



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Facultad de Ciencias

GRADO EN MATEMÁTICAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Título del trabajo

Presentado por:
Nombre apellidos

Curso académico 2023-2024



Título del trabajo

Nombre apellidos

Nombre apellidos *Título del trabajo.*
Trabajo de fin de Grado. Curso académico 2023-2024.

**Responsable de
tutorización**

Nombre del tutor 1
Departamento del tutor 1

Nombre del tutor 2
Departamento del tutor 2

Grado en Matemáticas
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

D./Dña. Nombre apellidos

Declaro explícitamente que el trabajo presentado como Trabajo de Fin de Grado (TFG), correspondiente al curso académico 2023-2024, es original, entendido esto en el sentido de que no he utilizado para la elaboración del trabajo fuentes sin citarlas debidamente.

En Granada a 17 de octubre de 2023

Fdo: Nombre apellidos

Dedicatoria (opcional)

Ver archivo preliminares/dedicatoria.tex

Índice general

Agradecimientos	VII
Summary	IX
Introducción	XI
I. Primera parte	1
1. Primer capítulo	3
1.1. Introducción	3
1.2. Elementos del texto	4
1.2.1. Listas	4
1.2.2. Tablas y figuras	5
1.3. Entornos matemáticos	5
1.4. Referencias a elementos del texto	6
1.5. Bibliografía e índice	6
2. Simples y complejos simpliciales	7
2.1. Simples	7
2.2. Complejos simpliciales	8
II. Segunda parte	9
3. Ejemplo de capítulo	11
3.1. Primera sección	11
A. Ejemplo de apéndice	13
Glosario	15
Bibliografía	17

Agradecimientos

Agradecimientos (opcional, ver archivo preliminares/agradecimiento.tex).

Summary

An english summary of the project (around 800 and 1500 words are recommended).

File: preliminares/summary.tex

Introducción

De acuerdo con la comisión de grado, el TFG debe incluir una introducción en la que se describan claramente los objetivos previstos inicialmente en la propuesta de TFG, indicando si han sido o no alcanzados, los antecedentes importantes para el desarrollo, los resultados obtenidos, en su caso y las principales fuentes consultadas.

Ver archivo preliminares/introduccion.tex

Parte I.

Primera parte

1. Primer capítulo

1.1. Introducción

Este documento es una plantilla para la elaboración de un trabajo fin de Grado siguiendo los [requisitos](#) de la comisión de Grado en Matemáticas de la Universidad de Granada que, a fecha de junio de 2023, son las siguientes:

- La memoria debe realizarse con un procesador de texto científico, preferiblemente (La)TeX.
- La portada debe contener el logo de la UGR, incluir el título del TFG, el nombre del estudiante y especificar el grado, la facultad y el curso actual.
- La contraportada contendrá además el nombre del tutor o tutores.
- La memoria debe necesariamente incluir:
 - Declaración explícita firmada en la que se asume la originalidad del trabajo, entendida en el sentido de que no ha utilizado fuentes sin citarlas debidamente. Esta declaración se puede descargar en la web del Grado.
 - un índice detallado de capítulos y secciones,
 - un resumen amplio en inglés del trabajo realizado (se recomienda entre 800 y 1500 palabras),
 - una introducción en la que se describan claramente los objetivos previstos inicialmente en la propuesta de TFG, indicando si han sido o no alcanzados, los antecedentes importantes para el desarrollo, los resultados obtenidos, en su caso y las principales fuentes consultadas,
 - una bibliografía final que incluya todas las referencias utilizadas.
- Se recomienda que la extensión de la memoria sea de unas 50 páginas, sin incluir posibles apéndices.

Para generar el pdf a partir de la plantilla basta compilar el fichero `tfg.tex`. Es conveniente leer los comentarios contenidos en dicho fichero pues ayudarán a entender mejor como funciona la plantilla.

La estructura de la plantilla es la siguiente¹:

- Carpeta **preliminares**: contiene los siguientes archivos
 - dedicatoria.tex** Para la dedicatoria del trabajo (opcional)
 - agradecimientos.tex** Para los agradecimientos del trabajo (opcional)
 - introduccion.tex** Para la introducción (obligatorio)

¹Los nombres de las carpetas no se han acentuado para evitar problemas en sistemas con Windows

1. Primer capítulo

summary.tex Para el resumen en inglés (obligatorio)

tablacontenidos.tex Genera de forma automática la tabla de contenidos, el índice de figuras y el índice de tablas. Si bien la tabla de contenidos es conveniente incluirla, el índice de figuras y tablas es opcional. Por defecto está desactivado. Para mostrar dichos índices hay que editar este fichero y quitar el comentario a `\listoffigures` o `\listoftables` según queramos uno de los índices o los dos. En este archivo también es posible habilitar la inclusión de un índice de listados de código (si estos han sido incluidos con el paquete `listings`)

El resto de archivos de dicha carpeta no es necesario editarlos pues su contenido se generará automáticamente a partir de los metadatos que agreguemos en `tfg.tex`

- Carpeta **capitulos**: contiene los archivos de los capítulos del TFG. Añadir tantos archivos como sean necesarios. Este capítulo es `capitulo01.tex`.
- Carpeta **apendices**: Para los apéndices (opcional)
- Carpeta **img**: Para incluir los ficheros de imagen que se usarán en el documento.
- Fichero `library.bib`: Para incluir las referencias bibliográficas en formato `bibtex`. Es útil la herramienta [doi2bib](#) para generar de forma automática el código `bibtex` de una referencia a partir de su DOI así como la base de datos bibliográfica [MathSciNet](#). Para que una referencia aparezca en el pdf no basta con incluirla en el fichero `library.bib`, es necesario además *citarla* en el documento usando el comando `\cite`. Si queremos mostrar todas las referencias incluidas en el fichero `library.bib` podemos usar `\cite{*}` aunque esta opción no es la más adecuada. Se aconseja que los elementos de la bibliografía estén citados al menos una vez en el documento (y de esa forma aparecerán de forma automática en la lista de referencias).
- Fichero `glosario.tex`: Para incluir un glosario en el trabajo (opcional). Si no queremos incluir un glosario deberemos borrar el comando `\input{glosario.tex}` del fichero `tfg.tex` y posteriormente borrar el fichero `glosario.tex`
- Fichero `tfg.tex`: El documento maestro del TFG que hay que compilar con \LaTeX para obtener el pdf. En dicho documento hay que cambiar la *información del título del TFG y el autor así como los tutores*.

1.2. Elementos del texto

En esta sección presentaremos diferentes ejemplos de los elementos de texto básico. Conviene consultar el contenido de `capitulos/capitulo01.tex` para ver cómo se han incluido.

1.2.1. Listas

En \LaTeX tenemos disponibles los siguientes tipos de listas:

Listas enumeradas:

1. item 1
2. item 2

3. ítem 3

Listas no enumeradas

- ítem 1
- ítem 2
- ítem 3

Listas descriptivas

termino1 descripción 1

termino2 descripción 2

1.2.2. Tablas y figuras

En la [Tabla 1.1](#) o la [Figura 1.1](#) podemos ver. . .

Agrupados		
cabecera	cabecera	cabecera
elemento	elemento	elemento
elemento	elemento	elemento
elemento	elemento	elemento

Tabla 1.1.: Ejemplo de tabla



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Figura 1.1.: Logotipo de la Universidad de Granada

1.3. Entornos matemáticos

La plantilla tiene definidos varios entornos matemáticos cuyo nombre es el mismo omitiendo los acentos. Así, para incluir una *proposición* usaríamos:

```
\begin{proposicion}
texto de la proposición
\end{proposicion}
```

Ver el código fuente del archivo `capitulo01.tex` para el resto de ejemplos.

Teorema 1.1. *Esto es un ejemplo de teorema.*

1. Primer capítulo

Proposición 1.1. *Ejemplo de proposición*

Lema 1.1. *Ejemplo de lema*

Corolario 1.1. *Ejemplo de corolario*

Definición 1.1. *Ejemplo de definición*

Observación 1.1. *Ejemplo de observación*

Adicionalmente está definido el entorno `teorema*` que permite incluir un teorema sin numeración:

Teorema (Fórmula de Gauß-Bonnet). *Sea S una superficie compacta y K su curvatura de Gauß. Entonces*

$$\int_S K = 2\pi\chi(S)$$

donde $\chi(S)$ es la característica de Euler de S .

Las fórmulas matemáticas se escriben entre símbolos de dólar \$ si van en línea con el texto o bien usando el entorno² `equation` cuando queremos que se impriman centradas en una línea propia, como el siguiente ejemplo

$$\cos^2 x + \sin^2 x = 1. \tag{1.1}$$

Gracias al paquete `mathtools`, las ecuaciones escritas dentro del entorno `equation` llevarán numeración de forma automática si son referenciadas en cualquier parte del documento (por ejemplo la identidad Pitagórica (1.1), ver el código de los dos anteriores ejemplos y la Sección 1.4 para más información sobre referencias cruzadas en el documento).

1.4. Referencias a elementos del texto

Para las referencias a los elementos del texto (secciones, capítulos, teoremas, ...) se procede de la siguiente manera:

- Se *marca* el elemento (justo antes del mismo si se trata de un capítulo o sección o en el interior del *entorno* en otro caso), mediante el comando `\label{etiqueta}`, donde *etiqueta* debe ser un identificador único.
- Para crear una referencia al elemento en cualquier otra parte del texto se usa el comando `\ref{etiqueta}` (únicamente imprime la numeración asociada a dicho elemento, por ejemplo 1 o 1.1) o bien `\autoref{etiqueta}` (imprime la numeración del elemento así como un texto previo indicando su tipo, por ejemplo Capítulo 1 o Teorema 1.1)

1.5. Bibliografía e índice

Esto es un ejemplo de texto en un capítulo. Incluye varias citas tanto a libros [AZ14], artículos de investigación [Eul85], recursos online [Wik23] (páginas web), tesis [Rem56], trabajo fin de máster [Tan96], trabajo fin de grado [Doe03] así como artículos sin publicar (preprints) [CMT22] (en estos últimos usar el campo `note` para añadir la información relevante). Ver el fichero `library.bib` para las distintas plantillas.

²También es posible delimitar una ecuación mediante los comandos `\[` y `\]` pero éstas nunca llevarán numeración aunque añadamos una etiqueta y las referencemos (ver Sección 1.4).

2. Símplices y complejos simpliciales

2.1. Símplices

INTRO

Definición 2.1. Sea $\{a_0, \dots, a_n\}$ un conjunto de puntos en \mathbb{R}^N . Diremos que dicho conjunto es **afínmente independiente** si para cualesquiera $t_i \in \mathbb{R}$, las ecuaciones

$$\sum_{i=0}^n t_i = 0 \quad \text{y} \quad \sum_{i=0}^n t_i a_i = 0$$

implican que $t_0 = t_1 = \dots = t_n$.

TEXTO

Definición 2.2. Sea $\{a_0, \dots, a_n\}$ un conjunto de puntos afínmente independiente. Definimos el **n-plano** P generado por $\{a_0, \dots, a_n\}$ como el conjunto de puntos $x \in \mathbb{R}^N$ tales que

$$x = a_0 + \sum_{i=1}^n t_i (a_i - a_0)$$

para algunos $t_1, \dots, t_n \in \mathbb{R}$. Diremos entonces que P es el plano que pasa por a_0 paralelo a los vectores $a_i - a_0$, $i \in \{1, \dots, n\}$.

Definición 2.3. Def de aplicación afín.

Definición 2.4. Sea $\{a_0, \dots, a_n\}$ un conjunto de puntos afínmente independiente en \mathbb{R}^N . Definimos el **símplice** $\sigma = [a_0, \dots, a_n]$ generado por a_0, \dots, a_n como el conjunto de todos los $x \in \mathbb{R}^N$ tales que

$$x = \sum_{i=0}^n t_i a_i \quad \text{y} \quad \sum_{i=0}^n t_i = 1$$

con $t_i \geq 0$, $i \in \{1, \dots, n\}$.

Los coeficientes t_i están determinados de manera única por el punto x . Al conjunto $\{t_0, \dots, t_n\}$ lo llamamos las **coordenadas baricéntricas** de σ con respecto a a_0, \dots, a_n .

Los puntos a_0, \dots, a_n que generan σ los llamaremos **vértices** de σ y al número n lo llamaremos la **dimensión** de σ .

Definición 2.5. Sea $\sigma = [a_0, \dots, a_n]$ un símplex. Una **cara** de σ será cualquier símplex generado por un subconjunto de $\{a_0, \dots, a_n\}$.

En particular, la cara de σ generada por $a_0, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_n$ la llamamos la **cara opuesta** de a_i , $i \in \{0, \dots, n\}$. Las caras de σ diferentes de σ diremos que son **caras propias** de σ y la unión de todas ellas la llamaremos el **borde** de σ . Finalmente, definimos el **interior** de σ como el conjunto de puntos de σ que no pertenecen a su borde.

2. *Simplices y complejos simpliciales*

2.2. Complejos simpliciales

Parte II.

Segunda parte

3. Ejemplo de capítulo

3.1. Primera sección

Este fichero `capitulo-ejemplo.tex` es una plantilla para añadir capítulos al TFG. Para ello, es necesario:

- Crear una copia de este fichero `capitulo-ejemplo.tex` en la carpeta `capitulos` con un nombre apropiado (p.e. `capitulo01.tex`).
- Añadir el comando `\input{capitulos/capitulo01}` en el fichero principal `tfg.tex` donde queremos que aparezca dicho capítulo.

A. Ejemplo de apéndice

Los apéndices son opcionales.

Este fichero `apendice-ejemplo.tex` es una plantilla para añadir apéndices al TFG. Para ello, es necesario:

- Crear una copia de este fichero `apendice-ejemplo.tex` en la carpeta `apendices` con un nombre apropiado (p.e. `apendice01.tex`).
- Añadir el comando `\input{apendices/apendice01}` en el fichero principal `tfg.tex` donde queremos que aparezca dicho apéndice (debe de ser después del comando `\appendix`).

Glosario

La inclusión de un glosario es opcional.

Archivo: `glosario.tex`

\mathbb{R} Conjunto de números reales.

\mathbb{C} Conjunto de números complejos.

\mathbb{Z} Conjunto de números enteros.

Bibliografía

- [AZ14] Martin Aigner y Günter M. Ziegler. *Proofs from The Book*. Springer-Verlag, Berlin, fifth edición, 2014. Including illustrations by Karl H. Hofmann.
- [CMT22] Jesús Castro-Infantes, José M. Manzano, y Francisco Torralbo. Conjugate plateau constructions in product spaces, 2022. Preprint. arXiv: 2203.13162 [math.DG].
- [Doe03] John Doe. Are we living in a simulation?, July 2003. Bachelor's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- [Eul85] Leonhard Euler. An essay on continued fractions. *Math. Systems Theory*, 18(4):295–328, 1985. Translated from the Latin by B. F. Wyman and M. F. Wyman.
- [Rem56] Robert Charles Rempel. *Relaxation Effects for Coupled Nuclear Spins*. PhD thesis, Stanford University, Stanford, CA, June 1956.
- [Tan96] Jian Tang. Spin structure of the nucleon in the asymptotic limit. Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, September 1996.
- [Wik23] Wikipedia. Leonhard Euler — Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Leonhard_Euler, 2023. [Recurso online, accedido el 27 de julio de 2023].