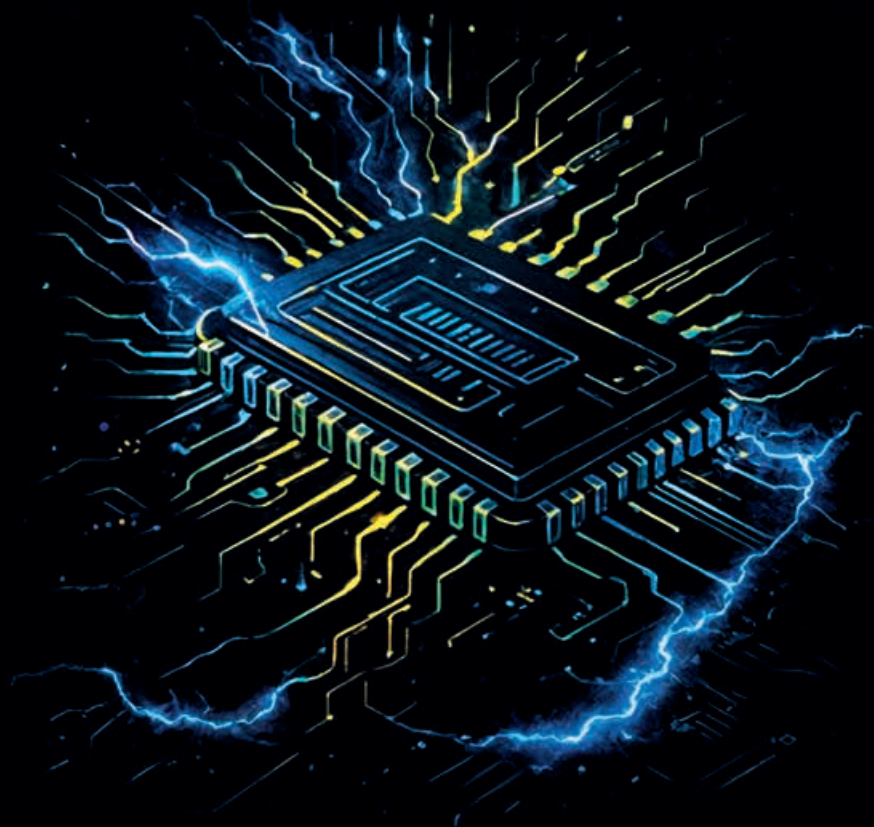


José Manuel Aller Castro

CURSO DE

LATEX

para ingenieros
eléctricos y electrónicos



Universidad Politécnica Salesiana



Este libro presenta una introducción práctica al uso de $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ orientada a estudiantes, docentes y profesionales de la ingeniería eléctrica y electrónica. Su contenido ha sido organizado para facilitar la redacción de informes técnicos, artículos científicos, tesis, guías de laboratorio y documentos académicos con una presentación clara, consistente y profesional. A lo largo del texto se desarrollan ejemplos aplicados al manejo de ecuaciones, matrices, unidades, tablas, figuras, gráficos, algoritmos, circuitos eléctricos y fragmentos de código, utilizando herramientas ampliamente empleadas en el entorno científico y de ingeniería. Además, se incluyen recomendaciones de estilo, buenas prácticas de citación y ejemplos de plantillas en formato profesional, con especial atención al estilo IEEE. El propósito de esta obra es que el lector no solo aprenda la sintaxis básica de $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, sino que pueda integrarla eficazmente en su trabajo académico y profesional, mejorando la calidad formal de sus documentos y fortaleciendo sus competencias de comunicación técnica escrita en el ámbito de la ingeniería.



ISBN-13: 978-9942-52-064-7



9 789942 520647



CURSO DE L^AT_EX
PARA INGENIEROS
ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

CURSO DE L^AT_EX

PARA INGENIEROS

ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

José Manuel Aller Castro



2026

Curso de L^AT_EX para ingenieros eléctricos y electrónicos

José Manuel Aller Castro

Ira edición: Universidad Politécnica Salesiana
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja
Cuenca-Ecuador
P.B.X. (+593 7) 2050000
e-mail: publicaciones@ups.edu.ec
www.ups.edu.ec

CARRERA DE ELECTRICIDAD

Diagramación: Latex de autor

ISBN impreso: 978-9942-52-064-7

ISBN digital: 978-9942-52-065-4

Tiraje: 300 ejemplares

DOI: <https://doi.org/10.17163/abyaups.170>

Impreso en Quito-Ecuador, abril 2026

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

El contenido de este libro es de exclusiva responsabilidad del autor.



Prefacio

Como toda disciplina científica, la ingeniería eléctrica y electrónica se fundamenta en modelos matemáticos, simulaciones y desarrollos tecnológicos sólidos, y se consolida mediante la comunicación rigurosa, clara y coherente del conocimiento que produce.

En el ejercicio profesional contemporáneo, el dominio técnico se potencia y proyecta con solidez cuando se sustenta en una documentación precisa, estructurada y alineada con estándares internacionales. Publicaciones científicas, reportes industriales, memorias técnicas y proyectos de investigación requieren un nivel de formalidad que refleje rigor metodológico y consistencia editorial.

Este libro surge como respuesta a esa necesidad formativa y se configura como una propuesta pedagógica integral destinada a fortalecer las competencias profesionales en documentación técnica dentro de la ingeniería eléctrica y electrónica.

A lo largo de la experiencia docente y de investigación, se ha constatado que uno de los principales vacíos en la formación del ingeniero radica en la transición entre el conocimiento técnico y su expresión formal. Este texto busca cerrar esa brecha, proporcionando herramientas concretas para:

- Redactar matemáticas con precisión tipográfica profesional.
- Construir tablas, gráficos y diagramas con estándares editoriales.
- Elaborar reportes técnicos industriales estructurados.
- Preparar artículos científicos en formato IEEE.
- Organizar proyectos documentales extensos con coherencia estructural.
- Integrar modelo matemático, algoritmo e implementación computacional dentro de un mismo marco documental.

La obra ha sido desarrollada en el marco académico de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, como parte de una estrategia orientada a fortalecer la cultura de documentación técnica rigurosa en la formación de ingenieros.

Su estructura responde a una progresión pedagógica deliberada organizada en cuatro niveles:

-
1. **Fundamentos:** comprensión conceptual del sistema L^AT_EX.
 2. **Documentación Técnica:** herramientas aplicadas a la ingeniería.
 3. **Producción Profesional:** estándares científicos e industriales.
 4. **Proyectos de Gran Escala:** organización estructural avanzada.

Este recorrido permite que el estudiante transite desde el aprendizaje inicial hasta la producción autónoma de documentos técnicos con nivel profesional.

El propósito último de esta obra no es únicamente enseñar un sistema tipográfico, sino contribuir a la formación de ingenieros capaces de comunicar conocimiento con rigor científico, coherencia estructural y responsabilidad académica.

En una disciplina donde la precisión es esencial, la forma también importa.

Dr. José Manuel Aller Castro
Cuenca – Ecuador
Marzo 2026

Índice general

Prefacio	I
I Fundamentos	1
1. Introducción a \LaTeX y Overleaf	3
1.1. ¿Qué es \LaTeX ?	3
1.1.1. Ventajas en ingeniería	4
1.2. Estructura mínima de un documento	4
1.2.1. Clases básicas de documento	4
1.2.2. Opciones comunes en <code>\documentclass</code>	6
1.3. Entorno de trabajo: Overleaf	6
1.4. Documento con título y secciones	7
1.5. Errores comunes	8
1.6. Consulta de documentación oficial	8
1.6.1. CTAN (Repositorio oficial)	8
1.6.2. Uso del comando <code>texdoc</code>	8
1.6.3. Documentación en Overleaf	9
1.7. \LaTeX como sistema documentado	9
1.7.1. Estructura conceptual del sistema	9
1.8. Cómo leer un manual técnico de \LaTeX	9
1.9. Actividad de aplicación	10
2. Matemáticas en ingeniería con \LaTeX	13
2.1. Modo matemático en \LaTeX	13
2.1.1. Modo en línea	14
2.1.2. Modo display	14
2.2. Comandos matemáticos fundamentales en ingeniería	14
2.2.1. Letras griegas frecuentes	15
2.2.2. Funciones matemáticas frecuentes	15
2.2.3. Operadores y notación en ingeniería eléctrica	15
2.3. Entorno <code>equation</code>	16
2.4. Entorno <code>align</code>	17
2.5. Matrices y vectores	17
2.6. Sistemas de ecuaciones	18
2.7. Unidades con <code>siunitx</code>	19
2.8. Herramientas auxiliares para ecuaciones	19

2.9. Actividad de aplicación	20
II Documentación Técnica	23
3. Tablas y figuras técnicas	25
3.1. Estructura básica de una tabla	25
3.2. Tablas profesionales con booktabs	26
3.3. Alineación numérica con siunitx	27
3.4. Inserción de figuras	28
3.5. Posicionamiento de tablas y figuras	29
3.6. Figuras con subfiguras	29
3.6.1. Ejemplo de dos subfiguras lado a lado	30
3.7. Herramientas auxiliares para crear tablas	30
3.7.1. Generadores online (recomendado)	31
3.7.2. Opción alternativa: LyX para editar tablas (WYSIWYG)	32
3.8. Actividad de aplicación	33
4. Gráficos científicos con PGFPlots	35
4.1. Estructura básica de un gráfico	36
4.2. Ejemplo aplicado: señal sinusoidal	36
4.3. Personalización de ejes	37
4.4. Gráficos con múltiples curvas	38
4.5. Gráficos a partir de datos experimentales	39
4.6. Gráfico de barras a partir de datos tabulados	39
4.7. Escalas lineales y logarítmicas	41
4.8. Diagrama de Bode de segundo orden (magnitud y fase)	42
4.9. Buenas prácticas profesionales	44
4.10. Actividad de aplicación	44
5. Diagramas eléctricos con Circuitikz	47
5.1. Estructura básica de Circuitikz	47
5.2. Circuito RLC en serie	48
5.3. Transformador monofásico con polaridad	48
5.4. Circuito equivalente de la máquina de inducción	49
5.5. Puente rectificador monofásico (Graetz)	50
5.6. Sistema de transmisión HVDC	53
5.7. Sistema de transmisión IEEE de 9 barras	54
5.8. Diagramas de bloques	56
5.9. Ejemplo de diagrama de control realimentado	57
5.10. Diagrama de un sistema hidráulico	59
5.11. Principales componentes utilizados en Electricidad	61
5.11.1. Elementos pasivos básicos	61
5.11.2. Dispositivos semiconductores	61
5.11.3. Fuentes y máquinas eléctricas	63
5.12. Buenas prácticas profesionales	63
5.13. Actividad de aplicación	63

6. Diagramas de flujo y algoritmos en ingeniería	65
6.1. Modelo lógico vs. implementación	65
6.2. Importancia en ingeniería eléctrica	66
6.3. Diagramas de flujo	66
6.3.1. Elementos fundamentales	66
6.3.2. Configuración en el preámbulo	66
6.4. Ejemplo práctico: cálculo de potencia trifásica	67
6.4.1. Diagrama de flujo	67
6.4.2. Comandos y estilos principales para diagramas de flujo (TikZ)	68
6.5. Estructuras iterativas	70
6.6. Escritura de algoritmos en pseudocódigo	70
6.6.1. Paquetes recomendados	70
6.6.2. Ejemplo en pseudocódigo	71
6.7. Estructuras básicas en pseudocódigo	71
6.8. Ejemplo iterativo: método de Newton–Raphson	72
6.9. Comparación: diagrama vs. pseudocódigo	75
6.10. Buenas prácticas	75
6.10.1. Flujo típico en proyectos de ingeniería	75
6.11. Implementación y documentación de código fuente	75
6.11.1. Inserción de código con resaltado sintáctico	76
6.12. Actividad de aplicación	78

III Producción Profesional 79

7. Bibliografía profesional con BibTeX	81
7.1. ¿Por qué utilizar BibTeX?	81
7.2. Estructura de un archivo .bib	82
7.3. Uso en el documento principal	82
7.4. Flujo de trabajo en Overleaf	82
7.5. Gestión bibliográfica con JabRef	83
7.6. Ejemplo en estilo IEEE	83
7.7. Tipos de referencias utilizadas en ingeniería eléctrica	83
7.7.1. Libro (@book)	84
7.7.2. Artículo científico (@article)	84
7.7.3. Conferencia (@inproceedings)	84
7.7.4. Tesis doctoral (@phdthesis)	84
7.7.5. Tesis de maestría (@mastersthesis)	85
7.7.6. Trabajo de titulación	85
7.7.7. Reporte técnico (@techreport)	85
7.7.8. Normas y estándares	85
7.7.9. Página web	86
7.7.10. Catálogo técnico de fabricante	86
7.8. Buenas prácticas en gestión bibliográfica	86
7.9. Fuentes científicas vs. fuentes técnicas	86
7.10. Uso del DOI en referencias	87

7.11. Errores frecuentes en BibTeX	87
7.12. Resumen comparativo de tipos de entrada	88
7.13. Flujo profesional real en ingeniería eléctrica	88
7.13.1. Búsqueda en bases de datos especializadas	88
7.13.2. Exportación en formato BibTeX	89
7.13.3. Revisión y normalización	89
7.13.4. Citación en el documento	89
7.13.5. Verificación final	89
7.14. Búsqueda en Scopus	90
7.14.1. Revisión del artículo seleccionado	90
7.14.2. Exportación en formato BibTeX	92
7.14.3. Búsqueda en IEEE Xplore	92
7.14.4. Criterios para evaluar la calidad de un artículo	93
7.15. Actividad de aplicación	93
8. Artículo profesional estilo IEEE	95
8.1. La clase IEEEtran	96
8.1.1. Journal vs. Conference	96
8.2. Estructura mínima de un artículo IEEE	96
8.3. Introducción	97
8.4. Citas en formato IEEE	97
8.4.1. Buenas prácticas de citación	98
8.5. Ejemplo completo: llenado de una plantilla IEEE Journal	98
8.5.1. Código fuente (plantilla llenada) en formato verbatim	98
8.5.2. PDF compilado (resultado final)	102
8.6. Buenas prácticas en artículos IEEE	103
8.6.1. Errores comunes	103
8.7. Actividad de aplicación	103
9. Reporte técnico industrial	105
9.1. ¿Cuándo utilizar la clase report?	105
9.2. Estructura básica de un reporte técnico	106
9.3. Estructura recomendada en ingeniería eléctrica	106
9.4. Portada técnica personalizada	107
9.5. Numeración y referencias internas	107
9.6. Trazabilidad y reproducibilidad	107
9.7. Actividad de aplicación	108
10. Presentaciones profesionales con beamer	109
10.1. ¿Por qué utilizar Beamer?	109
10.2. Estructura básica de una presentación	110
10.3. Estructura recomendada en ingeniería	110
10.4. Ecuaciones en Beamer	110
10.5. Inserción de gráficos y diagramas	111
10.6. Uso de bloques informativos	111
10.7. Ejemplo completo: presentación mínima (4 diapositivas)	111
10.8. Resultado visual de la presentación Beamer	113

10.9. Temas y fondos en Beamer	114
10.9.1. Temas Beamer más utilizados	114
10.9.2. Temas de color (colortheme)	115
10.9.3. Cambiar el fondo de las diapositivas	115
10.10. Aparición progresiva de ítems y transiciones (overlays)	116
10.10.1. Método 1: <code>\pause</code> (el más simple)	116
10.10.2. Método 2: <code><+></code> (recomendado para listas)	117
10.10.3. Método 3: Control exacto con <code><n-></code>	117
10.10.4. Texto y ecuaciones que aparecen después	117
10.10.5. Diferencias: <code>\only</code> , <code>\uncover</code> y <code>\visible</code>	118
10.10.6. Resaltar ítems conforme aparecen (<code>\alert</code>)	118
10.10.7. Construcción progresiva de un circuito (overlay con <code>Circuitikz</code>)	118
10.10.8. Recomendaciones prácticas	119
10.11. Buenas prácticas en presentaciones técnicas	119
10.12. Actividad de aplicación	119
IV Proyectos de Gran Escala	121
11. Organización de proyectos grandes	123
11.1. Modularización del proyecto	123
11.2. Diferencia entre <code>\input</code> e <code>\include</code>	124
11.3. Uso de apéndices	124
11.4. Gestión de figuras y recursos	124
11.5. Coherencia estructural	125
11.6. Preparación para impresión	125
11.7. Actividad de aplicación	125
Conclusión General	127
El preámbulo del libro explicado	131
Sobre el autor	139

Parte I
Fundamentos

Capítulo 1

Introducción a \LaTeX y Overleaf

Propósito del Capítulo

Este capítulo introduce al lector en el uso de \LaTeX como herramienta profesional de documentación técnica en ingeniería eléctrica y electrónica. Aunque los conceptos presentados pueden aplicarse a otras áreas científicas, el enfoque estará orientado a la producción de documentos técnicos propios del ámbito eléctrico.

Se presentan los fundamentos conceptuales del sistema, así como el uso de Overleaf <https://www.overleaf.com> como entorno colaborativo de trabajo en línea.

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Comprender qué es \LaTeX y cómo funciona.
- Diferenciar entre un procesador de texto tradicional y un sistema de composición tipográfica.
- Identificar la estructura mínima de un documento.
- Seleccionar adecuadamente la clase de documento.
- Compilar correctamente un documento básico.

1.1. ¿Qué es \LaTeX ?

\LaTeX es un sistema de composición tipográfica basado en TeX. A diferencia de los procesadores de texto tradicionales, en \LaTeX el autor describe la estructura lógica del documento y el compilador se encarga automáticamente del formato.

En lugar de indicar “poner en negrita”, el autor declara que cierto texto es una sección, una ecuación o una figura. Esta separación entre contenido y formato es una de las principales fortalezas del sistema.

1.1.1. Ventajas en ingeniería

En el ámbito de la ingeniería eléctrica y electrónica, L^AT_EX ofrece ventajas fundamentales:

- Manejo avanzado de ecuaciones matemáticas.
- Numeración automática de secciones, ecuaciones y figuras.
- Referencias cruzadas consistentes.
- Estabilidad en documentos extensos.
- Compatibilidad con estándares internacionales (IEEE).

1.2. Estructura mínima de un documento

Todo documento en L^AT_EX posee una estructura básica compuesta por una clase de documento y un entorno principal.

```
\documentclass{article}
\begin{document}
Hola mundo
\end{document}
```

Los elementos principales son:

- `\documentclass`: define el tipo de documento.
- `\begin{document}`: inicio del contenido.
- `\end{document}`: fin del contenido.

1.2.1. Clases básicas de documento

La instrucción `\documentclass{...}` determina la estructura general del documento. Las clases más utilizadas en ingeniería son:

1. article

Uso: artículos científicos, informes cortos, prácticas de laboratorio, trabajos académicos.

```
\documentclass[12pt,a4paper]{article}
```

Opciones comunes:

- 10pt, 11pt, 12pt (tamaño de letra)
- a4paper, letterpaper (tamaño de papel)
- twocolumn (doble columna)

Es la clase más utilizada para documentos técnicos breves.

2. report

Uso: reportes técnicos extensos, proyectos finales, estudios de factibilidad.

```
\documentclass[12pt,a4paper]{report}
```

Permite el uso de capítulos (`\chapter`).

Es adecuada para documentación técnica industrial.

3. book

Uso: libros, tesis doctorales, manuales institucionales.

```
\documentclass[12pt,a4paper,twoside]{book}
```

Opciones frecuentes:

- twoside (impresión a doble cara)
- openright (capítulos inician en página impar)

Es la clase más estructurada y completa.

4. beamer

Uso: presentaciones académicas y técnicas.

```
\documentclass{beamer}
```

Permite crear diapositivas mediante el entorno `frame`.

Ejemplo:

```
\begin{frame}{Título}
Contenido
\end{frame}
```

5. letter

Uso: cartas formales, comunicaciones institucionales.

```
\documentclass{letter}
```

Permite estructurar cartas con remitente, destinatario y firma.

Tabla 1.1: Comparación de clases básicas de documento

Clase	Uso principal	Permite capítulos
article	Artículos e informes cortos	No
report	Reportes técnicos	Sí
book	Libros y tesis	Sí
beamer	Presentaciones	No aplica
letter	Cartas formales	No

1.2.2. Opciones comunes en `\documentclass`

Las opciones modifican el comportamiento global del documento antes de cargar cualquier paquete adicional.

Tabla 1.2: Opciones frecuentes en `\documentclass`

Opción	Ejemplo	Funcionalidad
10pt / 11pt / 12pt	12pt	Tamaño base de fuente
a4paper / letterpaper	a4paper	Tamaño del papel
twocolumn	twocolumn	Formato a doble columna
twoside	twoside	Impresión a doble cara
oneside	oneside	Impresión a una cara
openright	openright	Capítulos inician en página impar
openany	openany	Capítulos pueden iniciar en cualquier página
draft	draft	Marca overfull boxes y omite imágenes
final	final	Modo final de compilación
fleqn	fleqn	Ecuaciones alineadas a la izquierda
leqno	leqno	Numeración de ecuaciones a la izquierda

Ejemplo de uso:

```
\documentclass[12pt,a4paper,twoside,openright]{book}
```

La combinación adecuada de opciones depende del tipo de documento, el formato de impresión y los requerimientos institucionales. Cada tipo de documento admite algunas de estas opciones, lo cual puede ser consultado en los manuales correspondientes

1.3. Entorno de trabajo: Overleaf

Aunque L^AT_EX puede instalarse localmente mediante distribuciones como TeX Live o MiKTeX, en este curso utilizaremos Overleaf, una plataforma en línea que permite editar y compilar documentos sin instalación previa.

El flujo básico de trabajo es:

1. Crear una cuenta en Overleaf Fig 1.1.
2. Iniciar un proyecto nuevo.
3. Editar el archivo principal.
4. Compilar para generar el PDF.

Overleaf facilita la colaboración en tiempo real y el control de versiones, lo cual resulta especialmente útil en proyectos académicos y de investigación.

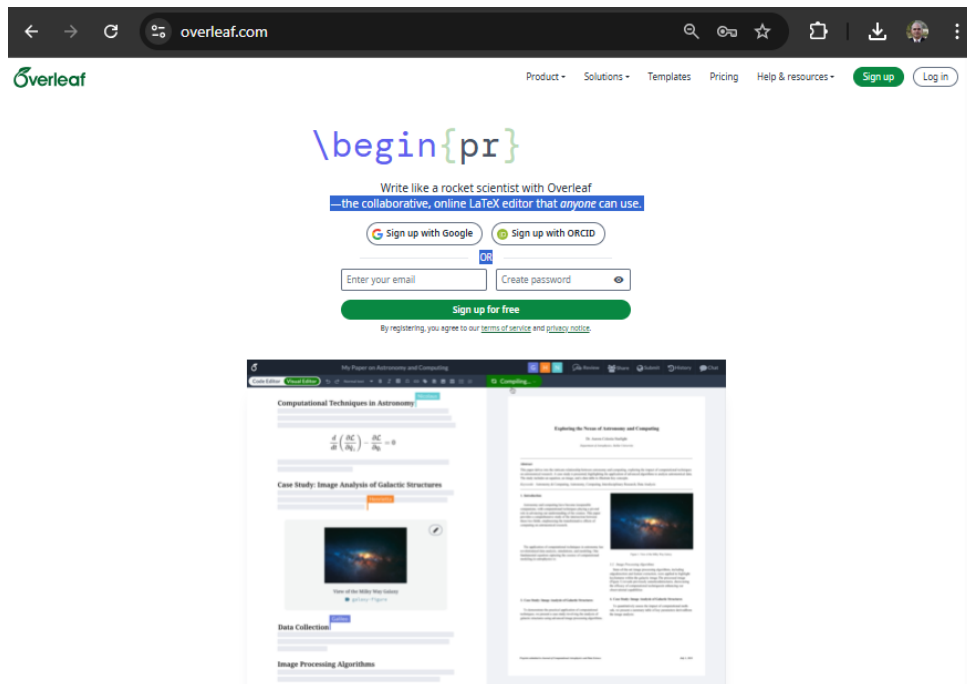


Figura 1.1: Página de entrada y registro de la aplicación en línea Overleaf

1.4. Documento con título y secciones

Un documento técnico básico puede estructurarse de la siguiente manera:

```
\documentclass{article}

\title{Análisis Básico de Circuitos}
\author{Nombre del Estudiante}
\date{\today}

\begin{document}

\maketitle

\section{Introducción}
Texto introductorio.

\section{Desarrollo}
Contenido técnico.

\subsection{Análisis}
Detalle del análisis técnico.

\section{Conclusión}
Resultados finales.

\end{document}
```

L^AT_EX genera automáticamente el formato profesional, numeración y estructura.

1.5. Errores comunes

En las primeras etapas de aprendizaje, los errores más frecuentes incluyen:

- Olvidar cerrar llaves {}.
- Escribir incorrectamente un comando.
- No cerrar un entorno iniciado con `\begin`.

La lectura cuidadosa del mensaje de error es parte fundamental del proceso formativo.

1.6. Consulta de documentación oficial

Cada clase de documento en L^AT_EX posee documentación oficial que describe sus opciones disponibles, comandos específicos y estructura interna. Consultar estas fuentes es parte del trabajo profesional cuando se desarrollan documentos técnicos complejos.

1.6.1. CTAN (Repositorio oficial)

El **Comprehensive TeX Archive Network (CTAN)** es el repositorio oficial de paquetes y clases de L^AT_EX.

- Dirección principal: <https://ctan.org>
- Clase `article`: <https://ctan.org/pkg/article>
- Clase `report`: incluida en el núcleo de L^AT_EX
- Clase `book`: incluida en el núcleo de L^AT_EX
- Clase `beamer`: <https://ctan.org/pkg/beamer>
- Clase `letter`: incluida en el núcleo de L^AT_EX
- Clase `IEEEtran`: <https://ctan.org/pkg/ieeetran>

En cada página de CTAN puede descargarse el manual en formato PDF.

1.6.2. Uso del comando `texdoc`

En sistemas con distribución TeX instalada (TeX Live o MiKTeX), puede consultarse la documentación directamente desde la terminal:

```
texdoc article
texdoc report
texdoc book
texdoc beamer
texdoc IEEEtran
```

Este comando abre el manual correspondiente en formato PDF.

1.6.3. Documentación en Overleaf

En el entorno Overleaf puede consultarse documentación en:

- <https://www.overleaf.com/learn>

Aunque es útil para principiantes, para proyectos profesionales se recomienda consultar siempre el manual oficial de la clase o paquete.

1.7. \LaTeX como sistema documentado

\LaTeX no es únicamente un editor de texto; es un sistema tipográfico completo y extensible. Su estructura puede entenderse en tres niveles:

- **Clase:** define la estructura global del documento (por ejemplo, `article`, `book`, `beamer`).
- **Opciones:** modifican el comportamiento general (por ejemplo, tamaño de papel o tipografía base).
- **Paquetes:** añaden funcionalidades específicas (gráficos, ecuaciones, bibliografía, etc.).

El documento final es el resultado de la interacción entre estos tres niveles.

1.7.1. Estructura conceptual del sistema

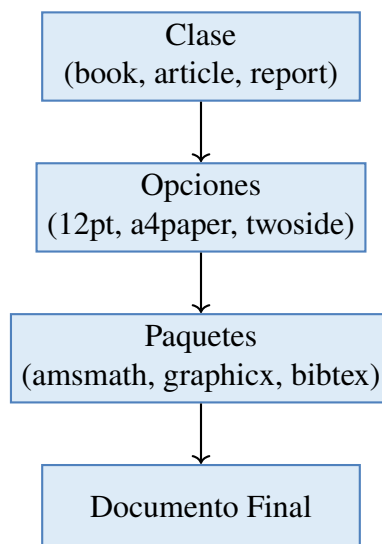


Figura 1.2: Interacción entre clase, opciones y paquetes en \LaTeX .

1.8. Cómo leer un manual técnico de \LaTeX

La documentación oficial suele estructurarse en:

- Descripción general de la clase o paquete.

- Lista de opciones disponibles.
- Comandos definidos.
- Ejemplos de uso.
- Advertencias y limitaciones.

Se recomienda:

- Leer primero la sección de opciones.
- Identificar ejemplos mínimos funcionales.
- No modificar comandos internos sin comprender su función.
- Buscar siempre en la documentación antes de redefinir un entorno.

El dominio de la documentación técnica es una competencia clave para el ingeniero moderno.

1.9. Actividad de aplicación

Ejercicio 1

Crear un documento titulado:

Importancia de la Documentación Técnica en Ingeniería Eléctrica

Debe incluir:

- Cuatro secciones.
- Una subsección.
- Al menos una página de contenido.

Exploración adicional

Investigar las diferencias entre las clases:

- `article`
- `report`
- `book`

Explorar plantillas disponibles en Overleaf.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Comprensión del funcionamiento lógico del sistema LaTeX.
- Identificación de clases de documento según propósito técnico.
- Configuración básica de estructura documental.
- Uso profesional del entorno Overleaf.
- Lectura e interpretación de documentación oficial.

Cierre del capítulo

En este capítulo se introdujeron los fundamentos conceptuales de L^AT_EX y el entorno Overleaf.

En el siguiente capítulo se introducirá la escritura matemática profesional, elemento central en la documentación técnica en ingeniería.

Capítulo 2

Matemáticas en ingeniería con L^AT_EX

Propósito del capítulo

La escritura matemática es uno de los pilares fundamentales de la documentación técnica en ingeniería. Este capítulo desarrolla el uso profesional del modo matemático en L^AT_EX, incluyendo ecuaciones numeradas, sistemas, matrices y manejo correcto de unidades físicas.

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Escribir ecuaciones correctamente formateadas.
- Utilizar entornos matemáticos numerados y alineados.
- Representar matrices y vectores.
- Expresar sistemas de ecuaciones diferenciales.
- Emplear correctamente unidades técnicas mediante `siunitx`.
- Referenciar ecuaciones dentro del documento.

2.1. Modo matemático en L^AT_EX

El modo matemático en L^AT_EX requiere el siguiente preámbulo en el documento:

```
\usepackage{amsmath} % fundamental para ecuaciones
\usepackage{amssymb} % símbolos matemáticos adicionales
\usepackage{bm}      % Para negritas matemáticas adicionales
```

Existen dos formas principales de escribir matemáticas:

2.1.1. Modo en línea

Se utiliza dentro del texto:

La potencia es $P = VI$.

Resultado:

La potencia es $P = VI$.

2.1.2. Modo display

Para ecuaciones destacadas:

```
\[
P = VI \cos\phi
\]
```

Resultado:

$$P = VI \cos \phi$$

2.2. Comandos matemáticos fundamentales en ingeniería

Antes de estudiar entornos avanzados, es importante dominar los comandos básicos más utilizados en ingeniería eléctrica.

Tabla 2.1: Comandos matemáticos frecuentes

Concepto	Código	Resultado
Fracción	<code>\frac{a}{b}</code>	$\frac{a}{b}$
Raíz	<code>\sqrt{x}</code>	\sqrt{x}
Potencia	<code>x^2, x^{n+1}</code>	x^2, x^{n+1}
Subíndice	<code>V_L, I_{rms}</code>	V_L, I_{rms}
Sumatoria	<code>\sum_{k=1}^N x_k</code>	$\sum_{k=1}^N x_k$
Integral	<code>\int_a^b f(x)\,dx</code>	$\int_a^b f(x) dx$
Derivada	<code>\frac{di}{dt}</code>	$\frac{di}{dt}$
Derivada parcial	<code>\partial f</code>	∂f
Aproximación	<code>\approx</code>	\approx
Proporcional	<code>\propto</code>	\propto
Gradiente	<code>\nabla f</code>	∇f
Vector (negrita)	<code>\mathbf{I}</code>	\mathbf{I}
Fasor	<code>\overline{V}, V\angle\phi</code>	$\overline{V}, V\angle\phi$

2.2.1. Letras griegas frecuentes

En la Tabla 2.2 se incluyen las principales letras griegas que se utilizan habitualmente en reportes, artículos y proyecto de ingeniería eléctrica y electrónica.

Tabla 2.2: Letras griegas comunes en ingeniería eléctrica

Código	Resultado	Código	Resultado
<code>\alpha</code>	α	<code>\beta</code>	β
<code>\gamma</code>	γ	<code>\delta</code>	δ
<code>\eta</code>	η	<code>\phi</code>	ϕ
<code>\varphi</code>	φ	<code>\pi</code>	π
<code>\rho</code>	ρ	<code>\lambda</code>	λ
<code>\mu</code>	μ	<code>\epsilon</code>	ϵ
<code>\tau</code>	τ	<code>\chi</code>	χ
<code>\varepsilon</code>	ε	<code>\omega</code>	ω
<code>\Gamma</code>	Γ	<code>\Omega</code>	Ω

2.2.2. Funciones matemáticas frecuentes

Las principales funciones matemáticas utilizadas en ingeniería se resumen en la Tabla 2.3

Tabla 2.3: Funciones matemáticas comunes (código y resultado)

Código	Resultado	Código	Resultado
<code>\sin(x)</code>	$\sin(x)$	<code>\cos(x)</code>	$\cos(x)$
<code>\tan(x)</code>	$\tan(x)$	<code>\cot(x)</code>	$\cot(x)$
<code>\arcsin(x)</code>	$\arcsin(x)$	<code>\arccos(x)</code>	$\arccos(x)$
<code>\arctan(x)</code>	$\arctan(x)$	<code>\sinh(x)</code>	$\sinh(x)$
<code>\cosh(x)</code>	$\cosh(x)$	<code>\tanh(x)</code>	$\tanh(x)$
<code>\exp(x)</code>	$\exp(x)$	<code>e^{x}</code>	e^x
<code>\ln(x)</code>	$\ln(x)$	<code>\log(x)</code>	$\log(x)$
<code>\log_{10}(x)</code>	$\log_{10}(x)$	<code>\log_b(x)</code>	$\log_b(x)$
<code>\sign(x)</code>	$\text{sign}(x)$	<code>\min(x,y)</code>	$\min(x,y)$
<code>\max(x,y)</code>	$\max(x,y)$	<code>\lim_{x \to 0} f(x)</code>	$\lim_{x \rightarrow 0} f(x)$
<code>\sum_{k=1}^N x_k</code>	$\sum_{k=1}^N x_k$	<code>\int_a^b f(x) dx</code>	$\int_a^b f(x) dx$

2.2.3. Operadores y notación en ingeniería eléctrica

Los principales operadores y la notación utilizada en electricidad y electrónica se han resumido en la Tabla 2.4

Tabla 2.4: Operadores y notación frecuentes en ingeniería eléctrica

Código	Resultado
<code>\Re\{Z\}</code>	$\Re\{Z\}$
<code>\Im\{Z\}</code>	$\Im\{Z\}$
<code>Z^*</code>	Z^*
<code>\overline{Z}</code>	\bar{Z}
<code>V\angle\phi</code>	$V\angle\phi$
<code>\arg(Z)</code>	$\arg(Z)$
<code>\mathbf{E}</code>	E
<code>\mathbf{H}</code>	H
<code>\nabla \cdot \mathbf{E}</code>	$\nabla \cdot \mathbf{E}$
<code>\nabla \times \mathbf{H}</code>	$\nabla \times \mathbf{H}$
<code>\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}</code>	$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$
<code>\mathbf{A} \times \mathbf{B}</code>	$\mathbf{A} \times \mathbf{B}$
<code>\j\omega L</code>	$j\omega L$
<code>e^{\j\omega t}</code>	$e^{j\omega t}$
<code>S = P + \j\omega Q</code>	$S = P + jQ$
<code>S = VI^*</code>	$S = VI^*$

2.3. Entorno equation

El entorno `equation` permite numeración automática:

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi \quad (2.1)$$

Las ecuaciones pueden referenciarse dentro del texto:

Como se muestra en la ecuación (2.1), la potencia trifásica depende del ángulo de desfase.

Es muy común en ingeniería y otras ciencias utilizar una descripción después de la ecuación.

Este es el entorno utilizado en este caso:

```
\begin{equation}
P = \sqrt{3}, V_L I_L \cos\phi
\label{eq:potencia-trifasica}
\end{equation}
\noindent donde:
\begin{description}
\item[P] es la potencia activa,
\item[V_L] es el voltaje en la carga,
\item[I_L] es la corriente en la carga, y
\item[\cos\phi] es el factor de potencia
\end{description}
```

Resultado:

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi \quad (2.2)$$

donde:

P es la potencia activa,

V_L es el voltaje en la carga,

I_L es la corriente en la carga, y

$\cos \phi$ es el factor de potencia

Cuando se quiere referenciar una ecuación es conveniente utilizar el comando:

```
\eqref{eq:potencia-trifasica},
```

esto automáticamente incluye los paréntesis en el llamado a esta ecuación y el resultado queda como se muestra: (2.1).

2.4. Entorno align

Para múltiples ecuaciones alineadas:

```
\begin{align}
v(t) &= V_m \sin(\omega t) \\
i(t) &= I_m \sin(\omega t - \phi)
\end{align}
```

Resultado:

$$v(t) = V_m \sin(\omega t) \quad (2.3)$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t - \phi) \quad (2.4)$$

Este entorno resulta especialmente útil en el desarrollo de modelos dinámicos.

2.5. Matrices y vectores

Las matrices se construyen mediante entornos como `bmatrix`:

```
\[
Z =
\begin{bmatrix}
Z_{11} & Z_{12} \\
Z_{21} & Z_{22}
\end{bmatrix}
\]
```

Resultado:

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$$

Un vector columna puede representarse como:

```
\[
\mathbf{I} =
\begin{bmatrix}
I_a \\
I_b \\
I_c
\end{bmatrix}
\]
```

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

Nota sobre notación vectorial

En ingeniería eléctrica es común representar vectores en negrita (\mathbf{v}) y fasores colocando una barra superior (\overline{V}) o mediante notación angular ($V \angle \phi$). Lo fundamental es mantener coherencia a lo largo del documento.

2.6. Sistemas de ecuaciones

Para sistemas acoplados puede utilizarse el entorno cases:

```
\[
\begin{cases}
v = Ri + L \frac{di}{dt} \\
e = -N \frac{d\Phi}{dt}
\end{cases}
\]
```

Resultado:

$$\begin{cases} v = Ri + L \frac{di}{dt} \\ e = -N \frac{d\Phi}{dt} \end{cases}$$

Este tipo de representación es frecuente en modelado de máquinas eléctricas.

2.7. Unidades con siunitx

El paquete `siunitx` permite expresar unidades con formato correcto:

```
\[
\SI{10}{\kilo\watt}
\quad
\SI{13.8}{\kilo\volt}
\quad
\SI{50}{\hertz}
\]
```

Resultado:

10 kW 13.8 kV 50 Hz

```
\[
P = \SI{10}{\kilo\watt}
\quad
V = \SI{13.8}{\kilo\volt}
\quad
f = \SI{50}{\hertz}
\]
```

Resultado:

$P = 10 \text{ kW}$ $V = 13.8 \text{ kV}$ $f = 50 \text{ Hz}$

Este paquete garantiza coherencia tipográfica y cumplimiento de estándares internacionales. Para poder utilizarlo es necesario incluir en el preámbulo del documento:

```
\usepackage{siunitx}
```

2.8. Herramientas auxiliares para ecuaciones

Durante las primeras etapas de aprendizaje pueden utilizarse herramientas que permiten generar código L^AT_EX a partir de una interfaz visual. Algunas opciones libres incluyen:

- CodeCogs Equation Editor — <https://editor.codecogs.com/>, ilustrado en la Fig. 2.1
- LaTeX Editor Lagrida — <https://latexeditor.lagrida.com/>. Este editor en línea se muestra en la Fig. 2.2.
- Mathcha — <https://www.mathcha.io>
- LyX — Es mucho más que un editor de ecuaciones, es un entorno completo para la escritura WYSIWYG, que permite compilar en L^AT_EX y exportar partes del código autogenerado a Overleaf. En la Fig. 2.3, se muestra la página web donde se puede descargar esta herramienta gratuita y muy poderosa <https://www.lyx.org>

Estas herramientas pueden facilitar la transición inicial, pero el dominio profesional exige escribir directamente en código L^AT_EX



Equation Editor for online mathematics

- delivering thousands of beautiful equations every second -

The World's most popular online equation editor using [LaTeX markup](#). The [Editor API](#) allows seamless integration and customisation within websites, to deliver mathematics across the web and mobile platforms.

Define equation with [LaTeX markup](#). <Tab> or <Ctrl+ arrows keys> to jump between brackets and matrix elements.

$$v_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} I_j$$

Figura 2.1: Editor de ecuaciones en L^AT_EX <https://editor.codecogs.com/>

2.9. Actividad de aplicación

Ejercicio

Construir un documento que incluya:

- Una ecuación numerada de potencia trifásica.
- Un sistema de ecuaciones diferenciales.
- Una matriz 3×3 .
- Tres expresiones con unidades usando `siunitx`.

Trabajo autónomo

Desarrollar un mini-reporte técnico que incluya:

- Modelo matemático de un circuito RLC.
- Derivación breve de la ecuación diferencial.
- Representación matricial del sistema.
- Referencias cruzadas correctas a ecuaciones.

Extensión mínima sugerida: dos páginas.

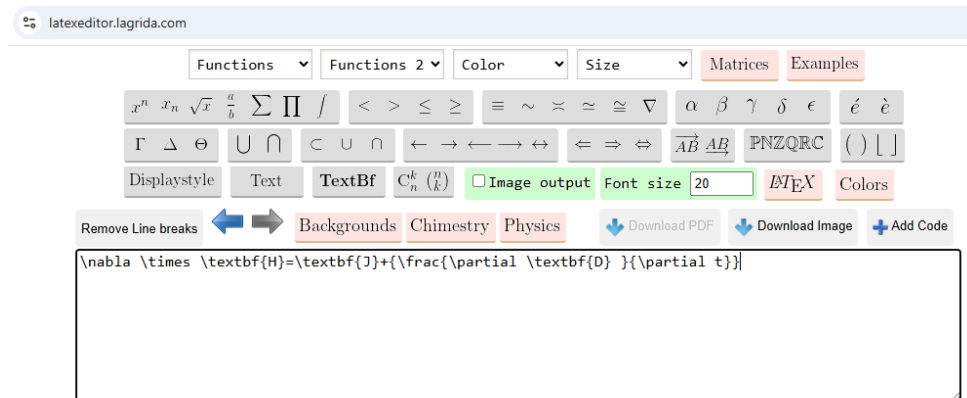


Figura 2.2: Editor de ecuaciones en \LaTeX <https://latexeditor.lagrida.com/>

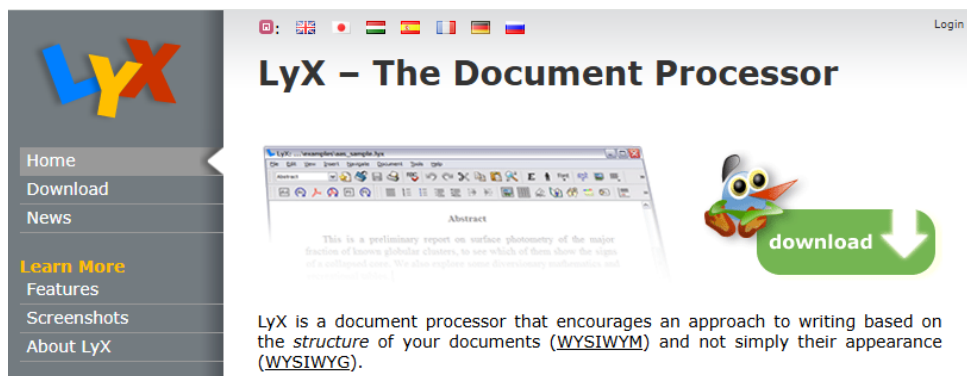


Figura 2.3: Entorno WYSIWYG que produce documentos en \LaTeX y permite exportar código de ecuaciones y tablas para exportarlo a Overleaf <https://www.lyx.org/Home>

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Escritura matemática profesional.
- Referenciación cruzada de ecuaciones.
- Uso correcto de unidades técnicas con siunitx.
- Estructuración lógica de desarrollos matemáticos.
- Representación matricial y modelado formal.

Cierre del capítulo

En este capítulo se desarrolló la escritura matemática profesional en \LaTeX , incluyendo ecuaciones numeradas, matrices, sistemas y unidades técnicas.

En el siguiente capítulo se abordará la construcción de tablas y figuras técnicas con estándares editoriales profesionales.

Parte II

Documentación Técnica

Capítulo 3

Tablas y figuras técnicas

Propósito del capítulo

La presentación clara de datos numéricos y gráficos es esencial en la documentación técnica en ingeniería. Este capítulo desarrolla la construcción profesional de tablas y figuras en \LaTeX , siguiendo estándares editoriales comunes en publicaciones científicas e informes técnicos.

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Construir tablas técnicas con formato profesional.
- Utilizar correctamente los entornos `table` y `tabular`.
- Aplicar el paquete `booktabs`.
- Insertar figuras con formato adecuado.
- Crear referencias cruzadas correctas.
- Construir figuras con subfiguras (a), (b).

3.1. Estructura básica de una tabla

Una tabla se construye con dos entornos:

- `table`: gestiona el flotante, el título (`caption`) y la etiqueta (`label`).
- `tabular`: define la estructura de filas y columnas.

Ejemplo mínimo:

```
\begin{table}[H]
\centering
\caption{Parámetros eléctricos\label{tab:Parametros}}
\begin{tabular}{ccc}
```

```
V & I & P \\
\SI{220}{\volt} & \SI{10}{\amp} & \SI{2200}{\watt} \\
\end{tabular}
\end{table}
```

Resultado:

Tabla 3.1: Parámetros eléctricos

V	I	P
220 V	10 A	2200 W

Tipos de columnas en tabular

Las columnas más comunes son:

- l: alineación a la izquierda
- c: centrado
- r: alineación a la derecha
- p{ancho}: columna con ancho fijo y texto en párrafo (útil para descripciones)

Ejemplo:

```
\begin{tabular}{l c r p{5cm}}
...
\end{tabular}
```

3.2. Tablas profesionales con booktabs

En documentación técnica se recomienda utilizar el paquete `booktabs`, que produce tablas más limpias y profesionales. Se evita el uso de líneas verticales y se utilizan reglas horizontales consistentes.

Ejemplo:

```
\begin{table}[H]
\centering
\caption{Datos del transformador}
\label{tab:transformador}
\begin{tabular}{ccc}
\toprule
Potencia & Voltaje & Frecuencia \\
\midrule
10 kVA & 13.8 kV & 60 Hz \\
\bottomrule
\end{tabular}
\end{table}
```

Resultado:

Tabla 3.2: Datos del transformador

Potencia	Voltaje	Frecuencia
10 kVA	13.8 kV	60 Hz

Como se observa en la Tabla 3.2, la información se presenta sin líneas verticales innecesarias.

Buenas prácticas editoriales

- Evitar líneas verticales.
- Utilizar `\toprule`, `\midrule` y `\bottomrule`.
- Mantener encabezados claros y concisos.
- Alinear adecuadamente valores numéricos.

3.3. Alineación numérica con `siunitx`

Para tablas con datos numéricos es recomendable usar el tipo de columna `S` del paquete `siunitx`, que permite alineación decimal automática.

Ejemplo:

```
\begin{table}[H]
\centering
\caption{Valores eléctricos}
\label{tab:valores_siunitx}
\begin{tabular}{S S}
\toprule
{Voltaje (kV)} & {Corriente (A)} \\
\midrule
13.8 & 250 \\
34.5 & 120 \\
\bottomrule
\end{tabular}
\end{table}
```

Tabla 3.3: Valores eléctricos

Voltaje (kV)	Corriente (A)
13.8	250
34.5	120

Este método mejora la legibilidad y el aspecto profesional de las tablas.

3.4. Inserción de figuras

Las figuras se incorporan mediante el entorno `figure`:

```
\begin{figure}[htbp]
\centering
\includegraphics[width=0.6\textwidth]{figuras/mi_figura.png}
\caption{Esquema del sistema}
\label{fig:sistema}
\end{figure}
```

Ejemplo que compila siempre (sin archivo externo)

Para evitar errores cuando una imagen aún no está disponible, se puede usar un marco temporal (placeholder) durante la edición:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\fbx{\parbox[c][4cm][c]{0.75\textwidth}{\centering
\textbf{Placeholder de figura}}\
(Reemplace por \texttt{\textbackslash includegraphics} cuando tenga la imagen)
}}
\caption{Ejemplo de inserción de una figura en el texto (placeholder)}
\label{fig:sistema}
\end{figure}
```

Resultado:

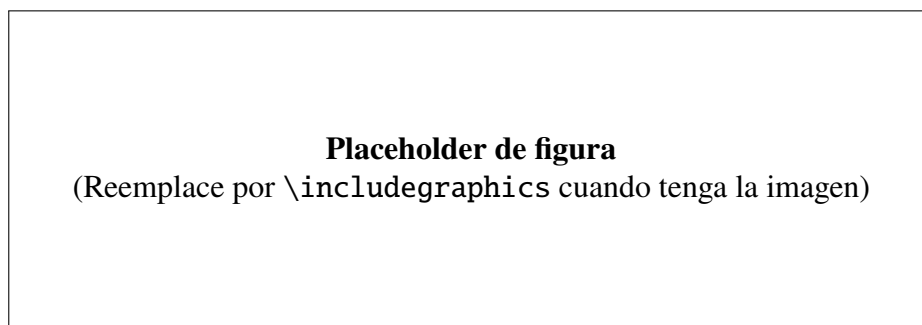


Figura 3.1: Ejemplo de inserción de una figura en el texto (placeholder)

En el texto se referencian como:

Como se observa en la Figura 3.1, el sistema presenta múltiples etapas.

Recomendaciones profesionales

- Almacenar imágenes en una carpeta dedicada (por ejemplo, `figuras/`).
- Utilizar formato vectorial cuando sea posible (PDF/SVG) para diagramas.
- Incluir siempre `\caption` y `\label`.
- Referenciar las figuras desde el texto (evitar “la figura de arriba”).

3.5. Posicionamiento de tablas y figuras

Las opciones más comunes son:

- h (here): intenta colocar aquí
- t (top): parte superior de página
- b (bottom): parte inferior de página
- p (page): página de flotantes
- H (fijo, requiere float)

En documentos reales se recomienda iniciar con [htbp] y permitir que L^AT_EX optimice el diseño. El uso de [H] es útil en etapas de aprendizaje o cuando se requiere una ubicación estricta.

3.6. Figuras con subfiguras

En documentos técnicos es frecuente comparar dos gráficos o imágenes dentro de una misma figura principal. Para ello se utilizan **subfiguras** etiquetadas como (a), (b), etc.

Para este propósito se recomienda el paquete:

```
\usepackage{subcaption}
```

Ejemplo de presentación de subfiguras:

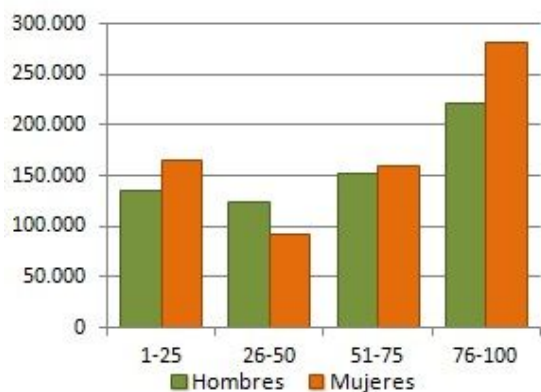
```
\begin{figure}[H]
\centering

\begin{subfigure}{0.48\textwidth}
\centering
\includegraphics[width=\linewidth]{figuras/subfig_a.png}
\caption{Evolución mensual de temperatura}
\label{fig:temperatura}
\end{subfigure}
\hfill
\begin{subfigure}{0.48\textwidth}
\centering
\includegraphics[width=\linewidth]{figuras/subfig_b.png}
\caption{Distribución por género}
\label{fig:genero}
\end{subfigure}

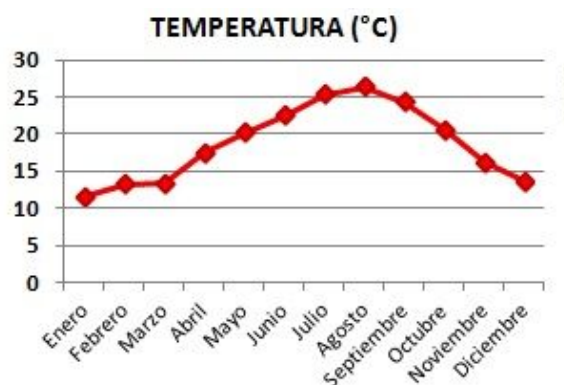
\caption{Comparación de gráficos estadísticos}
\label{fig:subfiguras}
\end{figure}
```

Resultado:

3.6.1. Ejemplo de dos subfiguras lado a lado



(a) Evolución mensual de temperatura



(b) Distribución por género

Figura 3.2: Comparación de gráficos estadísticos

Cómo referenciar subfiguras correctamente

Con `subcaption`, la forma recomendada de citar subfiguras es:

`Figura~\ref{fig:subfiguras}\subref{fig:temperatura}` y
`Figura~\ref{fig:subfiguras}\subref{fig:genero}`.

Ejemplo en texto:

Como se observa en la Figura 3.2a, la temperatura aumenta hasta agosto. Por otro lado, la Figura 3.2b muestra la distribución por género.

Aspectos importantes

- El ancho de cada subfigura se define como fracción del ancho total.
- `\hfill` introduce separación horizontal.
- Cada subfigura puede tener su propia `\caption` y `\label`.
- La figura principal también debe tener su `\caption`.

3.7. Herramientas auxiliares para crear tablas

Aunque es recomendable aprender a escribir tablas directamente en \LaTeX , en la práctica profesional existen herramientas que permiten construir tablas de forma visual y exportar automáticamente el código correspondiente.

3.7.1. Generadores online (recomendado)

1) TablesGenerator.com

TablesGenerator.com permite crear tablas visualmente (similar a Excel), definir alineación, bordes y estilos, y luego generar el código \LaTeX automáticamente.

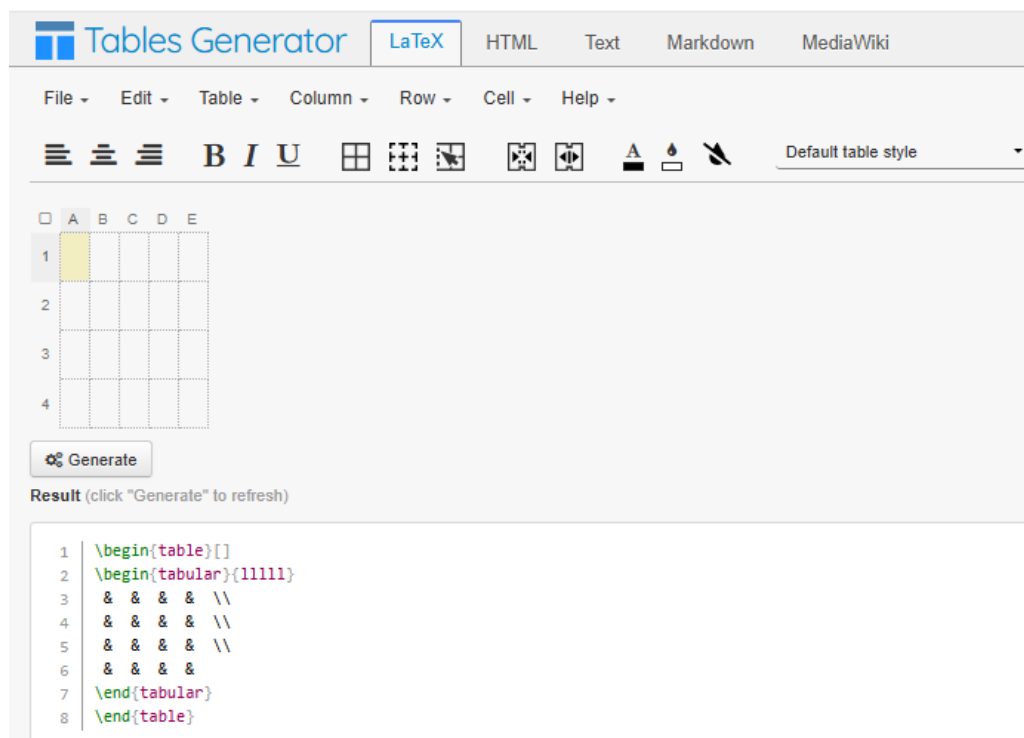


Figura 3.3: Interfaz de TablesGenerator.com para crear tablas y generar el código \LaTeX .

Flujo recomendado:

1. Construir la tabla en el editor visual.
2. Presionar **Generate**.
3. Copiar el código \LaTeX generado.
4. Pegar el código en Overleaf dentro del entorno `table`.

2) TableConvert.com

TableConvert.com es especialmente útil para convertir datos desde formatos comunes (CSV, Excel, Markdown, JSON) hacia código \LaTeX .

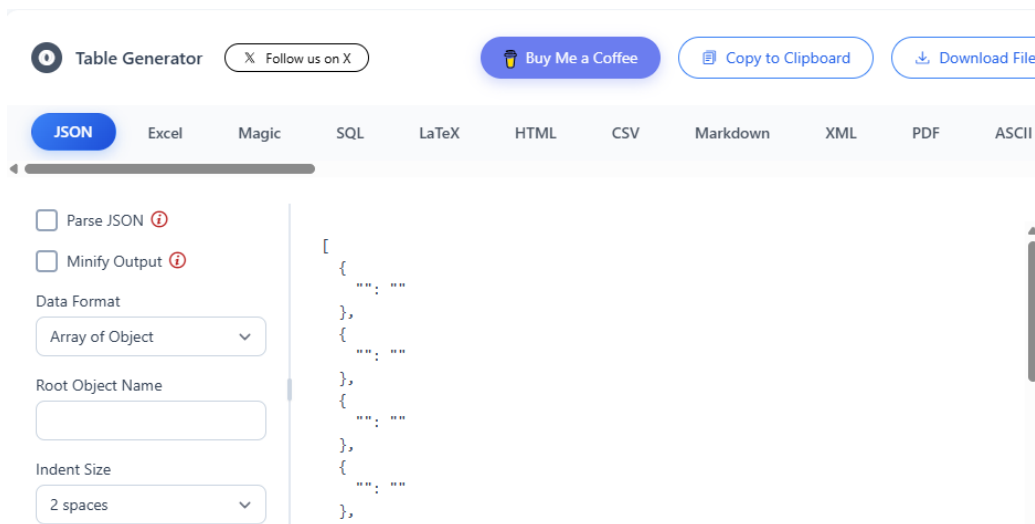


Figura 3.4: TableConvert.com permite convertir datos (CSV/Excel/Markdown/JSON) a tablas en \LaTeX .

Flujo recomendado:

1. Pegar o importar los datos (por ejemplo, CSV o Excel).
2. Seleccionar salida en formato \LaTeX .
3. Copiar el código generado.
4. Ajustar detalles (alineación y reglas `booktabs`) en Overleaf.

3.7.2. Opción alternativa: LyX para editar tablas (WYSIWYG)

También puede utilizarse **LyX** para crear tablas con interfaz gráfica. Una vez creada la tabla, puede exportarse el fragmento \LaTeX e insertarlo en Overleaf. Esto ayuda en la transición inicial, pero se recomienda dominar progresivamente la edición directa.

Recomendación pedagógica

Las herramientas auxiliares aceleran el proceso, pero el estudiante debe comprender:

- el entorno `table`,
- el entorno `tabular`,
- la alineación por columnas,
- el uso de `booktabs` (`\top/mid/bottomrule`).

El objetivo es que el estudiante pueda escribir y modificar tablas con autonomía profesional.

3.8. Actividad de aplicación

Ejercicio

Construir un documento que incluya:

- Una tabla profesional con `booktabs`.
- Alineación numérica con `siunitx`.
- Una figura con `caption` y `label`.
- Una figura con dos subfiguras (a) y (b).
- Referencias cruzadas correctas.

Trabajo autónomo

Desarrollar un mini-reporte técnico que incluya:

- Tabla comparativa de tres transformadores (con unidades).
- Figura técnica representativa.
- Una comparación con subfiguras.
- Referencias cruzadas correctas.
- Formato editorial profesional sin líneas verticales.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Construcción de tablas con formato editorial profesional.
- Uso adecuado de `booktabs`.
- Alineación numérica avanzada.
- Inserción y referenciación correcta de figuras.
- Uso de subfiguras para comparación técnica.

Cierre del capítulo

En este capítulo se desarrollaron los fundamentos para presentar datos y gráficos con formato profesional en L^AT_EX.

En el siguiente capítulo se abordará la generación de gráficos científicos directamente en el entorno de compilación, utilizando `PGFPLOTS`.

Capítulo 4

Gráficos científicos con PGFPlots

Propósito del capítulo

La representación gráfica es un componente esencial de la comunicación técnica en ingeniería. Este capítulo desarrolla el uso del paquete `PGFPlots` para generar gráficos científicos directamente en \LaTeX , garantizando coherencia tipográfica y calidad profesional [1].

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Generar gráficos científicos dentro del documento.
- Configurar ejes, límites y rejillas.
- Graficar funciones matemáticas.
- Graficar múltiples curvas comparativas.
- Representar datos experimentales y gráficos de barras.
- Utilizar escalas logarítmicas.
- Interpretar un diagrama de Bode (magnitud y fase).

Requisitos en el preámbulo del libro

Este capítulo requiere que el documento principal cargue:

```
\usepackage{pgfplots}
\pgfplotsset{compat=1.18}
\usepgfplotslibrary{groupplots}
\usepackage{subcaption} % si se usan subfiguras
```

4.1. Estructura básica de un gráfico

Un gráfico básico se construye mediante los entornos `tikzpicture` y `axis`:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[grid=major]
\addplot {x^2};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Gráfico básico}
\end{figure}
```

Resultado:

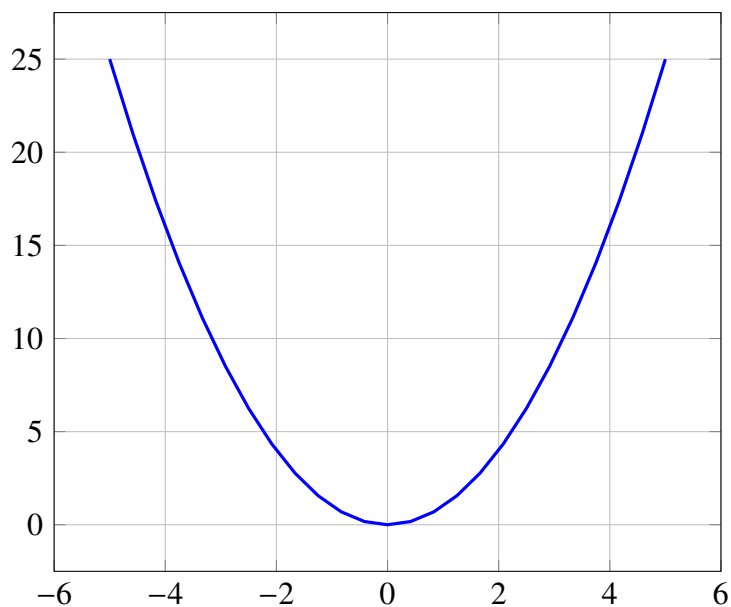


Figura 4.1: Gráfico básico

El entorno `axis` controla etiquetas, escalas, límites, rejilla y estilo del sistema de coordenadas.

4.2. Ejemplo aplicado: señal sinusoidal

En ingeniería es habitual representar señales en milisegundos (ms) para mejorar la legibilidad. El siguiente ejemplo grafica una corriente sinusoidal de 10 Hz:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
xlabel={t$ [ms]},
ylabel={i(t)$ [A]},
```

```
xmin=0, xmax=200,  
ymin=-12, ymax=12,  
xtick={0,25,50,75,100,125,150,175,200},  
grid=major,  
width=0.65\textwidth  
]  
\addplot[very thick,blue,domain=0:200,samples=400]  
{10*sin(deg(2*pi*10*(x/1000)))};  
\end{axis}  
\end{tikzpicture}  
\caption{Corriente sinusoidal de 10 Hz}  
\label{fig:sinusoidal}  
\end{figure}
```

Resultado:

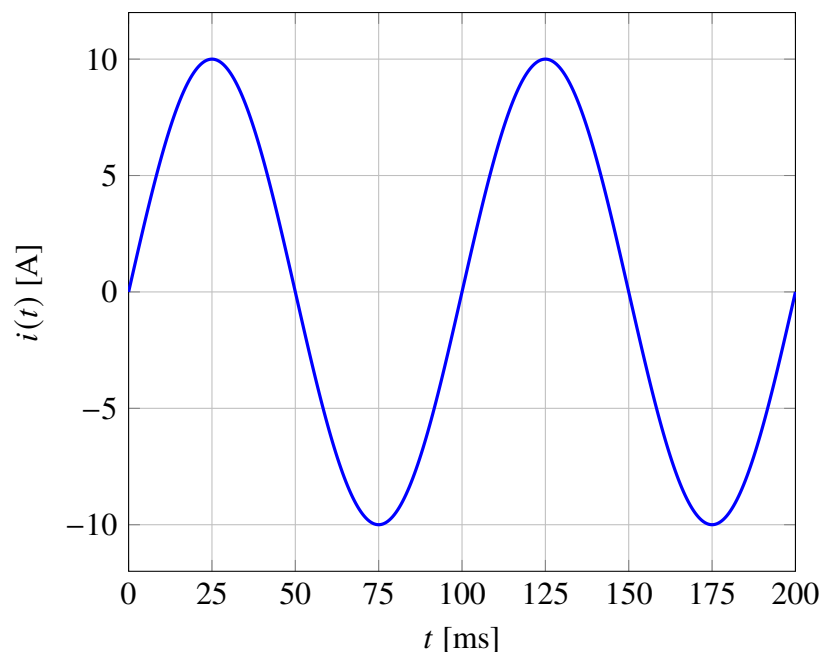


Figura 4.2: Corriente sinusoidal de 10 Hz

Como se observa en la Figura 4.2, la señal presenta amplitud de 10 A y frecuencia de 10 Hz.

4.3. Personalización de ejes

Las opciones más utilizadas en axis incluyen:

- xlabel, ylabel
- xmin, xmax, ymin, ymax
- grid=major o grid=both
- xtick, ytick o xtick distance, ytick distance

- `legend style` y `\addlegendentry`

Ejemplo de configuración de límites:

```
\begin{axis}[
xmin=0, xmax=0.1,
ymin=-12, ymax=12,
grid=major]
\end{axis}
```

4.4. Gráficos con múltiples curvas

A continuación se grafican dos señales con desfase de 120° (ejemplo típico de sistemas trifásicos):

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
xlabel={t$ [ms]},
ylabel={Voltaje [V]},
xmin=0, xmax=200,
xtick={0,25,50,75,100,125,150,175,200},
grid=major,
legend style={at={(0.97,0.97)},anchor=north east},
width=0.65\textwidth
]
\addplot[very thick,blue,domain=0:200,samples=200]
{100*\sin(deg(2*pi*20*x/1000))};
\addlegendentry{$v_a$}

\addplot[very thick,red,domain=0:200,samples=200]
{100*\sin(deg(2*pi*20*x/1000 - 2*pi/3))};
\addlegendentry{$v_b$}

\addplot[very thick,green,domain=0:200,samples=200]
{100*\sin(deg(2*pi*20*x/1000 - 4*pi/3))};
\addlegendentry{$v_c$}

\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Dos fases de un sistema trifásico (desfase de  $120^\circ$ )}
\label{fig:dos_fases}
\end{figure}
```

Resultado:

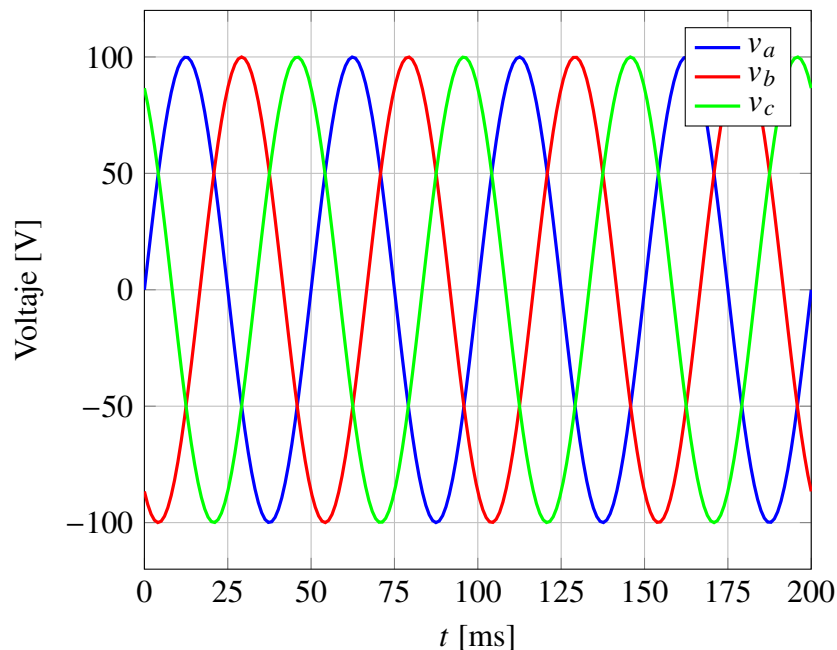


Figura 4.3: Sistema trifásico equilibrado

4.5. Gráficos a partir de datos experimentales

Es posible graficar datos discretos dentro del propio código:

```
\addplot coordinates {
(0,0)
(1,2)
(2,3)
(3,5)
};
```

También pueden importarse archivos externos (por ejemplo CSV):

```
\addplot table {datos.csv};
```

Esto resulta esencial al representar mediciones experimentales o resultados de simulación.

4.6. Gráfico de barras a partir de datos tabulados

Supongamos los siguientes datos de resistencia en función de la temperatura:

(0, 10), (10, 50), (20, 70), (30, 25), (40, 75)

Ejemplo:

```
\begin{figure}[H]
\centering
```

```

\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
ybar,
bar width=12pt,
width=0.65\textwidth,
xlabel={Temperatura [°C]},
ylabel={Resistencia [ $\Omega$ ]},
symbolic x coords={0,10,20,30,40},
xtick=data,
ymin=0,
grid=major
]
\addplot[fill=blue!65, draw=black, thick]
coordinates {
(0,10)
(10,50)
(20,70)
(30,25)
(40,75)
};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Resistencia en función de la temperatura}
\label{fig:barras_RT}
\end{figure}

```

Resultado:

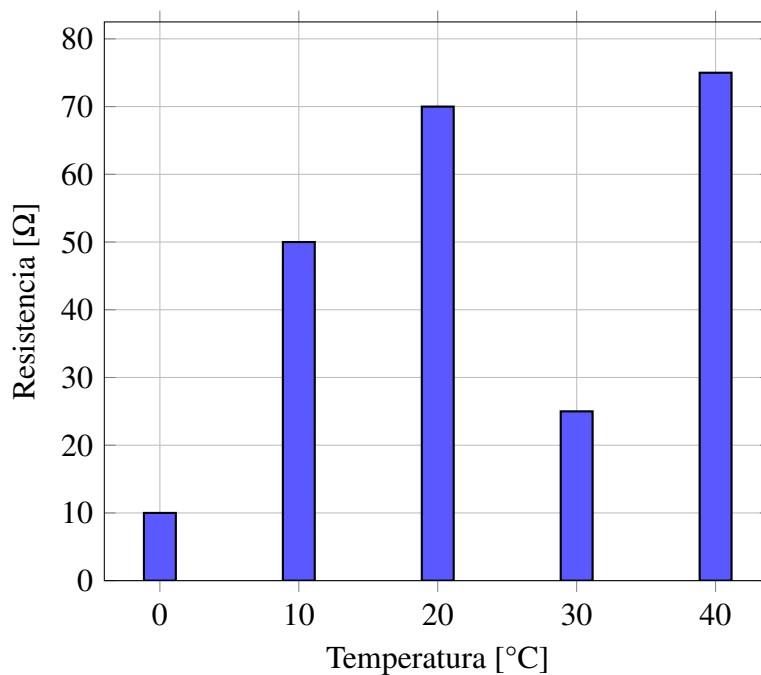


Figura 4.4: Resistencia en función de la temperatura

4.7. Escalas lineales y logarítmicas

En ingeniería eléctrica es frecuente utilizar escalas logarítmicas cuando los valores abarcan varios órdenes de magnitud.

Consideremos:

$$y(t) = 5e^{0.3t} + 2t + 1$$

Ejemplo:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{subfigure}{0.48\textwidth}
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
width=\linewidth,
xlabel={t},
ylabel={y(t)},
xmin=0, xmax=10,
ymin=0, ymax=120,
ytick={0,20,40,60,80,100,120},
grid=major
]
\addplot[blue, very thick, domain=0:10, samples=300]
{5*exp(0.3*x) + 2*x + 1};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Escala lineal}
\label{fig:lineal}
\end{subfigure}
\hfill
\begin{subfigure}{0.48\textwidth}
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
width=\linewidth,
xlabel={t},
ylabel={y(t)},
xmin=0, xmax=10,
ymode=log,
log basis y=10,
grid=both
]
\addplot[red, very thick, domain=0:10, samples=300]
{5*exp(0.3*x) + 2*x + 1};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Escala logarítmica en el eje y}
\label{fig:log}

```

```
\end{subfigure}
\caption{Comparación entre representación lineal y logarítmica}
\label{fig:comparacion_escalas}
\end{figure}
```

Resultado:

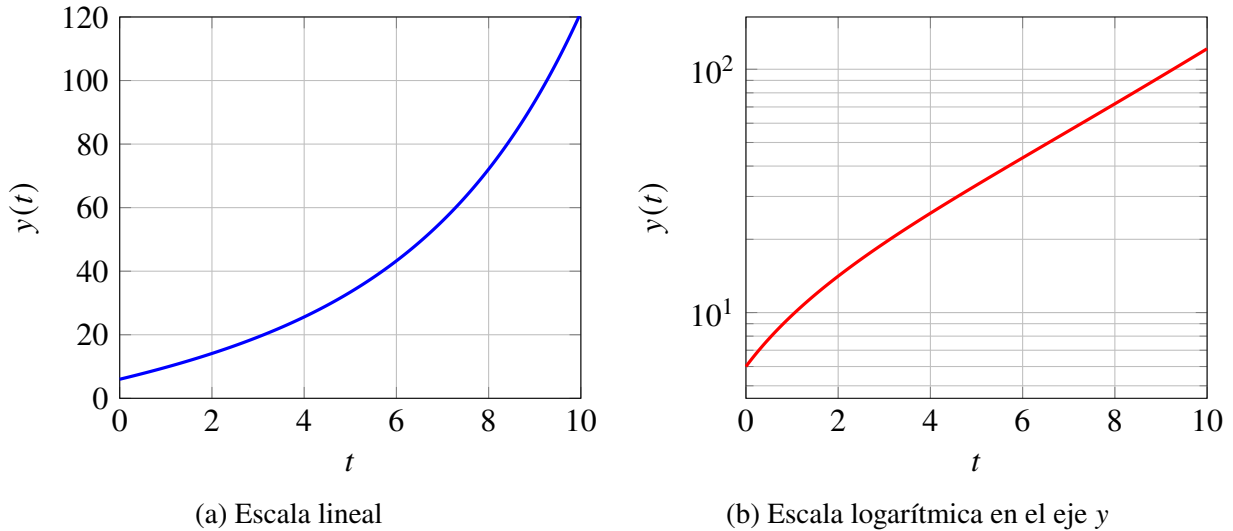


Figura 4.5: Comparación entre representación lineal y logarítmica

4.8. Diagrama de Bode de segundo orden (magnitud y fase)

En control y electrónica de potencia es común modelar sistemas de segundo orden con:

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

A continuación se presenta el diagrama de Bode para $\omega_n = 100$ rad/s y $\zeta = 0.2$.

Ejemplo:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{groupplot}[
group style={group size=1 by 2, vertical sep=0.8cm},
width=0.5\textwidth,
xmode=log,
xmin=1, xmax=1e4,
grid=both
]

\nextgroupplot[
ylabel={Magnitud [dB]},
xticklabels=\empty,
```

```

]
\addplot[blue, very thick, samples=500, domain=1:1e4]
{20*log10( (100^2) / sqrt( (100^2 - x^2)^2 + (2*0.2*100*x)^2 ) )};

\nextgroupplot[
xlabel={Frecuencia  $\omega$  [rad/s]},
ylabel={Fase [deg]},
]
\addplot[red, very thick, samples=500, domain=1:1e4]
{-deg(atan2( 2*0.2*100*x, (100^2 - x^2) ) )};

\end{groupplot}
\end{tikzpicture}
\caption{Diagrama de Bode de un sistema de segundo orden
( $\omega_n=100\sim\mathrm{rad/s}$ ,  $\zeta=0.2$ ).}
\label{fig:bode_2nd_order}
\end{figure}

```

Resultado:

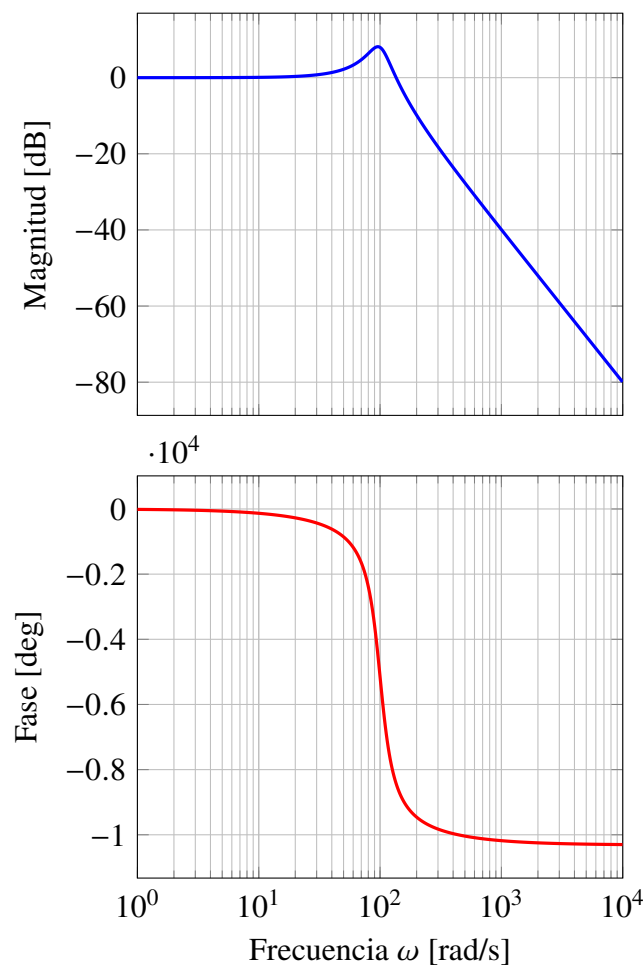


Figura 4.6: Diagrama de Bode de un sistema de segundo orden ($\omega_n = 100$ rad/s, $\zeta = 0.2$).

En la Figura 4.6 se observa que para ζ pequeño aparece un pico de resonancia en la magnitud, mientras que la fase evoluciona desde 0° hacia -180° .

4.9. Buenas prácticas profesionales

- Incluir siempre unidades en los ejes.
- Usar líneas suficientemente gruesas para impresión (`thick` o `very thick`).
- Mantener anchos consistentes en figuras a lo largo del documento.
- Referenciar todas las figuras desde el texto.
- Para escalas logarítmicas, asegurar que la variable graficada sea positiva.

4.10. Actividad de aplicación

Ejercicio

Construir un gráfico que incluya:

- Señal sinusoidal de 50 Hz.
- Límites definidos en ejes.
- Etiquetas con unidades.
- Rejilla mayor.

Trabajo autónomo

Desarrollar un mini-reporte que incluya:

- Gráfico de potencia versus tiempo.
- Comparación de dos señales.
- Uso de escala logarítmica.
- Un Bode (magnitud y fase) de segundo orden con parámetros escogidos.
- Referencias cruzadas correctas.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Construcción de gráficos científicos reproducibles.
- Personalización avanzada de ejes y escalas.
- Representación de datos experimentales.
- Uso de escalas logarítmicas en análisis técnico.
- Integración de gráficos en documentación formal.

Cierre del capítulo

En este capítulo se desarrolló la generación de gráficos científicos directamente en L^AT_EX, integrando coherencia tipográfica y control del diseño.

En el siguiente capítulo se abordará la representación de circuitos eléctricos avanzados mediante `Circuitikz`.

Capítulo 5

Diagramas eléctricos con Circuitikz

Propósito del capítulo

La representación gráfica de circuitos eléctricos es fundamental en ingeniería eléctrica y electrónica. Este capítulo desarrolla el uso del paquete `Circuitikz` para la creación de diagramas eléctricos profesionales directamente en \LaTeX [2].

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

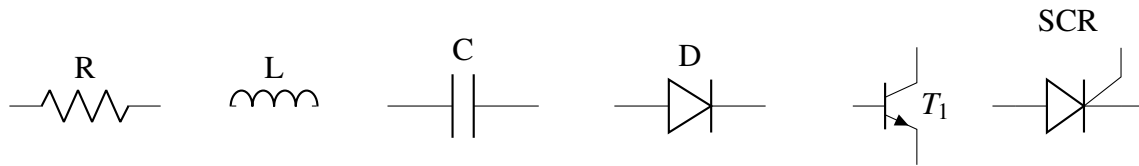
- Dibujar circuitos eléctricos complejos.
- Representar sistemas RLC correctamente etiquetados.
- Construir transformadores monofásicos con polaridad.
- Elaborar puentes rectificadores.
- Crear diagramas de bloques técnicos.

5.1. Estructura básica de Circuitikz

El entorno básico es:

```
\begin{circuitikz}
\draw (0,1) to[R,l=R] (2,1);
\draw (3,1) to[L,l=L] (4,1);
\draw (5,1) to[C,l=C] (7,1);
\draw (8,1) to[D,l=D] (10,1);
\draw (12,1) node[npn] (t) {$T_1$}; (Q1) {};
\draw (13,0) to[thyristor,l=SCR] (15,1);
\end{circuitikz}
```

Cada elemento se conecta mediante coordenadas y componentes normalizados. El resultado del anterior listado conduce a representar una resistencia, una inductancia, una capacitancia, un diodo, un transistor y un tiristor:



5.2. Circuito RLC en serie

Uno de los primeros circuitos que plantearemos es una red $R - L - C$ alimentada mediante una fuente de corriente alterna. El código es el siguiente:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{circuitikz}
\draw
(0,0) to[sV, l=$V$] (0,3)
-- (2,3)
to[R, l=$R$] (4,3)
to[L, l=$L$] (6,3)
to[C, l=$C$] (8,3)
-- (8,0)
-- (0,0);
\end{circuitikz}
\caption{Circuito RLC en serie}
\label{fig:RLC}
\end{figure}
```

Como resultados obtenemos el siguiente circuito:

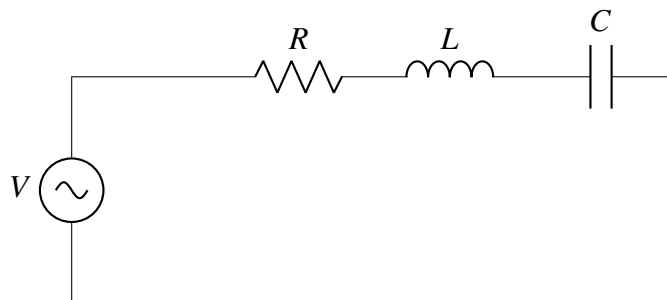


Figura 5.1: Circuito RLC en serie

Este tipo de representación es frecuente en análisis de sistemas dinámicos.

5.3. Transformador monofásico con polaridad

Para dibujar un transformador ideal en circuito abierto y conectado al primario con una fuente de voltaje alterno se tiene el siguiente código:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{circuitikz}
% Fuente y primario
\draw
(0,0) to[sV, l=$V_1$] (0,4)
(0,4) -- (2,4)
(0,0) -- (2,0);
% Bobina primaria
\draw
(2,0) to[american inductor, l_=$N_1$] (2,4);
% Bobina secundaria
\draw
(3.2,0) to[american inductor, l_=$N_2$] (3.2,4);
% Conexiones secundario
\draw
(3.2,4) -- (5,4)
(3.2,0) -- (5,0);
% Puntos de polaridad
\fill (1.85,2.9) circle (2pt);
\fill (3.35,2.9) circle (2pt);
\end{circuitikz}
\caption{Transformador monofásico con indicación de polaridad}
\label{fig:transformador}
\end{figure}

```

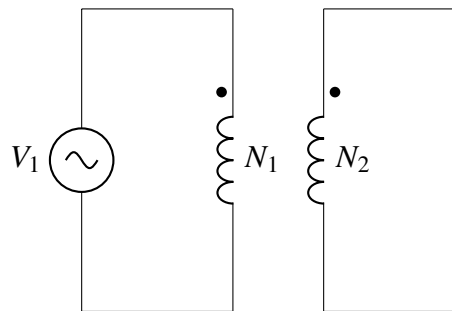


Figura 5.2: Transformador monofásico con indicación de polaridad

La correcta ubicación de los puntos de polaridad es esencial en el análisis de acoplamientos magnéticos.

5.4. Circuito equivalente de la máquina de inducción

Mediante el siguiente código se puede realizar el circuito equivalente de una máquina de inducción:

```

\begin{figure}
\centering

```

```

\begin{circuitikz}[american,scale=1,, transform shape]
  \draw (0,4) to [sV,*-*,v=$V_e$,
  i<_=$I_e$] (0,0);
  \draw (0,4) to [R,l=$R_e$] (2,4) to[L,l=$jX_e$] (4,4)--(4,4)
  to[short,i>=$I_m$,-*] (4,0);
  \draw (3,3) -- (5,3);
  \draw (3,3) to[R,l=$R_m$] (3,1);
  \draw (5,3) to[L,l=$jX_m$] (5,1);
  \draw (3,1) -- (5,1);
  \draw (4,1) -- (4,0) -- (0,0);
  \draw (4,4) to [L,l=$jX_r$] (6,4) to [L,l=$R_r$] (8,4)
  to[R,l=$R_r\frac{1-s}{s}$,i>=$I_r$] (8,0) -- (4,0);

\end{circuitikz}
\caption{Modelo de la Máquina de Inducción}
\label{fig:MI}
\end{figure}

```

Resultado:

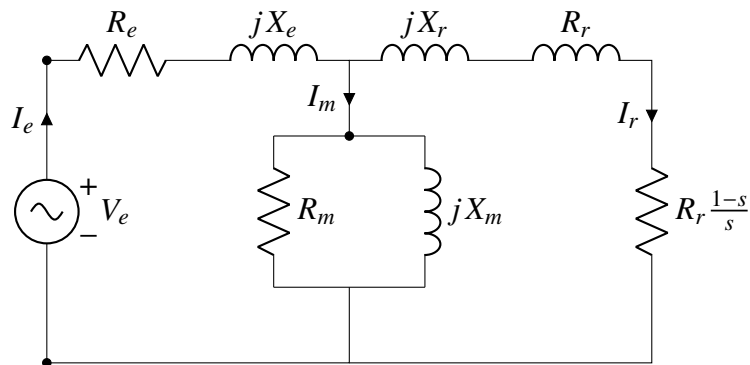


Figura 5.3: Modelo de la Máquina de Inducción

5.5. Puente rectificador monofásico (Graetz)

Un puente rectificador monofásico de onda completa se puede realizar mediante el código siguiente:

```

\begin{figure}[h]
\centering
\begin{circuitikz}

% --- Coordenadas ---
\def\xL{0}
\def\xR{2.2}    % separación entre ramas
\def\yB{0}
\def\yM{2}
\def\yT{4}

```

```

\coordinate (ML) at (\xL,\yM);
\coordinate (MR) at (\xR,\yM);

% Barras superior e inferior
\draw (\xL,\yT) -- (\xR,\yT);
\draw (\xL,\yB) -- (\xR,\yB);

% Rama izquierda
\draw (ML) to[thyristor] (\xL,\yT);      % D1
\draw (\xL,\yB) to[D] (ML);             % D3

% Rama derecha
\draw (\xR,\yB) to[D] (MR);             % D2
\draw (MR) to[thyristor] (\xR,\yT);    % D4

% Fuente AC en el medio (horizontal)
\draw (ML) to[sV, l_=$v_{ac}$] (MR);

% --- Carga RL en serie entre DC+ y DC- ---
\draw (\xR,\yT) -- (\xR+1.2,\yT)
      to[L, l=$L_L$] (\xR+1.2,\yB+2) % inductancia arriba
      to[R, l=$R_L$] (\xR+1.2,\yB)   % resistencia abajo
      -- (\xR,\yB);

% Marcadores + y -
\node[above] at ({(\xL+\xR)/2},\yT) {$+$};
\node[below] at ({(\xL+\xR)/2},\yB) {$-$};

\end{circuitikz}
\caption{Puente rectificador semicontrolado monofásico (Graetz)
con carga  $R_L-L_L$  en serie}
\end{figure}

```

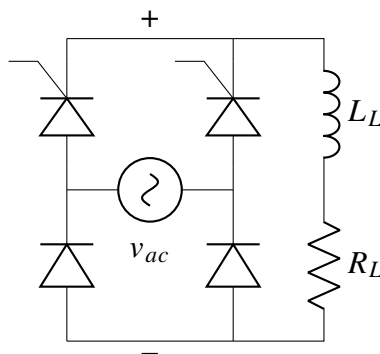


Figura 5.4: Puente rectificador semicontrolado monofásico (Graetz) con carga R_L-L_L en serie

Este esquema es ampliamente utilizado en electrónica de potencia.
Un inversor típico se presenta en el siguiente ejemplo:

```

\begin{figure}
\tikzset{full Schottky diode/.append style={bipoles/length=.4cm}}
\tikzset{american voltages}
\tikzset{american inductors}
\tikzset{european resistors}

\begin{circuitikz}
% TRANSISTORS
\draw
(0,2) node[nigfete] (t1) {}
(0,0) node[nigfete] (t2) {}
(2,2) node[nigfete] (t3) {}
(2,0) node[nigfete] (t4) {}};
\draw
(t1.S) to[short] (t2.D)
(t3.S) to[short] (t4.D);
% DIODES and transistor labels
\foreach \num in {1,2,3,4} {
\node[anchor=south] at (t\num.G) {$T_{\num}$};
\draw (t\num.S)++(0,0.5) -- ++(0.3,0) to[sD*]
($(t\num.D)+(0.3,-0.5)$) -- ++(-0.3,0);
}
% BATTERY connection
\draw
(t4.S) to[short,-*] (t2.S) to[short] ($(t2.S)+(-2,0)$)
to[battery,invert,l=$U$] ($(t1.D)+(-2,0)$) to[short,-*]
(t1.D) to[short] (t3.D);
% RL
\draw
(t1.S) to[short,*-] ($(t1.S)+(3,0)$) to[short] ($(t1.D)+
(3,0)$) coordinate (p1)
to[R,l=$R$] ++(2,0) to[L,l=$L$,i>^=$i_L$] ++(3,0) coordinate (p);
\draw
(t4.D) to[short,*-] ($(t4.D)+(1,0)$) to[short] ($(t4.S)+
(1,0)$) coordinate (n1)
to[short] ++(5,0) coordinate (n);
% C
\draw
(p) to[C,l=$C$,i>^=$i_C$,v<=$U_C$] (n);
% LOAD
\draw
(p) to[short,*-] ($(p)+(2,0)$) to[R,l=$Carga$,i>^=$i_o$]
($(n)+(2,0)$) to[short,-*] (n);
% U_i
\draw
(p1) to[open,v^=$U_i$] (n1);

\end{circuitikz}
\caption{Puente inversor monofásico con filtro $R-L-C$}

```

y carga\label{fig:inversor}}
\end{figure}

Resultado:

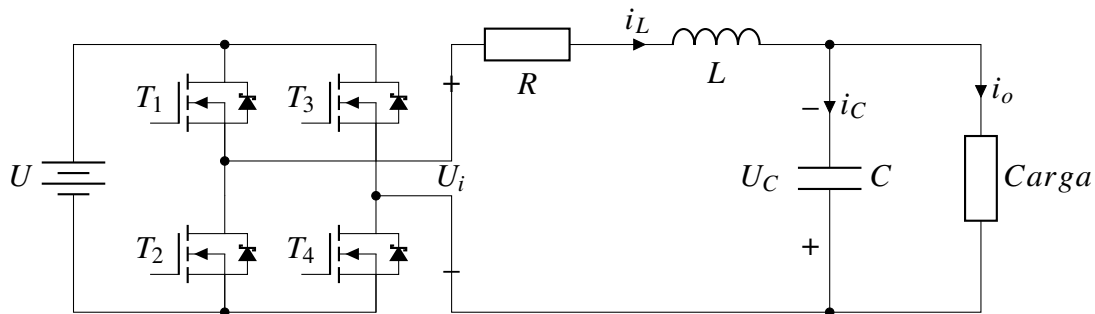


Figura 5.5: Puente inversor monofásico con filtro $R - L - C$ y carga

5.6. Sistema de transmisión HVDC

Con el siguiente código se genera un sistema de transmisión HVDS completo:

```
\begin{figure}
\centering
\begin{circuitikz}[smallR/.style=
{european resistor, resistors/scale=0.5, scale=1}]
\draw (0,0) node[tadcshape, anchor=ac mid in](acdc){} to[smallR] ++(-2,0)
-- coordinate(point) node[circ]({}) ++(-.5,0);
\draw (acdc.ac up in)
to[nos, invert, mirror, name=switch,color=red] ++(-2,0)
-- (point);
\draw (acdc.ac down in) to[smallR] ++(-2,0)
-- (point)
to[oosourcetrans,prim=weye,sec=delta,l=transformer] ++(-1.5,0)
to[tmultiwire] ++(-.5,0)
node[gridnode, anchor=right]{};
\node[above=.3cm,color=red] at (switch) {fault};
\draw (acdc.dc up out) to[smallR,l=HVDC line] ++(2,0)
node[tdcacshape, anchor=dc up in](dcac){};
\draw (acdc.dc down out) -- (dcac.dc down in);
\draw (dcac.right)
to[ooosource,prim=delta,sec=delta,tert=weye,invert] ++(1.5,0)
to[tmultiwire] ++(.5,0) node[gridnode,anchor=left]{};
\end{circuitikz}
\caption{Sistema HVDC}
\label{fig:HVDC}
\end{figure}
```

Resultado:

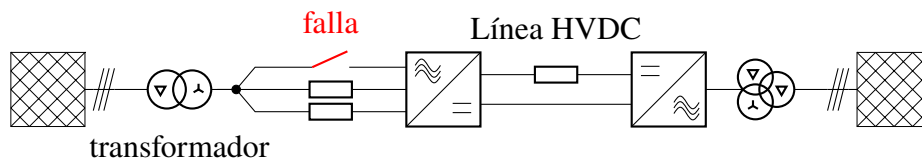


Figura 5.6: Sistema HVDC

5.7. Sistema de transmisión IEEE de 9 barras

En la Fig. 5.7 se ha reproducido en \LaTeX el famoso sistema IEEE de 9 barras que se utiliza en muchos estudios de flujo de carga, cortocircuito y estabilidad. Para realizar este diagrama se utiliza el código siguiente:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\resizebox{\textwidth}{!}{%
\begin{tikzpicture}[
bus/.style={line width=2.5pt},
line/.style={line width=1pt},
load/.style={->, line width=1pt},
font=\small
]
% =====
% BUSES
% =====
% Bus 4 (inferior horizontal)
\draw[bus] (-2,0) -- (2,0);
\node at (0,-0.3) {4};
% Bus 5 y 6
\draw[bus] (-3,1.5) -- (-1.2,1.5); \node[left] at (-3,1.5) {5};
\draw[bus] (1.2,1.5) -- (3,1.5); \node[right] at (3,1.5) {6};
% Bus 7,8,9 verticales
\draw[bus] (-0.8,3) -- (-0.8,4.8); \node[above] at (-1.1,4.1) {7};
\draw[bus] (0,2.5) -- (0,5.4); \node[right] at (0,3.6) {8};
\draw[bus] (0.8,3) -- (0.8,4.8); \node[above] at (1.1,4.1) {9};
% Bus 2 y 3
\draw[bus] (-5,3) -- (-5,4.8); \node[above] at (-5,4.8) {2};
\draw[bus] (5,3) -- (5,4.8); \node[above] at (5,4.8) {3};
% Bus 1
\draw[bus] (-0.8,-3) -- (0.8,-3); \node[below] at (0,-3) {1};
% =====
% GENERADORES
% =====
\node[draw,circle,minimum size=10mm] (G1) at (0,-4.2) {\scalebox{2.0}{\sim}};
\node[below] at (G1.south) {G1};
\draw[line] (G1.north) -- (0,-3);

\node[draw,circle,minimum size=10mm] (G2) at (-6.2,3.9) {\scalebox{2.0}{\sim}};

```

```

\node[left] at (G2.west) {G2};
\draw[line] (G2.east) -- (-5,3.9);

\node[draw,circle,minimum size=10mm] (G3) at (6.2,3.9) {\scalebox{2.0}{$\sim$}};
\node[right] at (G3.east) {G3};
\draw[line] (G3.west) -- (5,3.9);
% =====
% TRANSFORMADORES
% =====
% T1
\draw[line] (0,-3.0) -- (0,-2.2);
\draw[line] (0,-1.9) circle (0.35);
\draw[line] (0,-1.3) circle (0.35);
\node[right] at (0.6,-1.6) {T1};
\draw[line] (0,-1) -- (0,0);
% T2
\draw[line] (-5,3.9) -- (-4,3.9);
\draw[line] (-3.6,3.9) circle (0.3);
\draw[line] (-3.1,3.9) circle (0.3);
\node[above] at (-3.35,4.3) {T2};
\draw[line] (-2.8,3.9) -- (-0.8,3.9);
% T3
\draw[line] (0.8,3.9) -- (2.8,3.9);
\draw[line] (3.1,3.9) circle (0.3);
\draw[line] (3.6,3.9) circle (0.3);
\node[above] at (3.35,4.3) {T3};
\draw[line] (4,3.9) -- (5,3.9);
% =====
% CONEXIONES INTERNAS
% =====
\draw[line] (-1.5,0) -- (-1.5,1.5);
\draw[line] (1.5,0) -- (1.5,1.5);
\draw[line] (-1.5,1.5) -- (-1.5,3) -- (-0.8,3);
\draw[line] (1.5,1.5) -- (1.5,3) -- (0.8,3);
\draw[line] (-0.8,3.9) -- (0,3.9);
\draw[line] (0,3.9) -- (0.8,3.9);
% =====
% CARGAS
% =====
\draw[load] (-2.5,1.5) -- (-2.5,0.8); \node[below] at (-2.5,0.8) {A};
\draw[load] (2.5,1.5) -- (2.5,0.8); \node[below] at (2.5,0.8) {B};
\draw[load] (0,5.2) -- (1.2,5.2); \node[right] at (1.2,5.2) {C};
% =====
% LEYENDA
% =====
\begin{scope}[shift={(-6,-1)}]
\node[draw,circle,minimum size=8mm] at (0,0) {\scalebox{2.0}{$\sim$}};
\node[right] at (0.7,0) {Generator};

```

```

\draw[line] (0,-0.9) circle (0.25);
\draw[line] (0.4,-0.9) circle (0.25);
\node[right] at (0.9,-0.9) {Transformer};

\draw[load] (-0.5,-1.8) -- (0.9,-1.8);
\node[right] at (1,-1.8) {Load};

\draw[bus] (-0.5,-2.6) -- (1,-2.6);
\node[right] at (1.1,-2.6) {Bus};
\end{scope}
\end{tikzpicture}
}
\caption{Diagrama unifilar tipo IEEE 9 barras
(representación didáctica en TikZ).\label{fig:IEEE_9_barras}}
\end{figure}

```

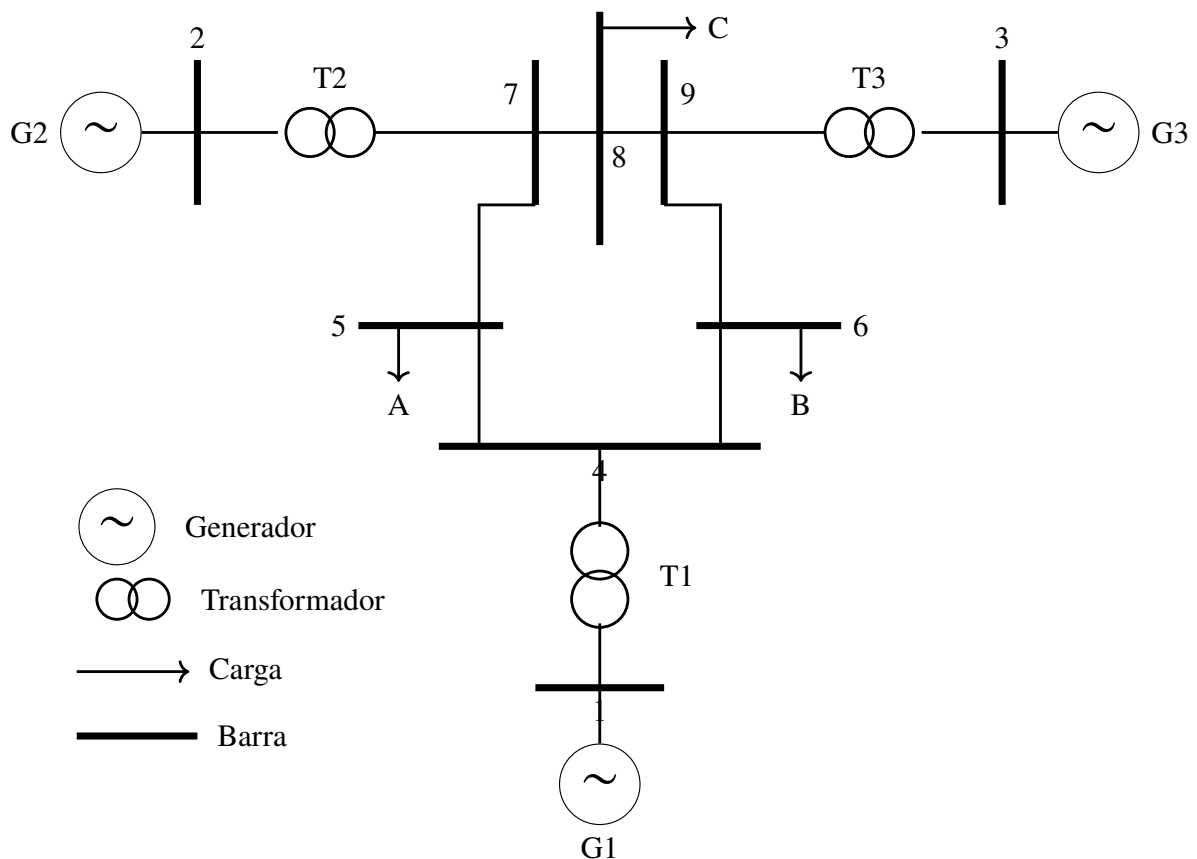


Figura 5.7: Diagrama unifilar tipo IEEE 9 barras (representación didáctica en TikZ).

5.8. Diagramas de bloques

Para diagramas funcionales puede emplearse el entorno `tikz`:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}[
block/.style={rectangle, draw, minimum width=2.5cm, minimum height=1.2cm}
]

\node[block] (A) {Fuente};
\node[block, right=3cm of A] (B) {Convertidor};
\node[block, right=3cm of B] (C) {Carga};

\draw[->] (A) -- (B);
\draw[->] (B) -- (C);

\end{tikzpicture}
\caption{Diagrama de bloques de sistema eléctrico}
\label{fig:bloques}
\end{figure}

```

Para utilizar posicionamiento relativo es necesario cargar:

```
\usetikzlibrary{positioning,arrows.meta}
```



Figura 5.8: Diagrama de bloques de sistema eléctrico

Para utilizar posicionamiento relativo es necesario cargar:

```
\usetikzlibrary{positioning,arrows.meta}
```

5.9. Ejemplo de diagrama de control realimentado

En control automático y electrónica de potencia es frecuente representar sistemas mediante diagramas de bloques en el dominio de Laplace. La Fig. 5.9 muestra un lazo de control realimentado donde un controlador PID actúa sobre una planta de segundo orden, y la salida se realimenta mediante un sensor modelado por $H(s)$.

Ejemplo:

```

\begin{figure}[H]
\centering
% \resizebox{\textwidth}{!}{% % <- Descomenta si aún se sale del ancho
\begin{tikzpicture}[
>=Stealth,
node distance=1.3cm, % más compacto
block/.style={

```

```

rectangle, draw=edgeblue, fill=softblue,
minimum width=2.9cm, minimum height=1.0cm, align=center,
line width=0.8pt
},
smallblock/.style={
rectangle, draw=edgeblue, fill=softblue,
minimum width=2.2cm, minimum height=1.0cm, align=center,
line width=0.8pt
},
sum/.style={
circle, draw=edgered, fill=softred,
minimum size=8mm, inner sep=0pt, line width=0.8pt
},
signal/.style={->, thick},
feedback/.style={->, thick}
]

% Nodos principales (distancias reducidas)
\node (r) {$r(s)$};
\node[sum, right=0.9cm of r] (sum1) {};
\node[block, right=1.1cm of sum1] (pid) {Controlador
PID\\$C(s)=K_p+\dfrac{K_i}{s}+K_d s$};
\node[block, right=1.2cm of pid] (plant)
{Planta\\$G(s)=\dfrac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$};
\node[right=0.9cm of plant] (y) {$y(s)$};

% Sensor
% Punto medio de la flecha u(s)
\path (pid) -- (plant) coordinate[pos=0.5] (midu);

% Sensor centrado bajo u(s)
\node[smallblock, below=1.35cm of midu] (sensor)
{Sensor\\[2pt]$H(s)$};

% Conexiones directas
\draw[signal] (r) -- (sum1);
\draw[signal] (sum1) -- node[above] {$e(s)$} (pid);
\draw[signal] (pid) -- node[above] {$u(s)$} (plant);

% Salida: flecha continua hasta y(s)
\draw[signal] (plant) -- (y);

% Punto medio de la salida para tomar realimentación
\path (plant) -- (y) coordinate[pos=0.5] (midout);

% Realimentación naciendo desde la mitad de la salida
\draw[feedback] (midout) |- (sensor);
\draw[feedback] (sensor) -| node[pos=0.95, above] {$-$} (sum1);

```

```

% Signos + y - en el sumador
\node[above left=0.05cm and 0.05cm of sum1] {\scriptsize $+$};
\node[below left=0.05cm and 0.05cm of sum1] {\scriptsize $-$};

\end{tikzpicture}
% } % <- cierre de resizebox si lo activas
\caption{Sistema de control realimentado con controlador PID,
planta de segundo orden y sensor $H(s)$}
\label{fig:pid_feedback}
\end{figure}

```

Resultado:

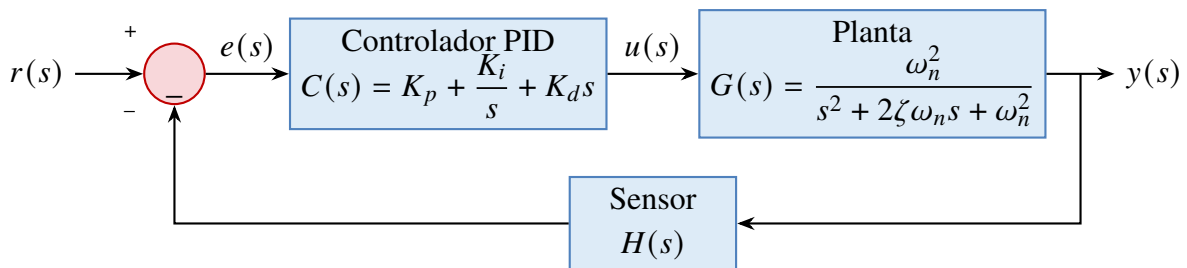


Figura 5.9: Sistema de control realimentado con controlador PID, planta de segundo orden y sensor $H(s)$.

5.10. Diagrama de un sistema hidráulico

En la Fig. 5.10 se muestra un ejemplo de un diagrama hidráulico sencillo utilizando esquemas ISO simplificados. El código L^AT_EX para su realización es:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}[
>=Stealth,
line width=0.9pt,
softcomp/.style={draw=edgeblue, fill=softblue!40, line width=0.8pt},
valvebox/.style={draw=edgeblue, fill=softblue!25, line width=0.8pt},
flow/.style={->, thick},
lab/.style={font=\small}
]
% -----
% Depósito
% -----
\draw[softcomp] (0,0) rectangle (2,1.2);
\draw (0,1.2) -- (2,1.2);
\node at (1,0.6) {Depósito};
% -----
% Bomba + succión
% -----

```

```

\draw (2,0.6) -- (3.6,0.6);
\draw[softcomp] (4,0.6) circle (0.4);
\draw (3.9,0.45) -- (4.25,0.6) -- (3.9,0.75) -- cycle;
\node[lab, above] at (4,1.05) {Bomba};
\draw (4.4,0.6) -- (5.8,0.6);
% Tee
\fill (5.8,0.6) circle (2pt);
% -----
% Válvula 4/3
% -----
\draw[valvebox] (6.2,0.2) rectangle (7.2,1.0);
\draw[valvebox] (7.2,0.2) rectangle (8.2,1.0);
\draw[valvebox] (8.2,0.2) rectangle (9.2,1.0);
\node[lab] at (7.7,1.35) {Válvula 4/3};
% Presión hacia válvula
\draw (5.8,0.6) -- (6.2,0.6);
% Puerto P (central)
\draw (7.7,0.2) -- (7.7,-0.55);
\node[lab, below] at (7.7,-0.55) {P};
% Puerto T (bien ubicado: debajo del primer tercio de la válvula)
% (más a la izquierda que antes)
\draw (6.45,0.2) -- (6.45,-0.55);
\node[lab, below] at (6.65,-0.55) {T};
% -----
% Cilindro
% -----
\draw[softcomp] (10.5,0.25) rectangle (13.2,0.95);
\draw (11.9,0.25) -- (11.9,0.95);
\draw (11.9,0.6) -- (14.3,0.6);
\node[lab, above] at (11.9,1.2) {Cilindro};
\draw (9.2,0.8) -- (10.5,0.8);
\draw (9.2,0.4) -- (10.5,0.4);
% -----
% Válvula de alivio
% -----
\draw[softcomp] (5.05,-1.05) rectangle (6.15,-0.45);
\node[lab] at (5.6,-0.75) {Alivio};
% Conexión del tee al alivio
\draw (5.8,0.6) -- (5.8,-0.45);
% -----
% Retornos SIN cruces
% -----
% 1) Retorno desde T -> Depósito por la IZQUIERDA
\draw (6.45,-0.55) -- (6.45,-1.55) -- (0.65,-1.55) -- (0.65,0);
% 2) Descarga del alivio -> Depósito por la DERECHA
\draw (5.6,-1.05) -- (5.6,-1.25) -- (1.35,-1.25) -- (1.35,0);
% -----
% Flechas de flujo (opcionales)
% -----

```

```

\draw[flow] (2.3,0.6) -- (3.5,0.6);
\draw[flow] (4.5,0.6) -- (5.6,0.6);
\draw[flow] (9.4,0.8) -- (10.4,0.8);
\end{tikzpicture}
\caption{Sistema hidráulico básico (ISO simplificado) con retorno
y alivio.\label{fig:Sis_Hidraulico}}
\label{fig:hydraulic_basic_iso_better}
\end{figure}

```

Resultado:

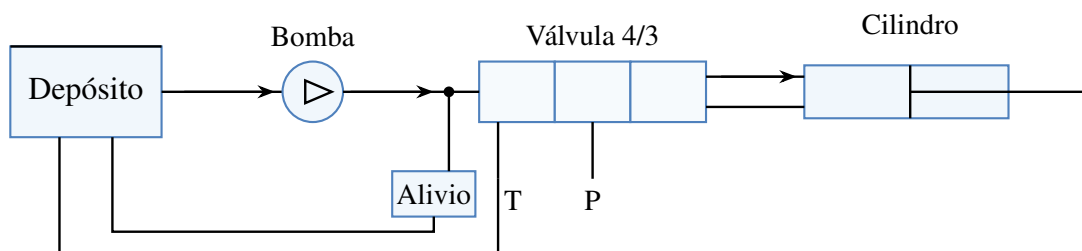


Figura 5.10: Sistema hidráulico básico (ISO simplificado) con retorno y alivio.

5.11. Principales componentes utilizados en Electricidad

5.11.1. Elementos pasivos básicos

En la Tabla 5.1 se muestra un resumen de los elementos pasivos básicos que se utilizan en los circuitos eléctricos y electrónicos.

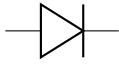
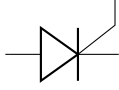
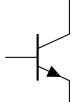
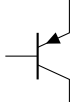
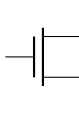
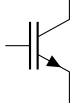
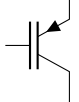
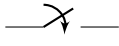
Tabla 5.1: Elementos pasivos en Circuitikz

Elemento	Código	Resultado
Resistencia	<code>\draw (0,0) to[R] (2,0);</code>	
Resistencia variable	<code>\draw (0,0) to[R,vR] (2,0);</code>	
Inductancia	<code>\draw (0,0) to[L] (2,0);</code>	
Capacitancia	<code>\draw (0,0) to[C] (2,0);</code>	

5.11.2. Dispositivos semiconductores

En la Tabla 5.2 se muestra un resumen de los principales elementos semiconductores que se utilizan en los circuitos eléctricos y electrónicos.

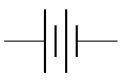
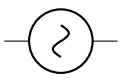
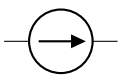
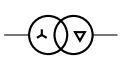



Tabla 5.2: Semiconductores en Circuitikz

Elemento	Código	Resultado
Diodo	<code>\draw (0,0) to[D] (2,0);</code>	
Tiristor (SCR)	<code>\draw (0,0) to[thyristor] (2,0);</code>	
Transistor NPN	<code>\node[npn] (Q1) {};</code>	
Transistor PNP	<code>\node[PNP] (Q1) {};</code>	
MOSFET nMOS	<code>\node[nmos] {};</code>	
IGBT tipo n	<code>\node[nigbt] {};</code>	
IGBT tipo p	<code>\node[pigbt] {};</code>	
Interruptor	<code>\draw (0,0) to[switch] (2,0);</code>	

5.11.3. Fuentes y máquinas eléctricas

En la Tabla 5.3 se muestra un resumen de los principales convertidores electromecánicos que se utilizan en los circuitos eléctricos y electrónicos.

Tabla 5.3: Fuentes y máquinas eléctricas

Elemento	Código	Resultado
Fuente de voltaje DC	<code>\draw (0,0) to[battery] (2,0);</code>	
Fuente AC	<code>\draw (0,0) to[sV] (2,0);</code>	
Fuente de corriente	<code>\draw (0,0) to[american current source] (2,0);</code>	
Transformador Y-D	<code>\draw (0,0) to[oosourcetrans,prim=wye,sec=delta] (2,0);</code>	
Motor DC	<code>\node[draw,circle,minimum size=8mm] (Mdc) at (0,0) {M}; \node[below=1mm] at (Mdc.south) {DC};</code>	
Motor de inducción	<code>\node[draw,circle,minimum size=8mm] (Mim) at (0,0) {M}; \node[below=1mm] at (Mim.south) {IM};</code>	
Motor sincrónico	<code>\node[draw,circle,minimum size=8mm] (Msm) at (0,0) {M}; \node[below=1mm] at (Msm.south) {SM};</code>	

5.12. Buenas prácticas profesionales

- Etiquetar todos los elementos eléctricos.
- Mantener simetría visual.
- Evitar cruces innecesarios.
- Utilizar convenciones normalizadas.
- Referenciar siempre las figuras desde el texto.

5.13. Actividad de aplicación

Ejercicio

Construir un documento que incluya:

- Un circuito RLC.
- Un transformador correctamente etiquetado.
- Un puente rectificador.
- Un diagrama de bloques funcional.

Trabajo autónomo

Desarrollar un mini-reporte técnico que incluya:

- Sistema trifásico completo.
- Rectificador trifásico.
- Diagrama de bloques de sistema de potencia.
- Referencias cruzadas correctas.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Construcción de esquemas eléctricos normalizados.
- Representación formal de circuitos y máquinas eléctricas.
- Uso coherente de simbología técnica.
- Integración de diagramas en reportes profesionales.

Cierre del capítulo

En este capítulo se desarrolló la representación profesional de circuitos eléctricos mediante `Circuitikz` y `TikZ`.

Este conocimiento permite integrar análisis matemático, representación gráfica y documentación técnica en un único entorno coherente.

Capítulo 6

Diagramas de flujo y algoritmos en ingeniería

Propósito del capítulo

La modelación matemática es fundamental en ingeniería, pero la implementación computacional y la estructuración lógica de procesos son igualmente esenciales. Un ingeniero moderno no solo formula ecuaciones, sino que desarrolla algoritmos, simulaciones y procedimientos automatizados.

Este capítulo introduce la construcción de diagramas de flujo y la escritura de algoritmos en pseudocódigo utilizando herramientas profesionales en \LaTeX [3].

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Representar procesos lógicos mediante diagramas de flujo.
- Utilizar TikZ para construir estructuras de decisión y control.
- Escribir algoritmos en pseudocódigo con formato profesional.
- Documentar procedimientos computacionales de forma reproducible.
- Integrar modelos matemáticos con implementación algorítmica.

6.1. Modelo lógico vs. implementación

Un algoritmo es una secuencia finita de instrucciones bien definidas que resuelven un problema específico. En ingeniería, el flujo lógico precede a la programación.

El diagrama de flujo representa la lógica visualmente, mientras que el pseudocódigo formaliza esa lógica independientemente del lenguaje de programación.

6.2. Importancia en ingeniería eléctrica

En ingeniería eléctrica y electrónica es frecuente:

- Programar algoritmos de control.
- Desarrollar simulaciones numéricas.
- Implementar cálculos iterativos.
- Diseñar lógica de protección.
- Documentar firmware y software embebido.

Un modelo matemático sin representación algorítmica es incompleto en entornos industriales.

6.3. Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo permiten representar gráficamente la secuencia de operaciones de un procedimiento lógico o computacional.

6.3.1. Elementos fundamentales

Los elementos más utilizados en la elaboración de diagramas de flujo se resumen en la Tabla 6.1

Tabla 6.1: Símbolos básicos en diagramas de flujo

Elemento	Función
Inicio / Fin	Marca el comienzo o término del proceso
Proceso	Cálculo o instrucción
Decisión	Evaluación lógica (Sí / No)
Entrada / Salida	Lectura o impresión de datos
Flecha	Dirección del flujo

6.3.2. Configuración en el preámbulo

Para construir diagramas de flujo con TikZ se recomienda incluir:

```
\usetikzlibrary{shapes.geometric, arrows.meta, positioning}
```

6.4. Ejemplo práctico: cálculo de potencia trifásica

Se desea:

1. Leer V , I y $\cos \phi$.
2. Calcular $P = \sqrt{3}VI \cos \phi$.
3. Verificar si el factor de potencia es menor que 0.8.
4. Generar advertencia si es necesario.

6.4.1. Diagrama de flujo

El siguiente código permite realizar el diagrama de flujo que se presenta en la Fig. 6.1:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}[
node distance=1.6cm,
every node/.style={font=\small},
startstop/.style={
rectangle, rounded corners,
draw=edgedred, fill=softred,
align=center, minimum width=3.2cm
},
process/.style={
rectangle,
draw=edgeblue, fill=softblue,
align=center, minimum width=3.4cm
},
decision/.style={
diamond, aspect=2,
draw=edgeyellow, fill=softyellow,
align=center, inner sep=1pt
},
arrow/.style={->, thick}
]

\node (start) [startstop] {Inicio};
\node (input) [process, below of=start] {Leer  $V$ ,  $I$ ,  $\cos \phi$ };
\node (calc) [process, below of=input] { $P = \sqrt{3}VI \cos \phi$ };
\node (dec) [decision, below of=calc, yshift=-0.4cm] { $\cos \phi < 0.8$ ?};

% Ramas laterales compactas
\node (warn) [process, right=1.2cm of dec] {Mostrar advertencia};
\node (ok) [process, left=1.2cm of dec] {Operación normal};

% Nodo de unión y fin
\node (join) [coordinate, below=2cm of dec] {};

```

```

\node (end) [startstop, below=0.8cm of join] {Fin};

% Flujo principal
\draw[arrow] (start) -- (input);
\draw[arrow] (input) -- (calc);
\draw[arrow] (calc) -- (dec);

% Ramas (Sí/No)
\draw[arrow] (dec.east) -- node[above]{Sí} ++(0.4,0) |- (warn);
\draw[arrow] (dec.west) -- node[above]{No} ++(-0.4,0) |- (ok);

% Unión hacia fin
\draw[arrow] (warn) |- (join);
\draw[arrow] (ok) |- (join);
\draw[arrow] (join) -- (end);

\end{tikzpicture}
\caption{Diagrama de flujo compacto para evaluación del factor de potencia.}
\label{fig:DiagramaFlujo}
\end{figure}

```

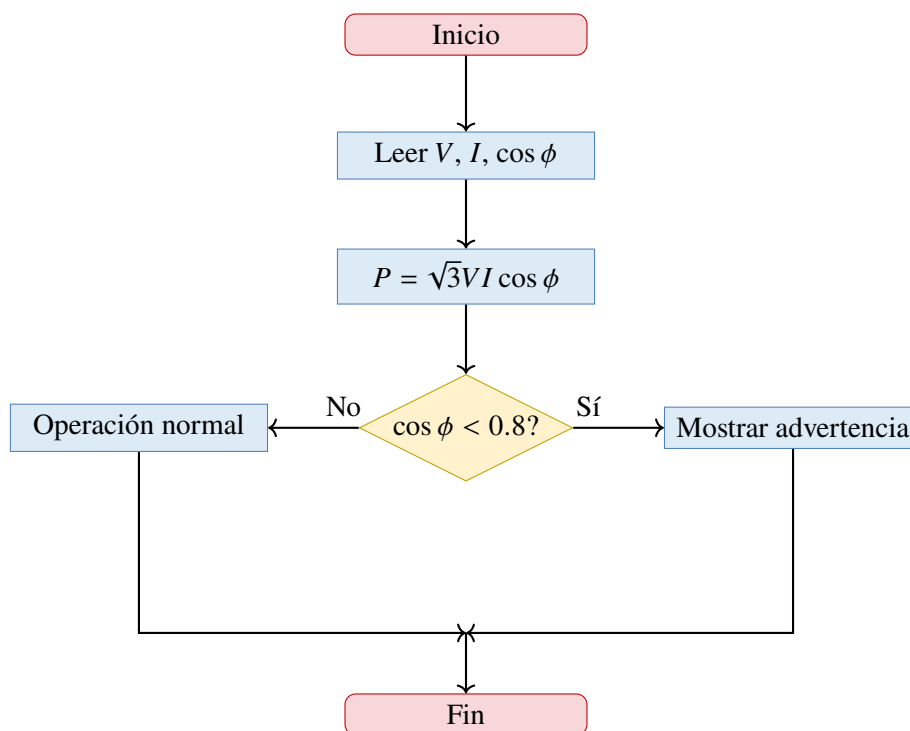


Figura 6.1: Diagrama de flujo compacto para evaluación del factor de potencia.

6.4.2. Comandos y estilos principales para diagramas de flujo (TikZ)

En las Tablas 6.2 y 6.3 se han indicado los principales comando que se utilizan en la elaboración de diagramas de flujo, tales como el que se observa en la Fig. 6.1. Para la definición de colores es necesario incluir en el preámbulo del documento las siguientes instrucciones:

```

\usepackage{xcolor}

\definecolor{softblue}{RGB}{221,235,247}
\definecolor{softyellow}{RGB}{255,242,204}
\definecolor{softred}{RGB}{248,215,218}

\definecolor{edgeblue}{RGB}{79,129,189}
\definecolor{edgelyellow}{RGB}{192,160,0}
\definecolor{edgered}{RGB}{192,0,0}

```

Tabla 6.2: TikZ para diagramas de flujo: librerías, estilos y nodos

Elemento y descripción	Código típico
Cargar librerías: habilita rombos, flechas y posicionamiento relativo	<code>\usetikzlibrary{shapes.geometric, arrows.meta, positioning}</code>
Definir estilo Inicio/Fin: caja redondeada para inicio y término	<code>startstop/.style={rectangle, rounded corners, draw, align=center}</code>
Definir estilo Proceso: bloque rectangular para cálculos u operaciones	<code>process/.style={rectangle, draw, align=center}</code>
Definir estilo Decisión: rombo para condiciones Sí/No	<code>decision/.style={diamond, aspect=2, draw, align=center}</code>
Definir estilo de flecha: flechas uniformes y más visibles	<code>arrow/.style={->, thick}</code>
Crear un nodo (bloque): genera un bloque con identificador	<code>\node (A) [process] {Texto};</code>
Colocar debajo de otro nodo (requiere node distance)	<code>\node (B) [process, below of=A] {...};</code>
Colocar a la derecha/izquierda (requiere positioning)	<code>\node (C) [process, right=1cm of A] {...};</code>

Tabla 6.3: TikZ para diagramas de flujo: conexiones y rutas

Elemento y descripción	Código típico
Conectar con flecha simple: conexión recta entre nodos	<code>\draw[arrow] (A) - (B);</code>
Ruta en L (horizontal y luego vertical): útil para ramificaciones	<code>\draw[arrow] (A) - (B);</code>
Ruta en L invertida (vertical y luego horizontal): reconexión de ramas	<code>\draw[arrow] (A) - (B);</code>
Etiquetar una flecha (Sí/No u otra decisión)	<code>\draw[arrow] (A) - node[above]{Sí} (B);</code>
Crear tramo corto antes de doblar (para acortar ramas)	<code>- ++(0.4,0) - (B)</code>
Nodo de unión invisible (recombinación de ramas)	<code>\node (join) [coordinate] {};</code>

6.5. Estructuras iterativas

En ingeniería es frecuente utilizar ciclos:

- Método de Newton–Raphson.
- Simulación temporal discreta.
- Integración numérica.

Ejemplo conceptual:

Mientras el error sea mayor que una tolerancia, repetir cálculo.

6.6. Escritura de algoritmos en pseudocódigo

El pseudocódigo permite describir algoritmos sin depender de un lenguaje específico (Python, C, MATLAB, etc.).

6.6.1. Paquetes recomendados

En el preámbulo:

```
\usepackage{algorithm}
\usepackage{algpseudocode}
```

6.6.2. Ejemplo en pseudocódigo

La producción del pseudocódigo que se muestra en El Algoritmo 1, para el diagrama de flujo que se presenta en la Fig. 6.1, se puede obtener mediante los siguientes comandos:

```
\begin{algorithm}
\caption{Cálculo de potencia trifásica}
\begin{algorithmic}[1]
\Require  $V$ ,  $I$ ,  $\cos\phi$ 
\Ensure Potencia  $P$ 

\State  $P \leftarrow \sqrt{3} V I \cos\phi$ 

\If{ $\cos\phi < 0.8$ }
  \State Mostrar advertencia
\EndIf

\State \Return  $P$ 
\end{algorithmic}
\end{algorithm}
```

Algorithm 1 Cálculo de potencia trifásica

Require: V , I , $\cos \phi$

Ensure: Potencia P

- 1: $P \leftarrow \sqrt{3}VI \cos \phi$
 - 2: **if** $\cos \phi < 0.8$ **then**
 - 3: Mostrar advertencia
 - 4: **end if**
 - 5: **return** P
-

6.7. Estructuras básicas en pseudocódigo

En la Tabla 6.4, se resumen las principales instrucciones utilizadas para la generación de pseudocódigos.

Tabla 6.4: Comandos principales en algpseudocode

Comando	Función
<code>\State</code>	Instrucción simple
<code>\If ... \EndIf</code>	Estructura condicional
<code>\For ... \EndFor</code>	Ciclo con contador
<code>\While ... \EndWhile</code>	Ciclo condicional
<code>\Require</code>	Variables de entrada
<code>\Ensure</code>	Resultado esperado
<code>\Return</code>	Valor de salida

6.8. Ejemplo iterativo: método de Newton–Raphson

En la Fig. 6.2 se representa el diagrama de flujo correspondiente al algoritmo iterativo de Newton Raphson. Para generar este código se utilizaron las isguientes instrucciones:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}[
node distance=1.2cm,
every node/.style={font=\small},
startstop/.style={
rectangle,
rounded corners,
draw=edgeblue,
fill=softblue,
align=center,
minimum width=3.4cm
},
process/.style={
rectangle,
draw=edgeblue,
fill=softblue,
align=center,
minimum width=4.2cm
},
decision/.style={
diamond,
aspect=2.2,
draw=edgeyellow,
fill=softyellow,
align=center,
inner sep=1pt
},
arrow/.style={->, thick}
```

```

]

\node (start) [startstop] {Inicio};
\node (init) [process, below of=start] {$x \leftarrow x_0$};
\node (eval) [process, below of=init] {Evaluar $f(x)$ y $f'(x)$};
\node (dec) [decision, below of=eval, yshift=-0.25cm]
{$|f(x)| > \varepsilon$?};

\node (update)[process, below=0.9cm of dec]
{$x \leftarrow x - \frac{f(x)}{f'(x)}$};

\node (end) [startstop, left=1.6cm of dec] {Fin};

% Flujo principal
\draw[arrow] (start) -- (init);
\draw[arrow] (init) -- (eval);
\draw[arrow] (eval) -- (dec);

% Rama NO
\draw[arrow] (dec.west) -- node[above]{No} (end.east);

% Rama SÍ
\draw[arrow] (dec.south) -- node[right]{Sí} (update.north);

% Loop
\draw[arrow] (update.east) -- ++(0.6,0) |- (eval.east);

\end{tikzpicture}
\caption{Diagrama de flujo del método de Newton--Raphson.}
\label{fig:DiaFlujoNewton}
\end{figure}

```

Previamente debe incorporarse en el preámbulo las siguientes definiciones:

```

\usepackage{xcolor}

\definecolor{softblue}{RGB}{221,235,247}
\definecolor{softyellow}{RGB}{255,242,204}
\definecolor{edgeblue}{RGB}{79,129,189}
\definecolor{edgelyellow}{RGB}{192,160,0}

```

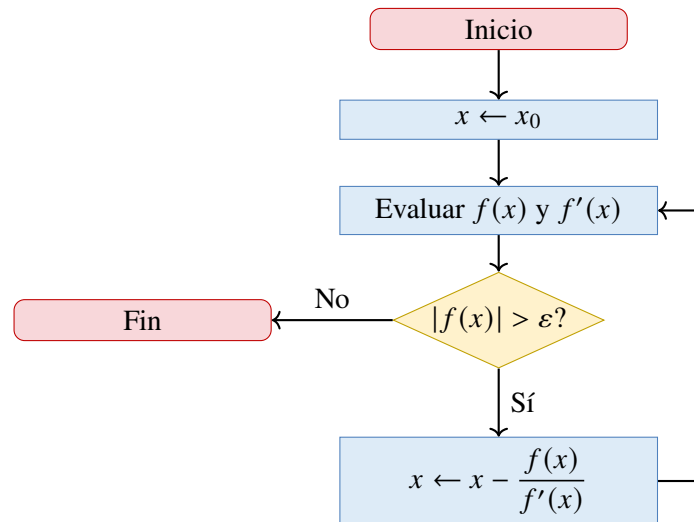


Figura 6.2: Diagrama de flujo del método de Newton–Raphson.

Mediante el código siguiente, se puede obtener el pseudocódigo que se muestra en el Algoritmo 2

```

\begin{algorithm}
\caption{Newton-Raphson\label{alg:NewtonRapshon}}
\begin{algorithmic}[1]
\Require Función  $f(x)$ , derivada  $f'(x)$ , valor inicial  $x_0$ 
\Ensure Raíz aproximada  $x$ 

\State  $x \leftarrow x_0$ 

\While{ $|f(x)| > \varepsilon$ }
\State  $x \leftarrow x - \frac{f(x)}{f'(x)}$ 
\EndWhile

\State \Return  $x$ 
\end{algorithmic}
\end{algorithm}
    
```

Resultado:

Algorithm 2 Newton–Raphson

Require: Función $f(x)$, derivada $f'(x)$, valor inicial x_0

Ensure: Raíz aproximada x

- 1: $x \leftarrow x_0$
 - 2: **while** $|f(x)| > \varepsilon$ **do**
 - 3: $x \leftarrow x - \frac{f(x)}{f'(x)}$
 - 4: **end while**
 - 5: **return** x
-

El Algoritmo 2 muestra una estructura iterativa típica. Este tipo de algoritmo es común en análisis de sistemas de potencia y control.

6.9. Comparación: diagrama vs. pseudocódigo

En la Tabla 6.5, se resume una comparación cualitativa para definir el uso de los diagramas de flujo o el pseudocódigo en un texto determinado.

Tabla 6.5: Comparación conceptual

Aspecto	Diagrama de flujo	Pseudocódigo
Visual	Sí	Parcial
Formal	Medio	Alto
Uso en tesis	Introductorio	Muy frecuente
Claridad lógica	Alta	Muy alta

Ambos son complementarios y deben emplearse según el contexto.

6.10. Buenas prácticas

- No sobrecargar el diagrama con exceso de texto.
- Mantener coherencia en símbolos.
- Numerar algoritmos si el documento es formal.
- Usar nombres descriptivos de variables.
- Referenciar algoritmos con `\label` y `\ref`.

6.10.1. Flujo típico en proyectos de ingeniería

En entornos industriales y académicos, el proceso suele seguir:

Modelo matemático → Diagrama de flujo → Pseudocódigo →
→ Pseudocódigo → Implementación (Python/MATLAB/C)

Esta secuencia garantiza trazabilidad y reproducibilidad.

6.11. Implementación y documentación de código fuente

Una vez definido el modelo matemático, estructurado el diagrama de flujo y formalizado el pseudocódigo, el siguiente paso natural en ingeniería es la implementación computacional.

En documentación técnica profesional es frecuente incluir fragmentos de código fuente en anexos para garantizar reproducibilidad, validación y trazabilidad del trabajo desarrollado.

6.11.1. Inserción de código con resaltado sintáctico

El paquete `listings` permite insertar código fuente con resaltado de sintaxis, numeración de líneas y formato profesional.

En el preámbulo del documento debe incluirse:

```
\usepackage{listings}
\usepackage{xcolor}

\definecolor{softblue}{RGB}{221,235,247}
\definecolor{softyellow}{RGB}{255,242,204}
\definecolor{edgeblue}{RGB}{79,129,189}
\definecolor{edgeyellow}{RGB}{192,160,0}
\definecolor{softred}{RGB}{248,215,218} % relleno rojo pastel
\definecolor{edgered}{RGB}{192,0,0} % borde rojo sobrio
\definecolor{codebg}{RGB}{248,248,248}
\definecolor{codeframe}{RGB}{180,180,180}
\definecolor{codekw}{RGB}{0,0,150}
\definecolor{codecom}{RGB}{0,110,0}
\definecolor{codestr}{RGB}{150,0,0}
\definecolor{codenum}{RGB}{90,90,90}

\lstdefinestyle{EngineeringCode}{
  backgroundcolor=\color{codebg},
  frame=single,
  rulecolor=\color{codeframe},
  basicstyle=\ttfamily\small,
  keywordstyle=\color{codekw}\bfseries,
  commentstyle=\color{codecom}\itshape,
  stringstyle=\color{codestr},
  numbers=left,
  numberstyle=\tiny\color{codenum},
  stepnumber=1,
  numbersep=8pt,
  tabsize=2,
  showstringspaces=false,
  breaklines=true,
  breakatwhitespace=true,
  captionpos=b
}
```

Un programa en Python quedaría de esta forma:

```
1 import numpy as np
2
3 def newton(f, df, x0, tol=1e-6, max_iter=50):
4     x = x0
5     for k in range(max_iter):
6         if abs(f(x)) < tol:
7             return x
```

```

8     x = x - f(x)/df(x)
9     return x
10
11 # Ejemplo
12 f = lambda x: x**2 - 2
13 df = lambda x: 2*x
14 root = newton(f, df, 1.0)
15 print("Ra z aproximada:", root)

```

Listing 6.1: Implementación del método de Newton–Raphson en Python.

Como se muestra en el Listado 6.1, la implementación sigue exactamente la estructura del diagrama de flujo presentado previamente.

Para un listado en Matlab el resultados sería este:

```

1 V = 13.8e3;      % Voltaje en voltios
2 I = 120;        % Corriente en amperios
3 pf = 0.85;      % Factor de potencia
4
5 P = sqrt(3)*V*I*pf;
6
7 fprintf("Potencia activa = %.2f kW\n", P/1e3);

```

Listing 6.2: Cálculo de potencia trifásica en MATLAB.

La inserción de listados de programas se puede realizar con el siguiente código para un programa en Python:

```

\lstinputlisting[
style=EngineeringCode,
language=Python,
caption={Script completo de simulación.},
label={lst:script_completo}
]{scripts/simulacion.py}

```

Y de esta forma si el código viene de un programa en Matlab:

```

\begin{lstlisting}[style=EngineeringCode,
language=Matlab,
caption={Cálculo de potencia trifásica en MATLAB.},
label={lst:potencia_matlab}]
V = 13.8e3;      % Voltaje en voltios
I = 120;        % Corriente en amperios
pf = 0.85;      % Factor de potencia
P = sqrt(3)*V*I*pf;
fprintf("Potencia activa = %.2f kW\n", P/1e3);
\end{lstlisting}

```

La inclusión del código fuente permite cerrar el ciclo completo del proceso ingenieril:

Modelo matemático → Diagrama de flujo → Pseudocódigo →
→ Implementación → Documentación

Este enfoque garantiza reproducibilidad, trazabilidad y rigor técnico.

6.12. Actividad de aplicación

Ejercicio

Diseñar el diagrama de flujo y el pseudocódigo para:

- Simulación discreta de un circuito RLC.
- Control ON/OFF de temperatura.
- Cálculo iterativo de carga en un capacitor.

Trabajo autónomo

Desarrollar un mini-reporte que incluya:

- Un modelo matemático.
- Un diagrama de flujo.
- El pseudocódigo correspondiente.
- Discusión técnica del algoritmo.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Modelado lógico de procesos de ingeniería.
- Traducción entre diagrama, pseudocódigo e implementación.
- Representación formal de algoritmos iterativos.
- Documentación profesional de código fuente.
- Integración entre análisis matemático y programación.

Cierre del capítulo

La documentación técnica en ingeniería no se limita a ecuaciones y gráficos. Los algoritmos constituyen el puente entre la teoría y la implementación.

Dominar la representación lógica mediante diagramas de flujo y pseudocódigo permite al ingeniero comunicar soluciones reproducibles y estructuradas, competencia esencial en investigación y desarrollo tecnológico.

Parte III

Producción Profesional

Capítulo 7

Bibliografía profesional con BibTeX

Propósito del capítulo

La gestión profesional de referencias bibliográficas es un componente esencial en la documentación técnica y científica. En ingeniería eléctrica y electrónica, el uso de bibliografía automatizada es un estándar en publicaciones académicas y reportes formales.

Este capítulo desarrolla el uso de BibTeX y herramientas complementarias como JabRef para producir referencias consistentes y adaptables a distintos estilos editoriales.

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Comprender la diferencia entre bibliografía manual y automatizada.
- Crear y utilizar archivos `.bib`.
- Insertar citas correctamente en el texto.
- Aplicar estilos bibliográficos profesionales (IEEE).
- Gestionar referencias mediante JabRef.

7.1. ¿Por qué utilizar BibTeX?

En documentación técnica profesional no se recomienda escribir referencias manualmente. El uso de BibTeX ofrece ventajas fundamentales:

- Numeración automática.
- Formato consistente.
- Cambio de estilo sin reescribir referencias.
- Gestión eficiente de múltiples fuentes.
- Reducción de errores tipográficos.

Este método es estándar en publicaciones IEEE y revistas indexadas.

7.2. Estructura de un archivo .bib

Un archivo bibliográfico contiene entradas estructuradas. Por ejemplo:

```
@book{kundur1994,  
  author   = {P. Kundur},  
  title    = {Power System Stability and Control},  
  publisher = {McGraw-Hill},  
  year     = {1994}  
}
```

Cada entrada incluye:

- Tipo de referencia (@article, @book, @inproceedings, etc.).
- Clave de identificación (por ejemplo, kundur1994).
- Campos obligatorios y opcionales.

La clave es el identificador que se utilizará dentro del documento.

7.3. Uso en el documento principal

En el texto, las citas se insertan mediante:

```
\cite{kundur1994}
```

Ejemplo en contexto:

Según [4], la estabilidad del sistema depende de múltiples factores dinámicos.

Al final del documento se agregan:

```
\bibliographystyle{IEEEtran}  
\bibliography{referencias}
```

Donde `referencias.bib` es el archivo bibliográfico.

7.4. Flujo de trabajo en Overleaf

El procedimiento habitual es:

1. Crear un archivo llamado `referencias.bib`.
2. Insertar las entradas bibliográficas.
3. Citar en el documento mediante `\cite`.
4. Compilar (Overleaf ejecuta BibTeX automáticamente).

La numeración se actualiza de manera automática.

7.5. Gestión bibliográfica con JabRef

JabRef es un gestor bibliográfico libre compatible con BibTeX.

Sitio oficial:

<https://www.jabref.org>

Permite:

- Importar referencias desde bases de datos académicas.
- Editar metadatos correctamente.
- Exportar archivos .bib organizados.
- Detectar campos faltantes.

Recomendaciones profesionales

- Normalizar claves (por ejemplo, apellidoAño).
- Verificar mayúsculas en títulos técnicos.
- Completar DOI cuando esté disponible.
- Evitar caracteres especiales innecesarios.

7.6. Ejemplo en estilo IEEE

Con el estilo IEEE, una referencia aparece como:

[1] P. Kundur, *Power System Stability and Control*. McGraw-Hill, 1994.

Las citas en el texto se muestran como:

Según [1], la estabilidad del sistema depende de múltiples factores dinámicos.

7.7. Tipos de referencias utilizadas en ingeniería eléctrica

En la práctica profesional y académica de la ingeniería eléctrica y electrónica no se emplean únicamente libros. Es frecuente citar artículos científicos, ponencias en conferencias, tesis, reportes técnicos, normas internacionales, páginas web especializadas y catálogos de fabricantes.

A continuación se presentan los tipos más relevantes junto con su estructura en BibTeX y su correspondiente citación.

7.7.1. Libro (@book)

Ejemplo clásico en sistemas de potencia:

```
@book{kundur1994,  
  author   = {P. Kundur},  
  title    = {Power System Stability and Control},  
  publisher = {McGraw-Hill},  
  year     = {1994}  
}
```

Citación en el texto: [4].

7.7.2. Artículo científico (@article)

```
@article{anderson2003,  
  author = {P. M. Anderson and A. A. Fouad},  
  title  = {Power System Control and Stability Analysis},  
  journal = {IEEE Transactions on Power Systems},  
  year   = {2003},  
  volume = {18},  
  number = {2},  
  pages  = {567--575}  
}
```

Citación: [5].

7.7.3. Conferencia (@inproceedings)

```
@inproceedings{smith2018,  
  author   = {J. Smith and R. Brown},  
  title    = {Harmonic Analysis in Smart Grids},  
  booktitle = {Proceedings of the IEEE PowerTech Conference},  
  year     = {2018},  
  pages    = {45--50}  
}
```

Citación: [6].

7.7.4. Tesis doctoral (@phdthesis)

```
@phdthesis{garcia2020,  
  author = {L. Garcia},  
  title  = {Advanced Control Strategies for Microgrids},  
  school = {Universidad Politécnica de Madrid},  
  year   = {2020}  
}
```

Citación: [7].

7.7.5. Tesis de maestría (@mastersthesis)

```
@mastersthesis{lopez2019,  
  author = {M. Lopez},  
  title  = {Modelado de Convertidores Multinivel},  
  school = {Universidad Politécnica Salesiana},  
  year   = {2019}  
}
```

Citación: [8].

7.7.6. Trabajo de titulación

Cuando no existe tipo específico puede emplearse @misc:

```
@misc{perez2021,  
  author = {D. Perez},  
  title  = {Diseño de un Sistema Fotovoltaico para Aplicación Rural},  
  note   = {Trabajo de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana},  
  year   = {2021}  
}
```

Citación: [9].

7.7.7. Reporte técnico (@techreport)

```
@techreport{iea2022,  
  author      = {International Energy Agency},  
  title       = {World Energy Outlook 2022},  
  institution = {IEA},  
  year        = {2022}  
}
```

Citación: [10].

7.7.8. Normas y estándares

```
@misc{ieee519,  
  author = {{IEEE Standards Association}},  
  title  = {{IEEE Standard 519-2014:  
           Harmonic Control in Electric Power Systems}},  
  year   = {2014},  
  note   = {IEEE Std 519-2014}  
}
```

Citación: [11].

7.7.9. Página web

```
@misc{ieeewebsite,  
  author = {{IEEE}},  
  title = {IEEE Xplore Digital Library},  
  year = {2023},  
  note = {Disponible en: https://ieeexplore.ieee.org}  
}
```

Citación: [12].

7.7.10. Catálogo técnico de fabricante

```
@misc{siemens2021,  
  author = {{Siemens AG}},  
  title = {SIPROTEC 5 Protection Relays Catalog},  
  year = {2021},  
  note = {Technical Catalog}  
}
```

Citación: [13].

7.8. Buenas prácticas en gestión bibliográfica

En ingeniería eléctrica es habitual combinar diversas fuentes técnicas. Se recomienda:

- Utilizar siempre BibTeX o BibLaTeX.
- Completar los campos obligatorios de cada entrada.
- Incluir DOI cuando esté disponible.
- Normalizar las claves bibliográficas (por ejemplo: apellidoAño).
- Verificar la consistencia tipográfica.
- Priorizar fuentes indexadas y normas oficiales.

La correcta gestión bibliográfica es un indicador de rigor académico y profesional.

7.9. Fuentes científicas vs. fuentes técnicas

En ingeniería eléctrica es fundamental distinguir entre distintos tipos de fuentes:

Fuentes científicas

- Artículos indexados en revistas (IEEE, Elsevier, Springer).
- Ponencias en congresos científicos.
- Tesis doctorales y de maestría.

Estas fuentes presentan revisión por pares y constituyen el nivel más alto de evidencia técnica.

Fuentes técnicas

- Normas IEEE, IEC, ANSI.
- Reportes institucionales.
- Manuales técnicos.
- Catálogos de fabricantes.
- Documentación industrial.

En proyectos de ingeniería aplicada, las normas y catálogos pueden ser tan relevantes como los artículos científicos.

La correcta combinación de ambas fortalece la calidad técnica del documento.

7.10. Uso del DOI en referencias

El DOI (Digital Object Identifier) es un identificador permanente de documentos científicos. Cuando esté disponible, debe incluirse en la entrada BibTeX:

```
@article{example2021,  
  author = {A. Author},  
  title = {Advanced Converter Control},  
  journal = {IEEE Transactions on Power Electronics},  
  year = {2021},  
  volume = {36},  
  number = {4},  
  pages = {1234--1245},  
  doi = {10.1109/TPEL.2021.1234567}  
}
```

El uso del DOI mejora la trazabilidad y facilita la localización precisa de la fuente.

7.11. Errores frecuentes en BibTeX

Durante el aprendizaje es común cometer los siguientes errores:

- Omitir campos obligatorios (por ejemplo, journal en artículos).
- No proteger mayúsculas en títulos técnicos.
- Utilizar claves inconsistentes.
- No compilar múltiples veces el documento.
- Escribir referencias manualmente en lugar de usar BibTeX.

Protección de mayúsculas

En títulos técnicos es recomendable proteger siglas:

```
title = {Analysis of {HVDC} Systems}
```

Si no se protege, el estilo IEEE puede convertirlas en minúsculas.

7.12. Resumen comparativo de tipos de entrada

Tabla 7.1: Tipos de entradas BibTeX en ingeniería eléctrica

Tipo	Uso típico	Nivel académico
@book	Libro de referencia	Alto
@article	Revista indexada	Muy alto
@inproceedings	Congreso	Alto
@phdthesis	Tesis doctoral	Muy alto
@mastersthesis	Tesis maestría	Alto
@techreport	Reporte institucional	Medio–alto
@misc	Norma, web, catálogo	Variable

7.13. Flujo profesional real en ingeniería eléctrica

En la práctica profesional y académica, la gestión bibliográfica no comienza en el archivo .bib. El proceso inicia con la búsqueda estructurada de literatura técnica confiable.

A continuación se describe el flujo de trabajo profesional recomendado para ingenieros eléctricos.

7.13.1. Búsqueda en bases de datos especializadas

Las principales bases de datos utilizadas en ingeniería eléctrica son:

- IEEE Xplore
- Scopus
- Web of Science
- ScienceDirect

Ejemplo: Búsqueda en IEEE Xplore

1. Ingresar a <https://ieeexplore.ieee.org>
2. Introducir palabras clave (por ejemplo: “microgrid stability control”)
3. Filtrar por:

- Año de publicación
 - Tipo de documento
 - Revista o conferencia
4. Revisar el resumen (abstract)
 5. Verificar número de citas
 6. Confirmar que la revista esté indexada

7.13.2. Exportación en formato BibTeX

IEEE Xplore permite exportar directamente la referencia:

- Seleccionar “Cite This”
- Elegir formato BibTeX
- Descargar el archivo
- Importarlo en JabRef o copiarlo en `referencias.bib`

7.13.3. Revisión y normalización

Antes de utilizar la referencia se recomienda:

- Verificar nombres completos de autores
- Confirmar volumen y número
- Añadir DOI si no aparece
- Normalizar la clave (apellidoAño)

7.13.4. Citación en el documento

Una vez incorporada la referencia:

`\cite{apellidoAño}`

La numeración se actualiza automáticamente según el orden de aparición.

7.13.5. Verificación final

Antes de entregar un trabajo técnico:

- Compilar al menos dos veces
- Revisar advertencias
- Confirmar que todas las citas aparecen en la bibliografía
- Verificar coherencia entre citas y referencias

Este flujo garantiza trazabilidad, rigor académico y calidad profesional.

7.14. Búsqueda en Scopus

La gestión bibliográfica profesional comienza con la búsqueda estructurada de literatura científica confiable en bases de datos especializadas.

Scopus es una base de datos multidisciplinaria ampliamente utilizada para identificar artículos científicos indexados.

The screenshot shows the Scopus search interface. At the top, there is a search bar with the text 'Microgrid system' and a 'Search' button. Below the search bar, there are options to 'Save search', 'Set search alert', and 'Add search field'. The search results are displayed in a table with columns for Document title, Authors, Source, Year, and Citations. The first result is an article titled 'SDN-MG25: A Comprehensive Dataset for Cybersecurity Analysis in Software Defined Networking-Enabled Microgrid Systems' by Zhang, Z., Turnbull, B., Kermanshahi, S.K., Pota, H., and Hu, J., published in the IEEE Open Journal of the Computer Society in 2026, pp. 26-36.

Document title	Authors	Source	Year	Citations
SDN-MG25: A Comprehensive Dataset for Cybersecurity Analysis in Software Defined Networking-Enabled Microgrid Systems	Zhang, Z., Turnbull, B., Kermanshahi, S.K., Pota, H., Hu, J.	IEEE Open Journal of the Computer Society	2026	0

Figura 7.1: Búsqueda de artículos en Scopus utilizando palabras clave relacionadas con microredes.

Como se observa en la Figura 7.1, es posible filtrar por año, tipo de documento y relevancia.

7.14.1. Revisión del artículo seleccionado

Una vez identificado el artículo, se revisa:

- Título
- Autores
- Revista
- Año
- Número de citas
- Resumen (abstract)

Hierarchical control of droop-controlled AC and DC microgrids - A general approach toward standardization

IEEE Transactions on Industrial Electronics • Article • 2011 • DOI: 10.1109/TIE.2010.2066534

Guerrero, Josep M.^a; Vasquez, Juan C.^a; Matas, José^b; De Vicuña, Luis García^b; Castilla, Miguel^b

^a Department of Automatic Control Systems and Computer Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 08036, Spain

[Show all information](#)

The screenshot shows a Scopus article page. At the top, there are buttons for 'View PDF', 'Full text', 'Export', and 'Save to list'. Below these, there are tabs for 'Document', 'Impact', and 'Citations (50)'. A dropdown menu is open, listing file types: 'File types', 'CSV', 'RIS', 'BibTeX', 'Plain text', 'Reference managers', 'Refworks (RIS)', and 'Zotero (RIS)'. The 'BibTeX' option is highlighted. The article title 'Hierarchical control of droop-controlled AC and DC microgrids - A general approach toward standardization' is visible at the top. The abstract text is partially visible below the tabs.

Figura 7.2: Ejemplo de artículo científico seleccionado en Scopus.

El número de citas es un indicador importante de impacto académico.

7.14.2. Exportación en formato BibTeX

Las plataformas científicas permiten exportar la referencia directamente en formato BibTeX.

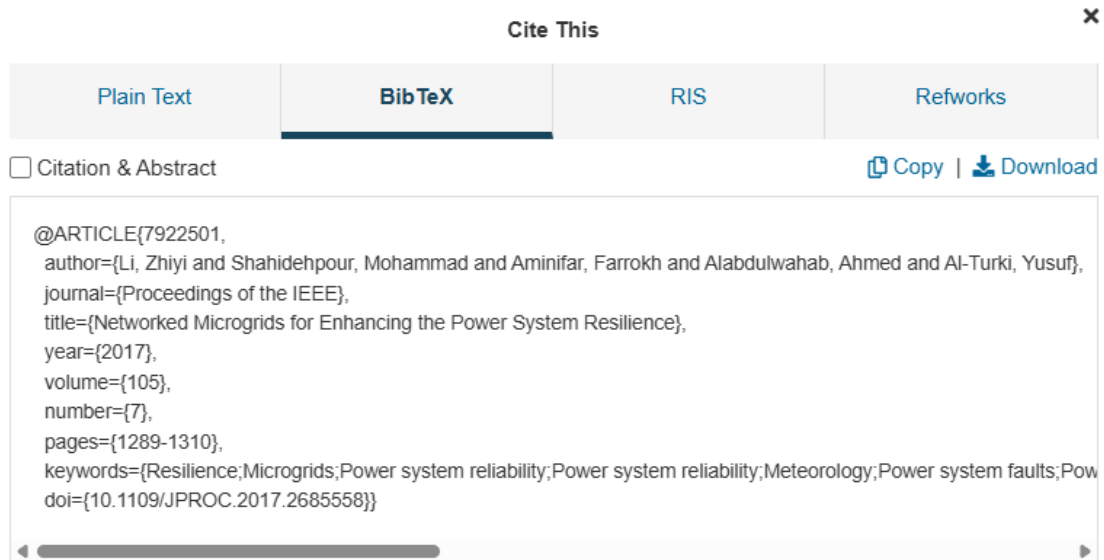


Figura 7.3: Exportación de referencia en formato BibTeX.

El código exportado debe revisarse antes de incorporarlo al archivo `referencias.bib`.

7.14.3. Búsqueda en IEEE Xplore

IEEE Xplore es la base de datos más relevante en ingeniería eléctrica y electrónica.

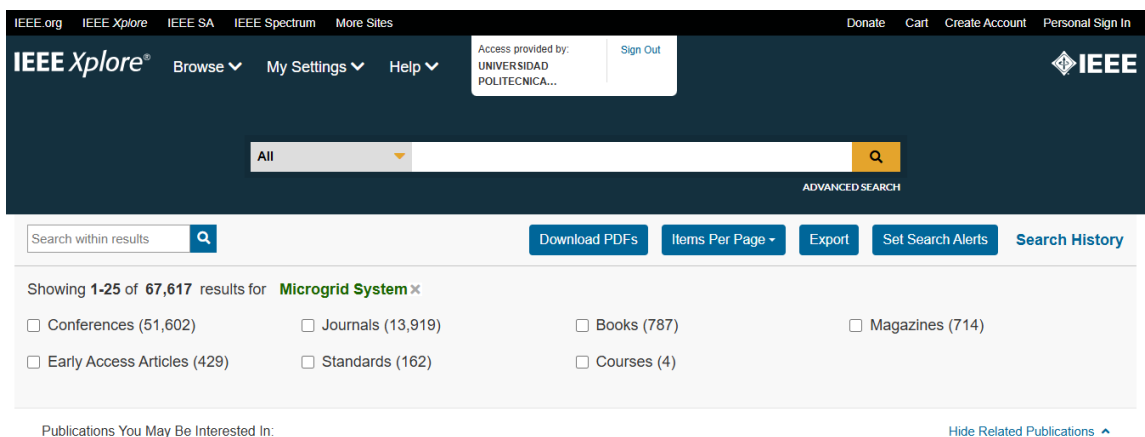


Figura 7.4: Búsqueda de artículos en IEEE Xplore.

Desde IEEE Xplore es posible:

- Descargar el artículo en PDF.

- Exportar la referencia en formato BibTeX.
- Consultar métricas de citación.
- Acceder al DOI oficial.

7.14.4. Criterios para evaluar la calidad de un artículo

Antes de citar un artículo científico, el ingeniero debe evaluar:

- Indexación en bases reconocidas.
- Revista Q1, Q2, etc.
- Número de citas.
- Año de publicación.
- Prestigio editorial (IEEE, Elsevier, Springer).
- Existencia de revisión por pares.

La selección adecuada de fuentes fortalece la calidad técnica del documento y demuestra rigor académico.

7.15. Actividad de aplicación

Ejercicio

- Crear un archivo `referencias.bib` con al menos tres fuentes.
- Insertar citas en un documento técnico.
- Aplicar el estilo IEEE.
- Verificar numeración automática.

Trabajo autónomo

Desarrollar un mini-artículo técnico que incluya:

- Al menos ocho referencias.
- Uso correcto de `\cite`.
- Bibliografía estilo IEEE.
- Archivo `.bib` organizado.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Gestión profesional de referencias bibliográficas.
- Uso estructurado de archivos .bib.
- Aplicación de estilos IEEE.
- Evaluación de calidad de fuentes científicas.
- Integración de DOI y trazabilidad académica.

Cierre del capítulo

En este capítulo se desarrolló la gestión automatizada de referencias bibliográficas mediante BibTeX y JabRef.

Este conocimiento marca la transición entre documentación básica y producción técnica profesional con estándares internacionales.

Capítulo 8

Artículo profesional estilo IEEE

Propósito del capítulo

La producción de artículos científicos en ingeniería requiere el cumplimiento de estándares editoriales específicos. En ingeniería eléctrica y electrónica, el formato IEEE constituye uno de los estándares más utilizados a nivel internacional para revistas y congresos.

Este capítulo desarrolla el uso de la clase `IEEEtran` para la redacción de artículos técnicos en formato profesional, incluyendo estructura, citación, bibliografía y un ejemplo real de plantilla completada.

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Utilizar correctamente la clase `IEEEtran`.
- Identificar la estructura mínima de un artículo IEEE (título, autores, abstract, secciones).
- Insertar ecuaciones, tablas y figuras con estilo profesional.
- Citar fuentes y construir bibliografía en formato IEEE con BibTeX.
- Compilar y adaptar una plantilla real de revista IEEE.

Requisitos en el preámbulo del libro

Para que los ejemplos de este capítulo funcionen sin errores en el libro, el archivo principal debe tener cargados (al menos) los siguientes paquetes:

```
\usepackage{graphicx} % figuras
\usepackage{float}    % opción [H] en figuras/tablas
\usepackage{booktabs} % tablas profesionales
\usepackage{hyperref} % enlaces
\usepackage{fancyvrb} % \VerbatimInput para incluir .tex como verbatim
```

8.1. La clase IEEEtran

La clase IEEEtran define la estructura y el formato editorial típico de IEEE (dos columnas, tipografía, estilos de título, encabezados, abstract, etc.). En Overleaf se encuentran plantillas listas para usar (IEEE Journal e IEEE Conference).

8.1.1. Journal vs. Conference

IEEE utiliza dos modos muy comunes:

- **Revista (Journal):** estructura más formal y extensa.
- **Congreso (Conference):** artículos más compactos, típicamente de 4 a 6 páginas.

Ejemplos:

```
% Formato IEEE Journal
\documentclass[journal]{IEEEtran}
```

```
% Formato IEEE Conference
\documentclass[conference]{IEEEtran}
```

8.2. Estructura mínima de un artículo IEEE

Un artículo IEEE contiene, de forma típica:

1. Título y autores.
2. Resumen (Abstract) y palabras clave (Keywords).
3. Introducción.
4. Metodología / Modelo / Desarrollo.
5. Resultados y discusión.
6. Conclusiones.
7. Referencias.

A continuación se muestra una estructura mínima en modo conference:

```
\documentclass[conference]{IEEEtran}

\usepackage{amsmath,amssymb}
\usepackage{graphicx}
\usepackage{cite} % recomendado por IEEE

\begin{document}
```

```
\title{Título del Artículo IEEE}
\author{Nombre Apellido}
\maketitle

\begin{abstract}
Resumen del trabajo en 150--250 palabras.
\end{abstract}

\begin{IEEEkeywords}
IEEEtran, LaTeX, ingeniería, documentación técnica
\end{IEEEkeywords}

\section{Introducción}
Texto introductorio con citas \cite{ref1}.

\bibliographystyle{IEEEtran}
\bibliography{referencias}

\end{document}
```

8.3. Introducción

La Introducción IEEE debe:

- Motivar el problema (contexto y relevancia).
- Presentar brevemente el enfoque.
- Referenciar trabajos previos (estado del arte).
- Indicar contribuciones principales.
- Describir la organización del artículo.

Una práctica recomendada es cerrar la introducción con un párrafo del tipo:

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma: la Sección II presenta el modelo, la Sección III describe la metodología, la Sección IV discute resultados y la Sección V concluye.

8.4. Citas en formato IEEE

IEEE utiliza citación numérica en corchetes: [1], [2], [3]. En L^AT_EX, esto se logra con BibTeX y el estilo IEEEtran.bst.

Ejemplos de uso:

```
... como se reporta en \cite{kundur1994}.
... ver \cite{refA,refB,refC}.
```

8.4.1. Buenas prácticas de citación

- Citar fuentes primarias (papers, normas, manuales oficiales).
- Evitar citar sitios web no técnicos como fuentes principales.
- Verificar consistencia: autores, año, revista, DOI.
- Citar figuras o tablas si se basan en fuentes externas.

8.5. Ejemplo completo: llenado de una plantilla IEEE Journal

A continuación se presenta un ejemplo real: el archivo `bare_jrn1.tex` y su PDF compilado. Este ejercicio permite al estudiante comprender la relación directa entre el código \LaTeX y el formato final IEEE.

8.5.1. Código fuente (plantilla llenada) en formato verbatim

Si el archivo es largo, es recomendable mostrarlo en dos partes usando `firstline` y `lastline`.

```

\documentclass[journal]{IEEEtran}
\usepackage{graphicx}
\hyphenation{op-tical net-works semi-conduc-tor}
\begin{document}
\title{Ejemplo de Artículo IEEE para Revistas Eléctricas y Electrónicas
utilizando Plantillas LaTeX}
\author{José M. Aller,~\IEEEmembership{Senior Member,~IEEE,}
\thanks{J. M. Aller trabaja con la Dirección de Electricidad de
La Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca, Ecuador;
e-mail: (jaller@ups.edu.ec}
\thanks{Este manuscrito fue recibido el 25 de Febrero de 2026.}}
\markboth{Journal of \LaTeX\ Class Files,~Vol.~14, No.~8, August~2015}%
{Shell \MakeLowercase{\textit{et al.}}: Bare Demo of
IEEEtran.cls for IEEE Journals}
\maketitle
\begin{abstract}
Este artículo presenta un ejemplo de plantilla de la IEEE
utilizado para escribir trabajos científicos en sus revistas. La
información suministrada tiene por objeto ayudar al los autores
a presentar sus trabajo de investigación en formatos académicos
utilizando este tipo de plantillas.
\end{abstract}
\begin{IEEEkeywords}
IEEE, IEEEtran, journal, \LaTeX, paper, template.
\end{IEEEkeywords}
\IEEEpeerreviewmaketitle
\section{Introducción}
\IEEEPARstart{E}{sta} plantilla es un ejemplo para poder
comenzar a realizar artículos científicos y de ingeniería en las
revistas y congresos patrocinados por la IEEE que es la
asociación de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Esta
plantilla es útil para realizar estos trabajos en \LaTeX\
utilizando la clase IEEEtran.cls version 1.8b posterior.
Se desea a todos que tengan mucho éxito en sus publicaciones.
\hfill José M. Aller
\hfill Febrero 25, 2026
\subsection{Subsección aquí}
El texto correspondiente a una subsección se escribe aquí.

Si se desea escribir una ecuación se coloca así:
\begin{equation}
v_a=R_a\,i_a+G\,\omega\,i_f
\label{eq:Armadura}
\end{equation}
En (\ref{eq:Armadura}), se presenta la ecuación de la armadura
de una máquina de corriente continua.

```

Figura 8.1: Plantilla IEEE Journal llenada (Parte 1): archivo bare_jrnl.tex.

```

En la Tabla \ref{tab:Parametros} se presentan los parámetros
eléctricos de la máquina de corriente continua.
\begin{table}[h]
\caption{Parámetros de la MCC\label{tab:Parametros}}
\medskip{}
\begin{centering}
\begin{tabular}{ccc}
\hline
$R_{a}$ & $G$ & $R_{f}$\tabularnewline
\hline
$0,9\,\Omega$ & $10\,H$ & $105\,\Omega$\tabularnewline
\hline
\end{tabular}
\par\end{centering}
\end{table}
\subsubsection{Título de una subsubsección}
Texto de una subsección se coloca en esta parte de la plantilla,
bajo la entrada subsección.

En la Fig. \ref{fig:UPS} se muestra una foto de la Universidad
Politécnica Salesiana.
\begin{figure}
\centering \includegraphics[width=1\columnwidth]{UPS.jpg}
\caption{Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca}
\label{fig:UPS}
\end{figure}
\section{Conclusiones}
Las conclusiones del trabajo se presentan en esta sección de la
plantilla.
\appendices
\section{Primer apéndice o anexo de la publicación}
El anexo al artículo si existe se coloca aquí.
\section{Segundo Anexo}
Si existe un segundo anexo o apéndice se coloca a continuación.
\section*{Agradecimientos}
El autor quiere agradecer a la Universidad Politécnica
Salesiana, a la Dirección de Electricidad y al Grupo de
Investigación ene Energía por las facilidades ofrecidas para la
realización de este trabajo.
\begin{thebibliography}{1}
\bibitem{IEEEhowto:kopka}
H.~Kopka and P.~W. Daly, \emph{A Guide to \LaTeX}, 3rd~ed.\hskip 1em plus
0.5em minus 0.4em\relax Harlow, England: Addison-Wesley, 1999.
\end{thebibliography}

```

Figura 8.2: Plantilla IEEE Journal llenada (Parte 2): continuación del archivo bare_jrnl.tex.

```
\begin{IEEEbiography}[{\includegraphics[width=1in,height=1.25in,clip,
keepaspectratio]{Foto_aller_150x150.jpg}}]{Jose M. Aller}
Es un profesor de la Universidad Politécnica Salesiana - Sede
Cuenca que dicta asignaturas de Teoría Electromagnética,
Máquinas Eléctricas e Integración Curricular. Escribió este
libro para ayudar a sus estudiantes de Electricidad y
Electrónica para ayudarlos a realizar sus trabajos finales de
grado, trabajos formales y presentaciones.
\end{IEEEbiography}
\end{document}
```

Figura 8.3: Plantilla IEEE Journal llenada (Parte 2): continuación del archivo bare_jrnl.tex.

Nota: Ajuste los rangos `firstline/lastline` según la longitud real del archivo en su proyecto Overleaf.

8.5.2. PDF compilado (resultado final)

La Figura 8.4 muestra el resultado compilado del ejemplo:

JOURNAL OF L^AT_EX CLASS FILES, VOL. 14, NO. 8, AUGUST 2015

1

Ejemplo de Artículo IEEE para Revistas Eléctricas y Electrónicas utilizando Plantillas LaTeX

José M. Aller, *Senior Member, IEEE*,

Abstract—Este artículo presenta un ejemplo de plantilla de la IEEE utilizado para escribir trabajos científicos en sus revistas. La información suministrada tiene por objeto ayudar al los autores a presentar sus trabajo de investigación en formatos académicos utilizando este tipo de plantillas.

Index Terms—IEEE, IEEEtran, journal, L^AT_EX, paper, template.

I. INTRODUCCIÓN

ESTA plantilla es un ejemplo para poder comenzar a realizar artículos científicos y de ingeniería en las revistas y congresos patrocinados por la IEEE que es la asociación de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Esta plantilla es útil para realizar estos trabajos en L^AT_EX utilizando la clase IEEEtran.cls version 1.8b posterior.

Se desea a todos que tengan mucho éxito en sus publicaciones.

José M. Aller

Febrero 25, 2026

A. Subsección aquí

El texto correspondiente a una subsección se escribe aquí. Si se desea escribir una ecuación se coloca así:

$$v_a = R_a i_a + G \omega i_f \quad (1)$$

En (1), se presenta la ecuación de la armadura de una máquina de corriente continua.

En la Tabla I se presentan los parámetros eléctricos de la máquina de corriente continua.

TABLE I
PARÁMETROS DE LA MCC

R_a	G	R_f
$0,9 \Omega$	$10 H$	105Ω

1) *Título de una subsubsección*: Texto de una subsección se coloca en esta parte de la plantilla, bajo la entrada subsección.

En la Fig. 1 se muestra una foto de la Universidad Politécnica Salesiana.

II. CONCLUSIONES

Las conclusiones del trabajo se presentan en esta sección de la plantilla.

J. M. Aller trabaja con la Dirección de Electricidad de La Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca, Ecuador; e-mail: jaller@ups.edu.ec
Este manuscrito fue recibido el 25 de Febrero de 2026.



Fig. 1. Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca

APPENDIX A

PRIMER APÉNDICE O ANEXO DE LA PUBLICACIÓN

El anexo al artículo si existe se coloca aquí.

APPENDIX B

SEGUNDO ANEXO

Si existe un segundo anexo o apéndice se coloca a continuación.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, a la Dirección de Electricidad y al Grupo de Investigación ene Energía por las facilidades ofrecidas para la realización de este trabajo.

REFERENCES

- [1] H. Kopka and P. W. Daly, *A Guide to L^AT_EX*, 3rd ed. Harlow, England: Addison-Wesley, 1999.



Jose M. Aller Es un profesor de la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca que dicta asignaturas de Teoría Electromagnética, Máquinas Eléctricas e Integración Curricular. Escribió este libro para ayudar a sus estudiantes de Electricidad y Electrónica para ayudarlos a realizar sus trabajos-finales de grado, trabajos formales y presentaciones.

Figura 8.4: Resultado compilado (PDF) del ejemplo IEEE Journal: primera página.

8.6. Buenas prácticas en artículos IEEE

- No “forzar” espacios: evitar `\vspace` salvo casos puntuales.
- Mantener figuras legibles: ejes con unidades, texto mínimo pero claro.
- Usar referencias cruzadas: `\label` y `\ref`.
- Revisar consistencia de símbolos y unidades (`siunitx` recomendado).
- Evitar abuso de negritas, subrayados o colores.
- Cuidar el idioma técnico: precisión, objetividad y claridad.

8.6.1. Errores comunes

- Bibliografía no aparece: olvidar compilar con BibTeX o biber según el caso.
- Figuras fuera de margen: imágenes muy grandes o sin control de ancho.
- Citas “??”: falta de compilación múltiple (recompilar dos veces).
- Plantilla modificada de forma incorrecta: alterar comandos internos de IEEEtran.

8.7. Actividad de aplicación

Ejercicio guiado

1. Crear un proyecto nuevo en Overleaf a partir de una plantilla IEEE (Journal o Conference).
2. Cambiar título, autores, abstract y keywords.
3. Añadir una figura y una tabla con `booktabs`.
4. Crear un archivo `.bib` con al menos 3 referencias y citarlas con `\cite`.
5. Compilar verificando que referencias y numeración aparezcan correctamente.

Trabajo autónomo

Redactar un mini-artículo IEEE (2–3 páginas) sobre un tema técnico (p. ej., filtro, convertidor, máquina eléctrica, control, o sistema de potencia), incluyendo:

- Introducción con al menos 5 citas.
- Un modelo matemático con ecuaciones numeradas.
- Un gráfico (PGFPlots o imagen externa).
- Conclusiones y bibliografía en formato IEEE.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Estructuración formal de artículos científicos.
- Aplicación correcta del formato IEEEtran.
- Redacción técnica orientada a publicación.
- Integración de figuras, tablas y ecuaciones bajo estándares internacionales.

Cierre del capítulo

En este capítulo se abordó el salto al formato IEEE real mediante IEEEtran, incluyendo estructura, citación y un ejemplo completo con plantilla y PDF compilado.

En el siguiente capítulo se profundiza la producción profesional con bibliografía avanzada, recomendaciones editoriales y organización de proyectos técnicos.

Capítulo 9

Reporte técnico industrial

Propósito del Capítulo

En el ámbito profesional de la ingeniería eléctrica y electrónica, los reportes técnicos constituyen el principal medio de comunicación entre equipos de diseño, empresas, organismos reguladores y clientes.

Este capítulo desarrolla el uso de la clase `report` para la elaboración de informes técnicos industriales estructurados y trazables.

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Utilizar correctamente la clase `report`.
- Estructurar capítulos y anexos técnicos.
- Diseñar portadas profesionales.
- Integrar ecuaciones, tablas y figuras en informes extensos.
- Elaborar documentación reproducible y coherente.

9.1. ¿Cuándo utilizar la clase `report`?

La clase `report` es adecuada para:

- Informes técnicos industriales.
- Estudios de factibilidad.
- Reportes de laboratorio extensos.
- Proyectos de ingeniería aplicada.

A diferencia de `article`, permite organizar el contenido en capítulos numerados.

Ejemplo básico:

```
\documentclass[12pt,a4paper]{report}
```

9.2. Estructura básica de un reporte técnico

Un reporte típico puede estructurarse como:

```
\documentclass[12pt,a4paper]{report}

\usepackage{amsmath,amssymb}
\usepackage{graphicx}
\usepackage{siunitx}

\begin{document}

\title{Estudio Técnico de un Sistema de Potencia}
\author{Nombre del Ingeniero}
\date{\today}

\maketitle
\tableofcontents

\chapter{Introducción}
\chapter{Marco Teórico}
\chapter{Metodología}
\chapter{Resultados}
\chapter{Conclusiones}

\end{document}
```

La numeración de capítulos, figuras y ecuaciones es automática.

9.3. Estructura recomendada en ingeniería eléctrica

Un informe técnico industrial puede incluir:

1. Resumen Ejecutivo.
2. Introducción.
3. Descripción del Sistema.
4. Modelo Matemático.
5. Resultados Experimentales o Simulados.
6. Análisis Técnico.
7. Conclusiones y Recomendaciones.
8. Anexos Técnicos.

Los anexos permiten incluir cálculos detallados sin interrumpir el flujo principal del documento.

9.4. Portada técnica personalizada

En entornos industriales es frecuente diseñar una portada específica:

```
\begin{titlepage}
\centering
{\Large EMPRESA XYZ}\\[1cm]
{\LARGE Estudio Técnico de Transformador}\\[1cm]
Ingeniero Responsable: Nombre\\
Fecha: \today
\end{titlepage}
```

Puede añadirse logotipo institucional mediante:

```
\includegraphics[width=0.3\textwidth]{logo.png}
```

9.5. Numeración y referencias internas

La clase report numera automáticamente:

- Capítulos.
- Figuras.
- Tablas.
- Ecuaciones.

Ejemplo de referencia cruzada:

Como se muestra en la Figura `\ref{fig:resultado}`

La consistencia en referencias es fundamental en documentación técnica formal.

9.6. Trazabilidad y reproducibilidad

Un buen reporte técnico debe:

- Indicar claramente hipótesis y supuestos.
- Incluir unidades en todas las magnitudes.
- Documentar fuentes de datos.
- Mantener coherencia en notación matemática.
- Separar claramente resultados y análisis.

La reproducibilidad es un criterio clave en ingeniería moderna.

9.7. Actividad de aplicación

Ejercicio

Desarrollar un reporte técnico breve que incluya:

- Portada formal.
- Tabla de contenidos.
- Dos capítulos técnicos.
- Un gráfico.
- Un diagrama eléctrico.

Trabajo autónomo

Elaborar un reporte técnico completo (8–12 páginas) que incluya:

- Modelado matemático.
- Simulación o análisis experimental.
- Resultados gráficos.
- Bibliografía técnica.
- Anexos con cálculos detallados.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Diseño de presentaciones técnicas profesionales.
- Integración de ecuaciones y gráficos en diapositivas.
- Uso estratégico de overlays.
- Comunicación técnica oral apoyada en documentación estructurada.

Cierre del capítulo

En este capítulo se desarrolló la elaboración de reportes técnicos industriales mediante la clase *report*.

El dominio de esta estructura permite al ingeniero producir documentación formal utilizada en empresas, consultorías y proyectos de gran escala.

Capítulo 10

Presentaciones profesionales con beamer

Propósito del capítulo

La comunicación técnica no culmina con la redacción de un documento. En el ámbito profesional y académico, los resultados deben presentarse de manera clara, estructurada y visualmente coherente.

Este capítulo desarrolla el uso de la clase `beamer` para la creación de presentaciones profesionales directamente en \LaTeX [14].

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Crear presentaciones técnicas estructuradas.
- Organizar contenido en diapositivas (frames).
- Insertar ecuaciones, gráficos y diagramas eléctricos.
- Utilizar temas visuales coherentes.
- Aplicar buenas prácticas de comunicación técnica.

10.1. ¿Por qué utilizar Beamer?

La clase `beamer` permite generar presentaciones con la misma coherencia tipográfica que un documento técnico.

Ventajas principales:

- Integración directa con ecuaciones matemáticas.
- Compatibilidad con gráficos PGFPlots.
- Inclusión de diagramas Circuitikz.
- Consistencia con artículos y reportes escritos en \LaTeX .

Beamer es especialmente útil en defensas de tesis, congresos y presentaciones técnicas especializadas.

10.2. Estructura básica de una presentación

Un documento básico se construye como:

```
\documentclass{beamer}

\usetheme{Madrid}

\title{Título de la Presentación}
\author{Nombre del Autor}
\date{\today}

\begin{document}

\frame{\titlepage}

\begin{frame}{Introducción}
Contenido de la diapositiva.
\end{frame}

\end{document}
```

Cada diapositiva corresponde a un entorno frame.

10.3. Estructura recomendada en ingeniería

Una presentación técnica puede organizarse como:

1. Contexto del problema.
2. Modelo matemático.
3. Metodología.
4. Resultados.
5. Discusión.
6. Conclusiones.

La claridad estructural es más importante que la cantidad de información.

10.4. Ecuaciones en Beamer

Las ecuaciones se integran de forma natural:

```
\begin{frame}{Modelo Matemático}
\[
F = \frac{d}{dt}(L i)
\]
\end{frame}
```

Esto permite presentar modelos dinámicos con precisión tipográfica.

10.5. Inserción de gráficos y diagramas

Las figuras se incluyen igual que en documentos normales:

```
\begin{frame}{Resultados}
\centering
\includegraphics[width=0.7\textwidth]{grafico.pdf}
\end{frame}
```

También pueden insertarse directamente gráficos generados con PGFPLOTS o circuitos con Circuitikz.

10.6. Uso de bloques informativos

Beamer permite organizar visualmente el contenido:

```
\begin{frame}{Conclusión}
\begin{block}{Resultado Principal}
El sistema mostró eficiencia superior al 90\%.
\end{block}
\end{frame}
```

Existen también entornos como `alertblock` y `exampleblock`.

10.7. Ejemplo completo: presentación mínima (4 diapositivas)

A continuación se presenta un ejemplo completo y funcional de una presentación en Beamer con cuatro diapositivas: portada, agenda, contenido técnico y conclusiones. Este ejemplo puede copiarse en un proyecto nuevo en Overleaf (tipo Beamer) y compilarse directamente.

```
\documentclass{beamer}

% Tema visual (puede cambiarse por Warsaw, CambridgeUS, Berkeley, etc.)
\usetheme{Madrid}

% Paquetes útiles
\usepackage[spanish,es-noshorthands]{babel}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage{amsmath,amssymb}
\usepackage{siunitx}
\usepackage{pgfplots}
\pgfplotsset{compat=1.18}

% Datos de portada
\title[Beamer en Ingeniería]{Presentación técnica con Beamer}
\author{Dr. José Manuel Aller \\\ Universidad Politécnica Salesiana}
\institute{Carrera de Electricidad}
```

```

\date{\today}

\begin{document}

% -----
% Diapositiva 1: Portada
% -----
\begin{frame}
\titlepage
\end{frame}

% -----
% Diapositiva 2: Agenda / Introducción
% -----
\begin{frame}{Introducción y agenda}
\begin{itemize}
\item Contexto del problema.
\item Modelo matemático.
\item Resultados (gráfico).
\item Conclusiones.
\end{itemize}
\end{frame}

% -----
% Diapositiva 3: Ecuación + gráfico (PGFPlots)
% -----
\begin{frame}{Modelo y resultado representativo}

\begin{block}{Modelo (ejemplo RLC)}
\[
v(t)=Ri(t)+L\frac{di(t)}{dt}+\frac{1}{C}\int i(t)\,dt
\]
\end{block}

\vspace{0.3cm}

\begin{figure}
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
width=0.85\textwidth,
height=0.42\textwidth,
xlabel={t$ [ms]},
ylabel={i(t)$ [A]},
xmin=0, xmax=100,
ymin=-1.2, ymax=1.2,
xtick={0,20,40,60,80,100},
grid=major
]

```

```

\addplot[very thick,blue,domain=0:100,samples=300]
{exp(-0.02*x)*sin(deg(2*pi*0.05*x))};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\end{figure}

\end{frame}

% -----
% Diapositiva 4: Conclusiones
% -----
\begin{frame}{Conclusiones}

\begin{itemize}
  \item Beamer permite presentar resultados con tipografía profesional.
  \item Las ecuaciones se integran de forma nativa y clara.
  \item PGFPlots permite gráficos reproducibles sin software externo.
\end{itemize}

\begin{alertblock}{Mensaje final}
Una buena presentación prioriza claridad, estructura y figuras informativas.
\end{alertblock}

\end{frame}

\end{document}

```

10.8. Resultado visual de la presentación Beamer

La Fig. 10.1 muestra el resultado final de la presentación generada con la clase beamer. Se incluyen las cuatro diapositivas organizadas como subfiguras.



Figura 10.1: Resultado final de la presentación técnica generada con Beamer.

10.9. Temas y fondos en Beamer

Una de las ventajas de Beamer es la posibilidad de cambiar rápidamente el estilo visual de la presentación mediante **temas** (themes) y **fondos**. Esto permite adaptar la diapositiva a un contexto académico, industrial, institucional o de congreso.

10.9.1. Temas Beamer más utilizados

El tema se define en el preámbulo:

```
\usetheme{Madrid}
```

Algunos temas comunes y su uso típico:

- Madrid: equilibrado y limpio. Recomendado para clases y defensas.
- Warsaw: más “formal” y estructurado. Útil en presentaciones académicas.

- CambridgeUS: apariencia institucional (barra superior). Muy usado en universidades.
- Berkeley: navegación lateral. Conveniente en charlas largas con secciones claras.
- AnnArbor: encabezados visibles, estilo didáctico. Útil en cursos.
- Boadilla: sobrio, con espacios amplios. Útil en presentaciones técnicas industriales.

Nota: Beamer incluye muchos temas. Una referencia rápida puede consultarse en:
<https://www.overleaf.com/learn/latex/Beamer>.

10.9.2. Temas de color (`colortheme`)

Además del tema general, se puede cambiar el esquema de colores con:

```
\usecolortheme{dolphin}
```

Ejemplos habituales:

- `dolphin`: alto contraste, buen aspecto en proyector.
- `seahorse`: suave y agradable para clases.
- `whale`: más oscuro, útil para auditorios.
- `orchid`: estilo moderno con acentos.

10.9.3. Cambiar el fondo de las diapositivas

1) Fondo con color sólido (`simple` y `profesional`)

```
\setbeamercolor{background canvas}{bg=white}
```

También puede usarse un gris muy suave:

```
\setbeamercolor{background canvas}{bg=gray!5}
```

2) Fondo con gradiente (`suave`)

```
\setbeamertheme{background canvas}[vertical shading  
[top=white,bottom=blue!5]
```

3) Fondo con imagen (marca institucional)

Se recomienda usar imágenes claras y discretas (por ejemplo, un logo en baja opacidad), para no afectar la legibilidad del texto.

```
\usepackage{tikz}

\setbeamertemplate{background}{
\begin{tikzpicture}
  \useasboundingbox (0,0) rectangle(\paperwidth,\paperheight);
  \node[opacity=0.08,inner sep=0pt] at (0.5\paperwidth,0.5\paperheight)
  {\includegraphics[width=0.75\paperwidth]{Logo_UPS.png}};
\end{tikzpicture}
}
```

4) Fondo solo en una diapositiva (por ejemplo portada)

Beamer permite aplicar un fondo únicamente en un frame:

```
{
\setbeamertemplate{background}{
\begin{tikzpicture}
  \useasboundingbox (0,0) rectangle(\paperwidth,\paperheight);
  \node[opacity=0.10] at (0.5\paperwidth,0.5\paperheight)
  {\includegraphics[width=0.8\paperwidth]{Logo_UPS.png}};
\end{tikzpicture}
}
\begin{frame}
\titlepage
\end{frame}
}
```

10.10. Aparición progresiva de ítems y transiciones (overlays)

En Beamer es posible controlar qué elementos aparecen en cada “paso” de una diapositiva (mientras se avanza con una tecla). Esto se logra mediante **overlays**. Es muy útil para explicar ideas paso a paso sin saturar la pantalla.

10.10.1. Método 1: \pause (el más simple)

```
\begin{frame}{Introducción}
\begin{itemize}
  \item Contexto del problema
  \pause
  \item Modelo matemático
  \pause
  \item Resultados principales
```

```
\pause
\item Conclusiones
\end{itemize}
\end{frame}
```

Cada `\pause` hace que lo siguiente aparezca en el siguiente “clic”.

10.10.2. Método 2: <+> (recomendado para listas)

```
\begin{frame}{Agenda}
\begin{itemize}[<+>]
\item Contexto del problema
\item Modelo matemático
\item Resultados
\item Conclusiones
\end{itemize}
\end{frame}
```

La opción [`<+>`] hace que cada ítem aparezca automáticamente uno a uno.

10.10.3. Método 3: Control exacto con <n->

```
\begin{frame}{Puntos clave}
\begin{itemize}
\item<1-> Definición del sistema
\item<2-> Parámetros principales
\item<3-> Resultados y discusión
\item<4-> Conclusiones
\end{itemize}
\end{frame}
```

Aquí se controla explícitamente en qué paso aparece cada ítem.

10.10.4. Texto y ecuaciones que aparecen después

```
\begin{frame}{Modelo}
\[
P = VI
\]
\pause
\[
P = VI\cos\phi
\]
\end{frame}
```

10.10.5. Diferencias: `\only`, `\uncover` y `\visible`

- `\only<2>...`: muestra el contenido solo en el paso 2 (no reserva espacio).
- `\uncover<2->...`: lo oculta antes, pero reserva el espacio (evita “saltos”).
- `\visible<2->...`: similar a `uncover` (reserva espacio).

Ejemplo comparativo:

```
\begin{frame}{Efecto de overlays}
Texto inicial.

\only<2>{\textbf{(only) aparece solo en el paso 2}}

\uncover<3->{\textbf{(uncover) aparece desde el paso 3 y mantiene el espacio}}

\end{frame}
```

10.10.6. Resaltar ítems conforme aparecen (`\alert`)

```
\begin{frame}{Resultados}
\begin{itemize}[<+>]
\item Medición experimental
\item \alert{Aumento de eficiencia del 12\%}
\item Validación del modelo
\end{itemize}
\end{frame}
```

10.10.7. Construcción progresiva de un circuito (overlay con `Circuitikz`)

El siguiente ejemplo muestra cómo construir un circuito paso a paso utilizando overlays. Cada elemento aparece al presionar una tecla.

```
\begin{frame}{Construcción progresiva de un circuito RC}
\centering

\begin{circuitikz}

% Paso 1: Fuente
\uncover<1->{\draw (0,0) to[battery,l=V] (0,3);}

% Paso 2: Resistencia
\uncover<2->{\draw (0,3) to[R,l=R] (4,3);}

% Paso 3: Capacitor y retorno
\uncover<3->{\draw (4,3) to[C,l=C] (4,0) -- (0,0);}

\end{circuitikz}

\end{frame}
```

```
\end{circuitikz}
\vspace{0.5cm}

\uncover<1->{\textbf{Paso 1:} Fuente de alimentación.}
\uncover<2->{\textbf{Paso 2:} Se añade la resistencia.}
\uncover<3->{\textbf{Paso 3:} Se completa el circuito RC.}

\end{frame}
```

10.10.8. Recomendaciones prácticas

- Usar overlays para explicar paso a paso, no como “efecto visual”.
- En listas, preferir [$\langle + - \rangle$] por simplicidad.
- Para evitar que el texto “salte”, preferir `\uncover` en lugar de `\only`.
- En proyectores, usar fondos claros y texto oscuro (alta legibilidad).
- Si se usa imagen de fondo, aplicar `opacity` bajo (0.05 a 0.12).
- Evitar fondos muy saturados: distraen y dificultan la lectura.
- Mantener un estilo uniforme en todas las diapositivas.

10.11. Buenas prácticas en presentaciones técnicas

- No saturar las diapositivas con texto.
- Priorizar gráficos y esquemas.
- Mantener coherencia visual.
- Usar tamaño de fuente legible.
- Evitar leer literalmente la diapositiva.
- Mostrar solo ecuaciones esenciales.

Una presentación no es un documento reducido; es un soporte visual para la explicación oral.

10.12. Actividad de aplicación

Ejercicio

Crear una presentación de seis diapositivas que incluya:

- Portada.

- Modelo matemático.
- Un gráfico.
- Un diagrama eléctrico.
- Conclusiones.

Trabajo autónomo

Desarrollar una presentación completa (12–15 diapositivas) sobre un proyecto técnico que incluya:

- Introducción técnica.
- Modelo matemático.
- Resultados experimentales o simulados.
- Diagramas eléctricos.
- Conclusiones técnicas.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Diseño de presentaciones técnicas profesionales.
- Integración de ecuaciones y gráficos en diapositivas.
- Uso estratégico de overlays.
- Comunicación técnica oral apoyada en documentación estructurada.

Cierre del capítulo

Con este capítulo se completa el ciclo de comunicación técnica:

Escribir → Documentar → Publicar → Presentar.

El dominio de Beamer permite al ingeniero comunicar resultados con el mismo nivel de rigor que el documento técnico original.

Parte IV

Proyectos de Gran Escala

Capítulo 11

Organización de proyectos grandes

Propósito del capítulo

Los proyectos de gran escala —como tesis de maestría, tesis doctorales, libros técnicos o reportes institucionales extensos— requieren una organización estructural diferente a la de documentos cortos.

Este capítulo desarrolla estrategias profesionales para organizar proyectos complejos en L^AT_EX, garantizando claridad, modularidad y mantenibilidad.

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Modularización de proyectos complejos.
- Gestión estructural de archivos.
- Uso estratégico de `\input` y `\include`.
- Organización avanzada de apéndices.
- Preparación de documentos para impresión formal.

11.1. Modularización del proyecto

En documentos extensos no es recomendable trabajar en un único archivo.

Una estructura típica puede ser:

Proyecto/

`main.tex`

```
Capitulo1.tex
Capitulo2.tex
Capitulo3.tex
Anexos.tex
referencias.bib
figuras/
```

El archivo principal (`main.tex`) organiza el contenido:

```
\chapter{Introducción}
\input{Capitulo1}
```

```
\chapter{Modelo Matemático}
\input{Capitulo2}
```

```
\chapter{Resultados}
\input{Capitulo3}
```

Este enfoque facilita el trabajo colaborativo y el mantenimiento del documento.

11.2. Diferencia entre `\input` e `\include`

- `\input`: inserta directamente el contenido del archivo.
- `\include`: permite compilación selectiva y manejo independiente de capítulos.

Para tesis y libros extensos suele recomendarse `\include`.

11.3. Uso de apéndices

Los anexos técnicos pueden agregarse mediante:

```
\appendix
\chapter{Cálculos Detallados}
```

A partir de este comando, los capítulos se numeran como:

A, B, C, ...

Esto permite separar contenido principal y material complementario.

11.4. Gestión de figuras y recursos

Se recomienda:

- Mantener todas las figuras en una carpeta específica.
- Utilizar nombres descriptivos.
- Preferir formatos vectoriales para gráficos técnicos.

- Evitar duplicación innecesaria de archivos.

Puede definirse una ruta global:

```
\graphicspath{{figuras/}}
```

11.5. Coherencia estructural

En proyectos extensos es fundamental:

- Mantener notación matemática consistente.
- Definir comandos personalizados cuando sea necesario.
- Evitar redefinir estructuras sin justificación.
- Utilizar referencias cruzadas en lugar de numeración manual.

La coherencia tipográfica es un indicador de profesionalismo.

11.6. Preparación para impresión

Para versiones finales se recomienda:

- Revisar márgenes institucionales.
- Verificar numeración de páginas.
- Comprobar todas las referencias cruzadas.
- Compilar múltiples veces hasta eliminar advertencias.
- Revisar ortografía técnica.

En caso de publicación formal, pueden utilizarse clases específicas de tesis proporcionadas por la institución.

11.7. Actividad de aplicación

Ejercicio

Organizar un proyecto de al menos cuatro capítulos utilizando archivos independientes y referencias cruzadas.

Trabajo Autónomo

Diseñar la estructura base de una tesis o libro técnico que incluya:

- Documento principal.
- Capítulos independientes.
- Anexos técnicos.
- Archivo bibliográfico.
- Carpeta de figuras.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Modularización de proyectos complejos.
- Gestión estructural de archivos.
- Uso estratégico de `\input` y `\include`.
- Organización avanzada de apéndices.
- Preparación de documentos para impresión formal.

Cierre del capítulo

Con este capítulo se completa el recorrido desde la escritura básica hasta la organización de proyectos complejos.

El dominio de estas herramientas permite producir tesis, libros y documentación técnica de gran escala con estándares profesionales internacionales.

Conclusión general

Este libro integra un recorrido completo desde fundamentos básicos hasta producción profesional de documentos técnicos en ingeniería.

En cada uno de los temas desarrollados se ha intentado ofrecer herramientas adecuadas para la difusión de trabajos, reportes técnicos, informes, artículos científicos, tesis y trabajos finales de carrera.

Lecturas recomendadas para profundizar en \LaTeX

El sistema de composición tipográfica \LaTeX posee una extensa literatura que abarca desde manuales introductorios hasta referencias técnicas avanzadas utilizadas en la producción profesional de documentos científicos. Para los estudiantes que deseen profundizar en el uso de esta herramienta, se recomienda la consulta de varios textos clásicos que han contribuido significativamente a la difusión y consolidación de \LaTeX como estándar en la comunicación científica y técnica.

Uno de los recursos más accesibles para estudiantes hispanohablantes es el manual *Introducción no tan corta a \LaTeX* [15]. Este documento, disponible en castellano, constituye probablemente la guía introductoria más difundida en la comunidad académica. En él se presentan de forma clara y progresiva los fundamentos del sistema, incluyendo la estructura básica de los documentos, el manejo de fórmulas matemáticas, la inclusión de figuras y tablas, así como la gestión de referencias bibliográficas. Su carácter práctico lo convierte en un excelente punto de partida para quienes se inician en el uso de \LaTeX .

Entre las obras de referencia más completas se encuentra el libro *The \LaTeX Companion* [16], escrito por Frank Mittelbach y Michel Goossens. Este texto, disponible en inglés, es considerado una de las referencias fundamentales para usuarios intermedios y avanzados. La obra describe en profundidad numerosos paquetes y herramientas del ecosistema \LaTeX , permitiendo comprender mejor la estructura tipográfica del sistema y ampliar significativamente las capacidades de edición de documentos científicos complejos.

En el ámbito específico de la escritura matemática, resulta particularmente recomendable el libro *More Math into \LaTeX* de George Grätzer [17]. Esta obra proporciona una guía detallada para la composición de expresiones matemáticas, teoremas, estructuras formales y diversos elementos propios de textos científicos y técnicos. Su enfoque práctico y orientado a autores lo convierte en un recurso muy valioso para estudiantes de ingeniería, matemáticas y ciencias.

Además de los aspectos técnicos del sistema tipográfico, es importante desarrollar habilidades sólidas de comunicación científica. En este sentido, textos como *The Craft of Scientific Writing* [18] y *How to Write and Publish a Scientific Paper* [19] ofrecen orientaciones fundamentales sobre la estructura de artículos científicos, la claridad en la redacción técnica y la presentación

adecuada de resultados experimentales. Aunque estas obras no se centran específicamente en \LaTeX , complementan de manera excelente el aprendizaje del sistema al abordar los principios generales de la escritura académica.

Finalmente, el ecosistema de \LaTeX incluye numerosos paquetes especializados que permiten integrar gráficos científicos, diagramas técnicos y esquemas eléctricos directamente dentro del documento. Entre los más relevantes se encuentran los paquetes `TikZ`, `PGFPlots` y `Circuitikz`, cuyos manuales oficiales [1, 2, 3] proporcionan herramientas muy potentes para la generación de ilustraciones técnicas de alta calidad. Estos recursos son particularmente útiles en disciplinas de ingeniería y ciencias aplicadas, donde la representación gráfica de sistemas, circuitos y resultados experimentales es una parte esencial de la documentación técnica.

En conjunto, la consulta progresiva de estos materiales permite a los estudiantes avanzar desde un uso básico de \LaTeX hasta un dominio más avanzado del sistema, desarrollando simultáneamente competencias sólidas en documentación técnica y comunicación científica.

Bibliografía

- [1] C. Feuersänger, *The PGFPlots Package*, CTAN – Comprehensive TeX Archive Network, 2021, accessed: 11 March 2026. [Online]. Available: <https://pgfplots.sourceforge.net/pgfplots.pdf>
- [2] M. Redaelli, C. Fiandrino, and T. C. Contributors, *Circuitikz — Drawing Electrical Circuits with TikZ*, CTAN, 2025, version documentation. Accessed: 11 March 2026. [Online]. Available: <https://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/circuitikz/doc/circuitikzmanual.pdf>
- [3] TikZ and PGF Development Team, “The tikz and pgf manual,” <https://tikz.dev/>, 2026, accessed: 11 March 2026.
- [4] P. Kundur, “Power system stability and control,” *McGraw-Hill*, 1994.
- [5] P. M. Anderson and A. A. Fouad, “Power system control and stability analysis,” *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 18, no. 2, pp. 567–575, 2003.
- [6] J. Smith and R. Brown, “Harmonic analysis in smart grids,” in *Proceedings of the IEEE PowerTech Conference*, 2018, pp. 45–50.
- [7] L. Garcia, “Advanced control strategies for microgrids,” Ph.D. dissertation, Universidad Politécnica de Madrid, 2020.
- [8] M. Lopez, “Modelado de convertidores multinivel,” Master’s thesis, Universidad Politécnica Salesiana, 2019.
- [9] D. Perez, “Diseño de un sistema fotovoltaico para aplicación rural,” 2021, trabajo de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana.
- [10] I. E. Agency, “World energy outlook 2022,” IEA, Tech. Rep., 2022.
- [11] IEEE Standards Association, “IEEE Standard 519-2014: Harmonic Control in Electric Power Systems,” 2014, iEEE Std 519-2014.
- [12] IEEE, “IEEE Xplore Digital Library,” 2023, disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org>.
- [13] Siemens AG, “Siprotec 5 protection relays catalog,” 2021, technical Catalog.
- [14] Beamer.plus, “The beamer class documentation and tutorials,” <http://www.beamer.plus/home.html>, 2026, accessed: 11 March 2026.

- [15] T. Oetiker, H. Partl, I. Hyna, and E. Schlegl, *Introducción no-tan-corta a LaTeX*, 2023, versión en español. [Online]. Available: <https://tobi.oetiker.ch/lshort/lshort.pdf>
- [16] F. Mittelbach and M. Goossens, *The LaTeX Companion*, 2nd ed. Addison-Wesley, 2004.
- [17] G. Grätzer, *Más allá de LaTeX: La preparación de documentos científicos*. Pearson Educación, 2007.
- [18] M. Alley, *The Craft of Scientific Writing*, 4th ed. Springer, 2013.
- [19] R. A. Day and B. Gastel, *How to Write and Publish a Scientific Paper*, 7th ed. Cambridge University Press, 2012.

El preámbulo del libro explicado

Este anexo describe detalladamente el preámbulo utilizado en este libro. Su objetivo es que cualquier lector pueda:

- Comprender la estructura técnica del documento.
- Reproducir el entorno de compilación.
- Adaptar la configuración a sus propios proyectos.
- Evitar errores frecuentes en documentos extensos.

El preámbulo define la clase del documento, los paquetes utilizados, la configuración tipográfica, los estilos de código y la estructura editorial.

Clase del documento

El libro utiliza la clase:

```
\documentclass[12pt,a4paper,twoside,openright]{book}
```

Explicación de las opciones:

- `book`: estructura por capítulos, adecuada para textos extensos.
- `12pt`: tamaño base de fuente cómodo para lectura técnica.
- `a4paper`: formato internacional estándar.
- `twoside`: márgenes diferenciados para impresión a doble cara.
- `openright`: los capítulos comienzan en página impar.

Esta configuración es apropiada para libros técnicos y tesis doctorales.

Idioma y codificación

```
\usepackage[spanish,es-noshorthands]{babel}  
\usepackage[utf8]{inputenc}  
\usepackage[T1]{fontenc}
```

Función:

- Soporte completo para idioma español.
- División silábica correcta.
- Manejo adecuado de acentos.
- Codificación UTF-8 compatible con editores modernos.

Matemática profesional

```
\usepackage{amsmath,amssymb,bm}  
\usepackage{siunitx}
```

Propósito:

- `amsmath`: entornos matemáticos avanzados.
- `bm`: vectores en negrita matemática.
- `siunitx`: escritura profesional de unidades.

Ejemplo:

```
\SI{230}{\volt}
```

Gráficos técnicos y diagramas

```
\usepackage{tikz}  
\usetikzlibrary{shapes.geometric,positioning,arrows.meta}  
\usepackage{pgfplots}  
\usepackage[american]{circuitikz}
```

Estos paquetes permiten:

- Crear gráficos científicos con PGFPlots.
- Dibujar diagramas de flujo y estructuras lógicas.
- Representar circuitos eléctricos con simbología estándar.

Se establece:

```
\pgfplotsset{compat=1.18}
```

para asegurar compatibilidad estable.

Tipografía y estética profesional

```
\usepackage{newtxtext,newtxmath}
\usepackage{microtype}
```

Función:

- Fuente estilo Times académica.
- Mejor ajuste tipográfico automático.
- Apariencia editorial profesional.

Encabezados personalizados

```
\usepackage{fancyhdr}
\pagestyle{fancy}
```

Permite:

- Mostrar nombre del capítulo en páginas pares.
- Mostrar sección actual en páginas impares.
- Personalizar el número de página.

Esta técnica es común en libros técnicos y publicaciones académicas.

Configuración de márgenes

```
\usepackage[
a4paper,
inner=3cm,
outer=2.5cm,
top=3cm,
bottom=3cm
]{geometry}
```

Interpretación:

- `inner`: margen interior (lado de encuadernación).
- `outer`: margen exterior.
- Márgenes generosos para anotaciones técnicas.

Colores institucionales

Se definen colores suaves tipo pastel para mantener coherencia visual:

```
\definecolor{softblue}{RGB}{221,235,247}
\definecolor{softyellow}{RGB}{255,242,204}
\definecolor{softred}{RGB}{248,215,218}
```

Estos colores se utilizan en:

- Diagramas de flujo.
- Sistemas de control.
- Esquemas eléctricos.
- Bloques informativos.

Entornos para código fuente

Verbatim personalizado

```
\RecustomVerbatimEnvironment{verbatim}{Verbatim}{
  formatcom=\color{verbatimblue},
  fontsize=\small
}
```

Permite mostrar fragmentos de código en azul.

Listados con resaltado de sintaxis

```
\usepackage{listings}
\lstdefinestyle{EngineeringCode}{...}
```

Características:

- Fondo gris claro.
- Numeración de líneas.
- Colores diferenciados para palabras clave.
- Ruptura automática de línea.

Ejemplo de uso:

```
\begin{lstlisting}[style=EngineeringCode,language=Matlab]
x = 0:0.01:10;
y = sin(x);
plot(x,y);
\end{lstlisting}
```

Compilación recomendada

Este libro ha sido diseñado para compilar con:

- pdfLaTeX
- TeXLive (2021 o superior)
- MiKTeX actualizado
- Overleaf (recomendado para estudiantes)

Se recomienda:

- No modificar el orden de carga de paquetes.
- Mantener la versión de PGFPlots indicada.
- Evitar paquetes redundantes.

Buenas prácticas en proyectos extensos

- Dividir capítulos en archivos independientes.
- Usar `\input` para incluir contenido.
- Mantener figuras en una carpeta dedicada.
- Documentar cambios importantes.
- Versionar el proyecto cuando sea posible.

Conclusión del anexo

El preámbulo no es un simple bloque técnico inicial. Es la arquitectura estructural del documento.

Un preámbulo bien diseñado:

- Garantiza estabilidad.
- Mejora la presentación.
- Asegura coherencia tipográfica.
- Facilita la reproducibilidad.

Comprender su funcionamiento permite al ingeniero dominar no solo la escritura técnica, sino también la ingeniería documental.

El preámbulo completo utilizado en la elaboración de este libro es el siguiente:

```

% =====
% LIBRO
% LATEX PARA INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
% Dr. José Manuel Aller Castro
% =====
\documentclass[12pt,a4paper,twoside,openright]{book}
%\documentclass[12pt,a4paper,openright]{book}

% -----
% PAQUETES
% -----

\usepackage[spanish,es-noshorthands]{babel}
\addto\captionsspanish{\renewcommand{\tablename}{Tabla}}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage{amsmath,amssymb,bm}
\usepackage{siunitx}
\usepackage{graphicx}
\usepackage{booktabs}
\usepackage{hyperref}
\usepackage{float}
\usepackage{pgfplots}
\usepackage[american]{circuitikz}
\usepackage{tikz}
\usetikzlibrary{shapes.geometric,positioning,arrows.meta}
\usepackage{xcolor}
\usepackage{fancyhdr}
\usepackage{newtxtext,newtxmath}
\usepackage{microtype}
\usepackage{subcaption}
\usepackage{pdfpages}
\usepackage{algorithm}
\usepackage{algpseudocode}
% --- Para incluir .tex como "verbatim" desde archivo ---
\usepackage{fancyvrb}
\usepackage{xcolor}

\newcommand{\codecell}[1]{%
\begin{minipage}[t]{\linewidth}\ttfamily\footnotesize\raggedright
#1\end{minipage}
}

\definecolor{verbatimblue}{RGB}{0,0,140}

\RecustomVerbatimEnvironment{verbatim}{Verbatim}{
  formatcom=\color{verbatimblue},
  fontsize=\small
}

```

```

\usepackage{listings}

\definecolor{softblue}{RGB}{221,235,247}
\definecolor{softyellow}{RGB}{255,242,204}
\definecolor{edgeblue}{RGB}{79,129,189}
\definecolor{edgelyellow}{RGB}{192,160,0}
\definecolor{softred}{RGB}{248,215,218}      % relleno rojo pastel
\definecolor{edgered}{RGB}{192,0,0}         % borde rojo sobrio

\definecolor{codebg}{RGB}{248,248,248}
\definecolor{codeframe}{RGB}{180,180,180}
\definecolor{codekw}{RGB}{0,0,150}
\definecolor{codecom}{RGB}{0,110,0}
\definecolor{codestr}{RGB}{150,0,0}
\definecolor{codenum}{RGB}{90,90,90}

\lstdefinestyle{EngineeringCode}{
  backgroundcolor=\color{codebg},
  frame=single,
  rulecolor=\color{codeframe},
  basicstyle=\ttfamily\small,
  keywordstyle=\color{codekw}\bfseries,
  commentstyle=\color{codecom}\itshape,
  stringstyle=\color{codestr},
  numbers=left,
  numberstyle=\tiny\color{codenum},
  stepnumber=1,
  numbersep=8pt,
  tabsize=2,
  showstringspaces=false,
  breaklines=true,
  breakatwhitespace=true,
  captionpos=b
}

\usepgfplotslibrary{groupplots}

\sisetup{
  per-mode=symbol,
  detect-all,
  output-decimal-marker = {.}
}
\newcommand{\jj}{\mathrm{j}}
\DeclareMathOperator{\sign}{sign}
\pagestyle{fancy}
\fancyhf{}

% Encabezado páginas pares (izquierda)

```

```
\fancyhead[LE]{\nouppercase{\leftmark}}
\fancyhead[RO]{\nouppercase{\rightmark}}

% Encabezado páginas impares (derecha)
\fancyhead[RO]{Curso de \LaTeX{} para Ingeniería Eléctrica y Electrónica}

% Número de página
\fancyfoot[C]{\thepage}

\renewcommand{\headrulewidth}{0.4pt}
\renewcommand{\footrulewidth}{0pt}

\usepackage[
a4paper,
inner=3cm,
outer=2.5cm,
top=3cm,
bottom=3cm
]{geometry}
\pgfplotsset{compat=1.18}
```

Sobre el autor



José Mamuel Aller Castro nació en Caracas, Venezuela, en 1958. Obtuvo el título de Ingeniero Electricista por la *Universidad Simón Bolívar*, Caracas, en 1980; el grado de Magíster en Ingeniería Eléctrica por la *Universidad Central de Venezuela*, Caracas, en 1982; y el grado de Doctor en Ingeniería Industrial por la *Universidad Politécnica de Madrid*, España, en 1993.

El Dr. Aller se desempeñó como profesor en la *Universidad Simón Bolívar* durante 36 años. Entre 2001 y 2005 ocupó el cargo de Secretario General de dicha institución. Asimismo, fue Profesor Visitante en el *Georgia Institute of Technology*, Atlanta, Estados Unidos, en los años 2000 y 2007.

Desde 2016 es Profesor Principal a Tiempo Completo en el área de Máquinas Eléctricas y Electromagnetismo del Departamento de Electricidad de la *Universidad Politécnica Salesiana*, Cuenca, Ecuador, dictando asignaturas de pregrado y postgrado en esta institución. También es miembro del Grupo de Investigación en Energía GID de esta Universidad.

El Dr. Aller ha publicado más de 125 artículos en su área de especialización. Sus líneas de investigación incluyen aplicaciones de los vectores espaciales, control y supervisión de máquinas eléctricas, electrónica de potencia, sistemas de energía alternativa, eficiencia energética y calidad de servicio eléctrico. Actualmente es *Senior Member* de la IEEE.

Correo electrónico: jaller@ups.edu.ec

ORCID: 0000-0002-4704-1067