

# Apretando tuercas



GUÍA PARA  
ELABORAR TRABAJOS  
FINALES DE GRADUACIÓN  
EN INGENIERÍA MECÁNICA

Juan Gabriel Monge Gapper

# Apretando tuercas



GUÍA PARA  
ELABORAR TRABAJOS  
FINALES DE GRADUACIÓN  
EN INGENIERÍA MECÁNICA

Juan Gabriel Monge Gapper

808.066.621

M743a Monge Gapper, Juan Gabriel, 1977-

Apretando tuercas: guía para elaborar trabajos finales de graduación en ingeniería mecánica / Juan Gabriel Monge Gapper. – 1. edición– [San José, Costa Rica]: Editorial UCR, 2019.

1 recurso en línea (ix, 105 páginas): ilustraciones en blanco y negro, digital, archivo de texto, PDF; 4.4 MB

ISBN 978-9968-46-809-1

1. TESIS Y DISERTACIONES ACADÉMICAS.  
2. REDACCIÓN DE INFORMES. 3. INGENIERÍA – INVESTIGACIONES. 4. UNIVERSIDADES – TRABAJOS DE POSTGRADO. I. Título.

CIP/3438  
CC/SIBDI.UCR

Edición aprobada por la Comisión Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Primera edición impresa: 2016.  
Primera edición digital (PDF): 2019

Editorial UCR es miembro del Sistema Editorial Universitario Centroamericano (SEUCA), perteneciente al Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA).

Diseño de contenido y diagramación: *El autor*. • Corrección filológica: *Mauricio Meléndez O.*  
Revisión de pruebas: *El autor y Wendy Aguilar G.* • Control de Calidad de la versión impresa: *Wendy Aguilar G.*  
Diseño de portada: *Boris Valverde G.* • Realización del PDF: *Alonso Prendas V.* • Control de calidad de la versión digital: *Elisa Giacomini V.*

© Editorial de la Universidad de Costa Rica. Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción de la obra o parte de ella, bajo cualquier forma o medio, así como el almacenamiento en bases de datos, sistemas de recuperación y repositorios, sin la autorización escrita del editor.

Edición digital de la Editorial Universidad de Costa Rica. Fecha de creación: octubre, 2019  
Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San José, Costa Rica.

Apdo. 11501-2060 • Tel.: 2511 5310 • Fax: 2511 5257 • administracion@editorial.ucr.ac.cr • www.editorial.ucr.ac.cr

# Índice general

<b>Introducción</b>	<b>IX</b>
<b>1 Estructura del anteproyecto</b>	<b>1</b>
1.1 La portada y el título del trabajo . . . . .	2
1.2 Resumen . . . . .	2
1.3 Descripción general . . . . .	3
1.4 Objetivo general . . . . .	3
1.5 Objetivos específicos . . . . .	5
1.6 Justificación . . . . .	7
1.7 Antecedentes . . . . .	8
1.8 Alcance y limitaciones . . . . .	9
1.9 Áreas de pertinencia temática . . . . .	10
1.10 Metodología . . . . .	13
1.11 Patrocinio y terceras partes interesadas . . . . .	13
1.12 Estructura de los contenidos . . . . .	14
1.13 Bibliografía preliminar . . . . .	14
1.14 Anexos (opcional) . . . . .	15
<b>2 Estructura del informe final</b>	<b>17</b>
2.1 Portada . . . . .	18
2.2 Hoja del tribunal . . . . .	18
2.3 Agradecimientos (opcional) . . . . .	20
2.4 Dedicatoria (opcional) . . . . .	20
2.5 Epígrafe (opcional) . . . . .	20
2.6 Índices . . . . .	21
2.7 Abreviaturas (opcional) . . . . .	23
2.8 Simbología (opcional) . . . . .	23
2.9 Resumen . . . . .	24
2.10 Introducción . . . . .	25
2.10.1 Descripción general . . . . .	25
2.10.2 Objetivos . . . . .	26
2.10.3 Justificación . . . . .	26
2.10.4 Antecedentes . . . . .	27
2.10.5 Metodología (síntesis) . . . . .	27
2.10.6 Alcance y limitaciones . . . . .	27

2.11	Marco teórico . . . . .	28
2.11.1	Marco teórico esencial . . . . .	28
2.11.2	Marco teórico desarrollado . . . . .	29
2.11.3	Marco teórico fusionado . . . . .	30
2.12	Metodología de trabajo (opcional) . . . . .	30
2.13	Resultados . . . . .	33
2.14	Análisis de resultados (opcional) . . . . .	35
2.15	Conclusiones . . . . .	36
2.16	Recomendaciones (opcional) . . . . .	38
2.17	Bibliografía . . . . .	39
2.18	Anexos . . . . .	40
<b>3</b>	<b>Diagramación y formato</b>	<b>43</b>
3.1	Portada y página de tribunal . . . . .	43
3.2	Tipografía y distribución de texto . . . . .	43
3.2.1	Fuentes tipográficas y tamaños compatibles . . . . .	43
3.2.2	Márgenes, encabezados y pie de página . . . . .	46
3.2.3	Variantes de fuentes en línea con el texto . . . . .	47
3.3	Jerarquización de secciones . . . . .	47
3.4	Cuadros . . . . .	48
3.5	Presentación de listas . . . . .	50
3.6	Citas textuales e ideas parafraseadas . . . . .	51
3.7	Ilustraciones, fotografías y gráficos . . . . .	51
3.8	Unidades de medición . . . . .	54
3.9	Ecuaciones y secuencias de cálculo . . . . .	55
3.10	Extractos de código de programación . . . . .	56
3.11	Notas al pie . . . . .	57
3.12	Anexos . . . . .	58
3.13	Formato de referencias bibliográficas . . . . .	58
<b>4</b>	<b>Aspectos terminológicos</b>	<b>63</b>
4.1	Anglicismos y otros extranjerismos . . . . .	64
4.2	Tecnicismos . . . . .	67
4.3	Siglas . . . . .	68
4.3.1	Organizaciones seleccionadas de normativa técnica . . . . .	68
4.3.2	Otras siglas . . . . .	72
<b>5</b>	<b>Automatización de funciones</b>	<b>75</b>
5.1	Enumeración de secciones y objetos (MS Word) . . . . .	75
5.2	Base de datos bibliográfica (MS Word) . . . . .	77
5.3	Referencias cruzadas (MS Word) . . . . .	78
5.4	Índices y listas de objetos (MS Word) . . . . .	78
5.5	Plantillas en lenguaje $\text{\LaTeX}$ . . . . .	79

---

<b>6 Bibliografía técnica recomendada</b>	<b>83</b>
6.1 Manuales de estilo . . . . .	83
6.2 Manuales técnicos destacados . . . . .	84
6.3 Libros de texto para formación de pregrado . . . . .	85
6.4 Monografías introductorias por especialidad . . . . .	86
6.5 Monografías avanzadas por tema . . . . .	88
6.6 Referencias generales para ejercicio profesional . . . . .	90
6.7 Libros de interés histórico . . . . .	92
<b>7 Plantilla L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X</b>	<b>93</b>
7.1 Estructura general de la plantilla . . . . .	93
7.2 Código fuente de la plantilla . . . . .	94
<b>Bibliografía</b>	<b>103</b>
<b>Acerca del autor</b>	<b>105</b>

# Capítulo 1

## Estructura del anteproyecto

Si bien esta guía se concentra en elaborar el documento escrito que resulta del trabajo de graduación, un correcto ordenamiento de ese informe inicia mucho antes de la ejecución del trabajo: se trata de la etapa indispensable de preparar un anteproyecto. La forma del anteproyecto, como es un documento relativamente informal, varía de un área de trabajo a otra según los requerimientos de los evaluadores, pero lo esencial es que describan con claridad el propósito del trabajo, su marco temático, sus alcances y las consideraciones que justifican su formulación.

Casi todas estas secciones son parte del informe final del TFG, pero teniendo en mente que en la de metodología se redacta con verbos en futuro simple, mientras que en el informe final predominará el uso del pretérito perfecto simple.

En este capítulo se describe brevemente lo que se espera de los apartados sugeridos en el Cuadro 1.1.

**Cuadro 1.1** Estructura general de la propuesta

Portada	1 pág.
Resumen	1 párrafo
1. Introducción	2-3 párrafos
2. Objetivos	lista
3. Justificación	2-3 párrafos
4. Antecedentes	3-4 párrafos
5. Alcance y limitaciones	2-3 párrafos
6. Áreas de pertinencia temática (opcional)	5-8 tópicos
7. Metodología	8-12 pasos
8. Patrocinio y terceras partes interesadas	1-2 párrafos
9. Estructura de contenidos	6-10 secciones
Bibliografía preliminar	5-8 entradas
Anexos (opcional)	3-5 págs.

## 1.1 La portada y el título del trabajo

La portada es la carta de presentación del documento, por lo que debe informar acerca del contenido (título y tipo de trabajo), la entidad para la que se ha elaborado, los autores (en orden alfabético según el primer apellido), y el lugar y fecha de la presentación formal del documento.

### Ejemplo 1.1

Un material titulado **Desarrollo de un modelo matemático por correlaciones experimentales para transferencia de calor por convección superficial externo en serpentines helicoidales sumergidos en tanques agitados calentados con un fluido de viscosidad no newtoniana** presenta excesivos conceptos distractores para quien lee, y lo alejan de la médula de la investigación que es la nueva correlación experimental para transferencia de calor. Los conceptos secundarios (el fluido no newtoniano, el tipo de serpentín, la dirección de movimiento de calor) se incluyen en el resumen si es pertinente, ya sea que se trate de una tesis de grado o de un artículo científico.

### Solución:

Es claro que este título podría reducirse a **Correlación experimental para el coeficiente de convección de un serpentín en un tanque agitado** sin eliminar los conceptos importantes a los que se refiere el autor. Además, la mayoría de fluidos tienen viscosidad constante en su ámbito de operación, así que no se ocupa mencionar el fluido no newtoniano. Por otra parte, el concepto de viscosidad queda asociado invariablemente a fluidos (gases y líquidos), así que tampoco es pertinente.

El inconveniente de un título extenso es que un potencial lector únicamente se fijará en el principio del título (las primeras cinco o seis palabras, por lo general) y a partir de ello asume si el trabajo le será de interés o no.

Son preferibles los títulos cortos pero la mayoría de los trabajos finales de graduación, informes y artículos científicos precisan de entre doce y quince palabras para ser específicos. Algunos autores prefieren redactar el título como una versión corta del objetivo general del trabajo.

Un libro de texto o una monografía, por su carácter general, presentan títulos mucho más breves, de hasta cinco palabras.

El formato que se elija debe cumplir también con las normas de la institución o empresa a la que se entregue el trabajo; un punto de partida es el formato descrito en la sección 3.1.

Un título corto garantiza que será leído completo.

## 1.2 Resumen

El resumen de una propuesta, que de todas maneras es un documento corto, se concentra en el contenido, por lo que no debe sobrepasar tres o

cuatro oraciones (unas 60 palabras en total) que describan el propósito del trabajo, la metodología general y los resultados esperados.

#### **Ejemplo 1.2**

Hay que preparar el resumen para un anteproyecto titulado **Reducción de consumo energético en refrigeradores comerciales por corrientes de recirculación.**

**Solución:** Aunque el trabajo no se haya ejecutado por tratarse de un anteproyecto, los conceptos clave previstos ya deberían conocerlos los proponentes; es evidente que deberán efectuar mediciones o simulaciones, así como una comparación de soluciones. Por ello, este resumen podría leer como sigue:

*Se propondrá un esquema de recirculación por flujo laminar vertical para reducir las pérdidas por paredes que se dan en refrigeradores comerciales. Se cuantificarán por simulación numérica las pérdidas en un modelo particular de refrigerador en condición actual y en una configuración de flujo laminar en una capa cercana a las paredes sin puerta. Se evaluará el impacto de la diferencia en los costos de manufactura del interior del refrigerado.*

También es frecuente preparar una versión en inglés del resumen; en especial para el caso de la Universidad de Costa Rica en que el informe final de TFG formará parte de un repositorio en línea, disponible al público.

### **1.3 Descripción general**

Es una versión más extensa del resumen, por cuanto toca los mismos aspectos pero algo más pormenorizada que facilita la comprensión de las demás secciones. Con tres o cuatro párrafos (unas 300 palabras) es suficiente como marco de referencia en cuanto al propósito del trabajo, la metodología general y los resultados esperados. Se pueden mencionar las entidades o instituciones directamente relacionadas con la propuesta y las posibilidades de patrocinio o financiamiento.

Téngase en mente que al tratarse de un anteproyecto, buena parte de la metodología y de los contenidos del marco teórico es preliminar, por lo que no hay que ocuparse aún de su detalle. Esta libertad es para que el trabajo evolucione conforme se vayan superando etapas experimentales.

### **1.4 Objetivo general**

El objetivo general presenta en una sola frase el concepto central de la propuesta, preferiblemente sin que sean necesarias otras explicaciones

El objetivo general presenta en una sola frase el concepto central.

para el experto. Una forma convencional y cómoda de redacción es al seccionarlo en tres partes: *qué* se va a hacer, *cómo* se va a hacer y *para qué* se va a hacer. Este es el caso de los siguientes ejemplos.

**Ejemplo 1.3** *Evaluación del grado de turbulencia de abanicos por sonografía tridimensional para su correlación con los patrones de ensuciamiento.*

**Ejemplo 1.4** *Diseñar una máquina cortadora de troncos que opere por el principio de fresado para optimizar un proceso de tallado.*

**Ejemplo 1.5** *Diagnóstico de oportunidades de conservación energética por medio de minería de datos para reducir picos de consumo.*

Este es un cómodo procedimiento porque es íntegro, aunque no es la única manera que se usa en documentación técnica, como se observa en los siguientes ejemplos:

**Ejemplo 1.6** *Elaboración de un algoritmo de solución para las ecuaciones de Navier-Stokes en una dimensión en un fluido homogéneo.*

**Ejemplo 1.7** *Balance energético en estado transitorio en una planta piloto de producción de cemento.*

**Ejemplo 1.8** *Falla por fatiga autorresonante en componentes asimétricos de aluminio aleado*

El objetivo general se redacta y se modifica varias veces

En el cuerpo del objetivo general, y por consiguiente en el título del trabajo, **se evita** dar *información que no contribuya al concepto de interés*, tal como las que se indican a continuación:

- Marcas o modelos de equipos, maquinaria o instrumentación.
- Nombres propios de personas, lugares o fabricantes.
- Nombres comunes de paquetes informáticos.

- Métodos de cálculo conocidos.
- Cifras numéricas o mención de órdenes de magnitud.

Es preferible evitar palabras que se han vuelto lugar común como *optimización, factibilidad, mejora, diseño, análisis, método, aplicación, diagnóstico, evaluación, práctica*; se pueden usar, pero sólo si en efecto son centrales al estudio en cuestión, no como adorno al resto del título.

Esta sección del documento suele citar solo el objetivo general, aunque cabe hacer comentarios o aclaraciones indispensables para la comprensión inmediata del propósito del trabajo.

El objetivo general dirige todo el trabajo, por lo que debe redactarse varias veces hasta dar con la versión más apropiada. En ocasiones, en el transcurso de la ejecución del trabajo, conviene variarlo al acopiar nueva información u ocurre un cambio que afecta el propósito del estudio.

En contraste con presentar un objetivo general, algunos autores prefieren en su lugar formular una hipótesis, para la que se elabora un diseño experimental (o metodología) en busca de resultados que la comprobarían. En *Metodología de la investigación* (Hernández Sampieri, 2010) se presenta en detalle este sistema.

## 1.5 Objetivos específicos

Los objetivos específicos se pueden agrupar en dos categorías: los que forman parte del objetivo general, y aquellos que solo se relacionan con el objetivo general mediante el tema que se está estudiando. Es preferible que inicie con un verbo conjugado en infinitivo.

Por su carácter contributivo, es fácil caer en el error de redactarlos como si fueran pasos concretos para alcanzar el objetivo general, pero esto en realidad sería la metodología. Los objetivos específicos son hitos, no labores específicas, completables para cumplir el objetivo general.

En el Cuadro 1.2 se mencionan hitos característicos que se pueden considerar como objetivos específicos.

**No** se pueden considerar objetivos específicos labores rutinarias como las siguientes:

- Uso de una herramienta individual para recolectar información.
- Consultas sin enfoque a fuentes bibliográficas o a sitios de Internet.
- Entrevistas o visitas individuales sin propósito explícito.
- Cálculos individuales para obtener un dato aislado.
- Dibujos o modelos CAD de componentes individuales.

Los objetivos específicos son metas complementarias

Cuadro 1.2 Tópicos para la preparación de objetivos específicos

<b>Forma general del objetivo específico</b>	<b>Labores asociadas</b>
Análizar fuentes bibliográficas con enfoque común	Artículos y monografías Tesis o TFG previos Sitios de Internet Manuales y normas
Diseñar y ejecutar de experimentos para adquirir información	Mediciones y encuestas Fotografías y afines Ensayos especiales
Completar un conjunto de visitas con un factor común de interés	Entrevistas personales Capacitaciones Visitas de campo
Estudiar o elaborar un concepto de trabajo o modelo	Bocetos y maquetas Aplicación de TRIZ
Aplicar técnicas de depuración de información	Matrices de decisión Análisis de variables Análisis de causa raíz Mapas de credibilidad
Construir prototipos funcionales	Modelos a escala Prototipos parciales Modelos equivalentes
Construir modelos digitales con paquetes comerciales	CFD y FEA CAD/CAM
Implementar modelos numéricos complejos	Código C++ Código MATLAB Diagramas Simulink Código VBA-Excel Diagramas LabView
Ejecutar cálculos rutinarios con un propósito particular	Balance de masa Balance de energía Ganancia de calor Análisis estadístico Pérdidas en tuberías
Conformar listas de trabajo	Componentes Materiales y servicios
Estudiar de factibilidad	Retorno de inversión Complejidad técnica Impacto ambiental Impacto social Análisis de riesgo
Generar documentación complementaria al trabajo	Planos y formularios Manuales y protocolos

- Uso de programas informáticos, hojas de cálculo o formularios preexistentes.

Lo que sí puede ser un objetivo específico es el resultado esperado del uso de alguna de estas herramientas, lo que es diferente, como en el Ejemplo 1.9.

**Ejemplo 1.9** Un trabajo que con frecuencia deben asumir estudiantes del área de ingeniería es conformar los dibujos y elaborar maquetas de ensambles de edificaciones o de componentes de maquinaria. Como son una parte muy importante del trabajo, se propone como objetivo específico *usar AutoCAD y SolidWorks para hacer los planos*.

**Solución:** El concepto central no es usar un paquete informático (eso sería el objetivo de un curso de capacitación), sino elaborar los diagramas constructivos de interés para comunicar en forma gráfica la propuesta de diseño. Por ello, hay que redactar el objetivo de manera que se hace énfasis en el trabajo intelectual, no en el uso de la herramienta: *Preparar los diagramas de construcción en formato de objetos digitales tridimensionales*. Se ha alterado el orden (primero se menciona el trabajo de dibujo) y se elimina mención de los nombres comerciales de los paquetes informáticos. En la sección posterior de *metodología*, en donde se describe la instrumentación y pasos exactos, sí corresponde mencionar el nombre de los paquetes informáticos, la versión y cualquier otra especificación técnica necesaria para reproducir el trabajo descrito en el informe.

Como los objetivos específicos son el primer desglose conceptual del trabajo, deben ir en cierto orden lógico: guían la metodología, el cronograma de ejecución y la estructura del documento.

Por lo general son más fáciles de redactar, pero también son objeto de más modificaciones en el transcurso de su ejecución. Dan además una idea más precisa de los recursos que demandará el trabajo y de los tópicos que hay que cubrir en el marco teórico.

## 1.6 Justificación

En ese importante apartado, bajo el título de *justificación*, se debe explicar, en forma concisa, por qué se considera pertinente y necesario llevar a cabo el proyecto. Si bien su relación es muy cercana, no debe confundirse con los *antecedentes*, que hablan de los hechos que llevaron a la situación que inspira la propuesta.

Hay que explicar *por qué* es pertinente el trabajo.

Entre las variadas causas que pueden apoyar una propuesta, hay que considerar las siguientes, académicamente pertinentes:

- Requerimientos particulares de un grupo social específico.
- Situaciones desatendidas en el departamento en una entidad o institución, ante la falta de presupuesto o por desconocimiento.
- Reacción imprevista de un componente o de un sistema para la que se ocupa explicación o solución concreta.
- Concepto de producto o proceso que debe comprobarse para llevarlo a la práctica.
- Proceso, producto, equipo o componente por mejorar para que sea más adecuado a las demandas de sus usuarios.
- Fenómenos cuya reacción hay que documentar, convertir a modelos numéricos o asociar a una correlación.
- Teorías que requieran experimentación, modelado numérico o desarrollos analíticos para comprobarse.

Al preparar esta sección, hay que centrarse en la situación actual que justifica la ejecución del trabajo. Se pueden hacer conjeturas razonadas acerca de eventuales efectos favorables en el futuro que se desprenderían del trabajo en otros sectores en que el tema sea pertinente.

## 1.7 Antecedentes

Se describen los eventos que llevaron a proponer el trabajo

El apartado *antecedentes* tiene el propósito de aclarar los hechos y situaciones previas que llevaron al estado actual que justifican el trabajo. En esa medida, el proponente debe conocer bien esas condiciones locales, que no suelen hallarse documentadas en monografías o artículos técnicos.

Si bien no es indispensable, por lo general se menciona el contexto de trabajo, las situaciones de tipo técnico o de personal que se fueron acumulando y que finalmente inspiraron la propuesta, y las perspectivas generales de los que estuvieron directamente involucrados. Se puede llevar a término con una descripción concisa del contacto con el grupo de trabajo y de las condiciones que inspiraron la propuesta.

En esta sección también se hace mención del estado actual del conocimiento. Como esto se desarrolla con más pormenores en las secciones del marco teórico, no ha de ser extenso. En pocos párrafos se informa al lector sobre el grado de desarrollo que tiene la ciencia contemporánea en el tema de interés y de las potenciales aplicaciones en ingeniería.

## 1.8 Alcance y limitaciones

En este apartado se menciona, según sea necesario, las fronteras de trabajo en su extensión y profundidad técnica, así como en lo jurídico.

Cualquier trabajo puede extenderse indefinidamente, sea porque los autores o los asesores desean perfeccionarlo y modificarlo conforme obtienen conocimiento y experiencia en el transcurso de su ejecución. Por su lado, el lector interpreta el título y los objetivos según sus propias expectativas, por lo que un trabajo puede parecerle incompleto o mal planteado por carecer de nivel de detalle práctico, teórico o documental.

Por eso hay que ser específicos en cuanto al *alcance* del trabajo. Aunque hay casos excepcionales, rara vez un TFG cubre un ciclo completo de diseño (concepto, desarrollo, prototipado, construcción, puesta en marcha, documentación y operación) pues sería demasiado extenso y costoso. Como no todos los lectores están conscientes de ello, conviene señalar las etapas del ciclo de diseño que componen el trabajo y qué documentación se incluye. Esta aclaración es esencial para que los patrocinadores de la propuesta o terceras partes interesadas se hagan expectativas realistas de los resultados disponibles al término de la ejecución.

Al redactar esta sección es importante considerar las siguientes etapas de trabajo, casi siempre vinculadas a algún tipo de documentación que puedan generar los propios autores de la propuesta:

- Diagramas de construcción
- Manuales técnicos o material didáctico
- Protocolos de operación y mantenimiento
- Memorias de cálculo
- Versiones digitales de documentación original de los autores
- Memorias de mediciones originales

Aunque son menos frecuentes, hay algunos trabajos que demandan la preparación de material especializado según los objetivos que se hayan acordado con las partes interesadas. Por lo general, se debe consultar con profesionales expertos en el área para que se prepare según el formato y el estilo correctos, en vista de que su elaboración no es parte del currículo básico en ingeniería. Estos trabajos son los siguientes:

- Planos mecánicos
- Especificaciones
- Carteles de licitación

El lector interpreta el título y los objetivos según sus propias expectativas. Esta sección las delimita.

- Reivindicaciones para solicitudes de patentes
- Normas técnicas
- Bitácoras de trabajo
- Versiones traducidas de documentos de interés

En cuanto a limitaciones, se refiere a las *limitaciones jurídicas* a las que está sujeto el trabajo. Si el contenido del trabajo está vinculado a contratos de los derechos de propiedad intelectual especiales (como publicaciones, patentes o contratos de trabajo), hay que advertirle al lector los términos generales del uso de la información incluida en el documento.

Si bien no es indispensable, al tratarse de un documento público, conviene indicar que el contenido del documento no se puede usar con propósitos comerciales sin el consentimiento expreso por escrito de los autores.

Cuando hay acuerdos de confidencialidad que afectan el contenido del trabajo (en especial si se trata de datos, diagramas o fotografías que no se pueden publicar), se mencionan los términos generales de este acuerdo para que el lector conozca las razones por las que hay información omisa. Si el acuerdo incluye usar datos ficticios en lugar de cierta información técnica clave, también debe aclararse en esta sección. En el resto del documento, cualquier dato omiso o simbólico debe ir bien identificado para que no sea cuestionable la validez científica del trabajo.

## 1.9 Áreas de pertinencia temática

A veces hay opción de elaborar una breve sección que describe los temas generales con las que se relaciona el trabajo. Se trata de indicar con tres a cinco áreas afines a la carrera, la orientación temática dominante.

En **ingeniería mecánica**, las áreas temáticas reciben diversas formas de clasificación, con variado nivel de detalle. Esto debe tenerse en cuenta al redactar la sección, para que cumpla con la función de guía. Si la descripción es excesivamente específica o abstracta, no le servirá al lector si la coteja con otros trabajos, ni le facilitará la búsqueda de la información en el documento.

En cuanto a las reacciones de **componentes y materiales para sistemas de ingeniería**, algunos de los temas más usuales son los siguientes:

- Mecánica de los sólidos deformables
- Estática y cinética de los cuerpos rígidos
- Vibraciones mecánicas

Estos listados no pretenden ser completos ni únicos. Es una clasificación arbitraria de temas del área de **ingeniería mecánica** y es de carácter local.

- Estabilidad de cuerpos deformables (pandeo)
- Modelos discretizados del continuo (métodos de elementos finitos)
- Análisis de falla
- Ciencia y tecnología de los materiales.
- Mecánica de los fluidos e hidráulica
- Tribología y fenómenos de fricción intersticial

Otro sector amplio en ingeniería mecánica es el de **sistemas de transformación de la energía**, lo que abarca campos como los que se detallan a continuación:

- Termodinámica y transferencia de calor y masa
- Gestión de sistemas energéticos
- Máquinas hidráulicas (abanicos, bombas, turbinas, compresores)
- Máquinas de calor (motores de combustión interna, turbinas de gas, turbinas de vapor)
- Sistemas de generación de potencia
- Sistemas de refrigeración, ventilación y aire acondicionado
- Modelos numéricos de fenómenos de transferencia de calor y masa.

Buena parte de tales asuntos tendrán relación directa con áreas un poco más abstractas puesto que tratan del estudio de la **interacción de sistemas de ingeniería** con una función específica, usualmente la producción de un bien o servicio:

- Modelos matemáticos de sistemas concentrados
- Modelos discretizados del continuo (métodos de elementos finitos)
- Vehículos y sistemas de transporte privado y comercial
- Gestión de procesos y sistemas de manufactura
- Documentación técnica y lenguajes gráficos
- Metrología e instrumentación
- Adquisición y procesamiento de datos
- Ecología industrial e ingeniería del ciclo de vida

Citar las áreas temáticas hace más visible el trabajo para los motores de búsqueda de las bases de datos y de Internet.

Los campos con que se solapan los tópicos clásicos de ingeniería mecánica son muy variados, pero el **trabajo interdisciplinario** más común se da en los siguientes temas:

- Sistemas electromecánicos (motores, actuadores y sensores)
- Componentes y sistemas electrónicos
- Sistemas de control electrónico automatizado
- Programación de sistemas informáticos
- Reactores para la industria de los procesos químicos
- Ingeniería de componentes de aplicación médica
- Desarrollo de productos y sistemas de producción
- Gestión y documentación de la calidad y normativa
- Tecnología de los alimentos y sistemas de producción asociados
- Diseño de experimentos
- Métodos numéricos para la solución de ecuaciones generales
- Gestión de riesgos y sistemas de seguridad ocupacional
- Estimación de costos y economías de escala local

Obsérvese que hay tópicos que se superponen en las cuatro listas porque hay elementos que siempre estarán presentes en un sistema de ingeniería. Esto es normal, puesto que la ingeniería es una ciencia aplicada, que procura la más eficaz forma de resolver una situación, por lo que la departamentalización del conocimiento es un ejercicio filosófico que para algunos es de segundo plano en la práctica profesional.

Una sección que cite las áreas temáticas es de mucha utilidad práctica cuando el trabajo está en formato digital; los sistemas informatizados de clasificación y búsqueda automatizada la puedan aprovechar para dar adecuada difusión al contenido y, por ende, a sus autores. Si se prepara bien, los resultados de búsquedas serán más precisos y eficaces, similar al uso de palabras clave en artículos científicos que se distribuyen por redes digitales, sean locales o la red Internet.

## 1.10 Metodología

En la propuesta de TFG, la metodología se plantea como integrada por dos o tres bloques, cada uno de los cuales podrá componerse de cinco a diez pasos. Lo ideal es que resulte tan conciso como sea posible teniendo en cuenta que es prematuro establecer una metodología definitiva.

Para facilitar la lectura, se pueden presentar los pasos como una *lista* en el orden de ejecución planeado. Para lograr integridad, se deben incluir aspectos que estén en las siguientes tres categorías:

- Preparación de los fundamentos del TFG (búsqueda bibliográfica, entrevistas, visitas, redacción del marco teórico).
- Ejecución del trabajo para cumplir con los objetivos (preparación de modelos matemáticos y sistemas de cálculo, bocetos de trabajo, cálculos, mediciones y documentación del trabajo, entre otros).
- Presentación, análisis o comprobación de los resultados (análisis o cálculos razonados para dar explicación a decisiones o fenómenos de interés, así como la presentación de los diseños, modelos o resultados medulares para el trabajo).

Esta lista sería la base para una metodología más detallada que irá en un informe final, según lo que se indica en la sección 2.12.

## 1.11 Patrocinio y terceras partes interesadas

En el área de las ciencias aplicadas, el objetivo de un TFG está directamente asociado a una aplicación desarrollada para una *persona, entidad o institución interesada* en resolver un asunto particular. Tal interés hace que en ocasiones la organización destine recursos (apoyo administrativo, instrumentos de medición, transporte, materiales o servicios) a la investigación que se propone.

Si tal es el caso, hay que describir brevemente en esta sección el **nombre, razón social, actividades generales y ubicación física** de la entidad u organización<sup>1</sup>. También se incluye el nombre de la persona que la representará como contraparte responsable de la investigación. Esta contraparte es necesaria para que obtener información de la propia organización, coordinar autorización para las visitas pertinentes y, en general, ser el contacto interno. Muchas veces esta persona también estará encargada de evaluar el resultado cuando se complete el trabajo para conocer si se encuentran satisfechos con los resultados.

Hay que equilibrar la independencia del TFG con la buena voluntad del aporte bilateral de información.

<sup>1</sup> La razón social es el nombre oficial de una entidad u organización para efectos legales, que puede ser diferente de su nombre comercial.

La información que se presente en este apartado debe concordar con lo dispuesto en la sección de *alcance y limitaciones*. Esto es especialmente importante para que quede muy claro el trabajo que se hará y lo que no será responsabilidad de los proponentes, para evitar malentendidos que afecten los resultados de la evaluación. Asimismo, deben consignarse los aspectos clave de los acuerdos suscritos sobre manejo de información confidencial.

## 1.12 Estructura de los contenidos

Cuanto más pronto se eludan los errores de estructura en un informe final, menos probabilidades hay de desaprovechar trabajo, tanto en la etapa de ejecución de cálculos y mediciones como en la misma redacción del documento. Un procedimiento expedito y claro para facilitar la revisión estructural es elaborar un borrador de índice<sup>2</sup>, que se vaya actualizando periódicamente.

Este borrador es el contenido desglosado en las secciones y subsecciones previstas incluidas aquellas que aún están muy distantes de completarse, como las de análisis de resultados, los anexos y apéndices. El propósito es tener un punto de partida para evaluar el avance y detectar si se está invirtiendo demasiado tiempo o esfuerzo en aspectos que no contribuirán al objetivo general del trabajo.

Otra función de este índice provisorio es que se planeen mejor las actividades y los plazos para su cumplimiento. El informe final, aunque no es el producto perseguido por los objetivos del trabajo, constituye un punto de referencia para la organización de las labores de investigación, cálculos, mediciones y discusión científica de resultados, puesto que todo debe documentarse con rigor científico.

En el documento de propuesta se puede presentar en un cuadro o bien en anexos según la preferencia de los autores o su panel asesor. Se espera que reciba frecuentes modificaciones, adiciones y reorganizaciones conforme avanza el TFG.

## 1.13 Bibliografía preliminar

Toda la información citada deberá llevar la referencia bibliográfica correspondiente, que se incorpora en esta sección junto con artículos o monografías que se consultaron antes de elaborar la propuesta.

Esta etapa previa de estudio es esencial para conocer el estado de los conocimientos y para familiarizarse con los términos y los fundamentos de los temas medulares al desarrollo de la propuesta. Por lo general se

Parecido al uso de diagramas de Gantt, el borrador de índice sirve de mapa y orienta el avance del trabajo.

<sup>2</sup> Denominado «contenido capitulario» por algunos profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica.

trata de cinco o seis artículos científicos relacionados con el tema por desarrollar y algunas monografías de referencia.

Los artículos generalmente han de ser de reciente publicación<sup>3</sup> (no más de diez años) y se acude a ellos para mostrar el estado actual de esa área del conocimiento en particular. Por otra parte, las monografías (material impreso o digital de más de cien páginas) tienen el propósito de ser la referencia para criterios, desarrollos, correlaciones o conceptos que no se detallarán en el informe final dado que se trata de conocimiento común o cuyo desarrollo no es parte central del TFG, por los objetivos propuestos.

Un caso habitual en investigación aplicada en ingeniería mecánica son los coeficientes de convección, que se describen con correlaciones experimentales y son fundamentales para toda clase de cálculos de transferencia de calor en superficies en contacto con un fluido. En muchos casos, el desarrollo y formulación de las correlaciones no es esencial en la propuesta, por lo que no hace falta repetirlos en el informe: basta con mostrar la ecuación sin alterar y citar la fuente. Los cálculos derivados, como las magnitudes de energía que resultan en un determinado intercambiador de calor, son centrales en el trabajo y por ello el razonamiento y la *memoria de cálculo*<sup>4</sup> debe aparecer completo en el informe.

## 1.14 Anexos (opcional)

El material anexo a una propuesta no es muy extenso, porque muchas veces no hace falta dado el carácter ejecutivo del documento. Puede ser pertinente adjuntar comprobantes por escrito del compromiso de terceras partes con la ejecución del trabajo.

En otras ocasiones, para la evaluación o comprensión de la propuesta, se necesita disponer de páginas o secciones de un catálogo, descripción de un equipo, un proceso, una patente o una norma específica porque son centrales al cumplimiento del objetivo general; además, es pertinente anexarlos a la propuesta.

Aunque se hayan leído muchos artículos en el proceso de investigación preliminar, rara vez más de dos o tres tienen verdadera influencia en el objetivo general.

Al elaborar la propuesta, conviene conformar la base de datos bibliográfica para generarla automáticamente según lo que se explica en la sección 5.2.

<sup>3</sup> Hay algunos artículos que se han vuelto clásicos en su campo, pero son la excepción. Cuantas más veces haya sido citado por otros autores, es más probable que se trate de un escrito que haya adquirido esta categoría

<sup>4</sup> El concepto de *memoria de cálculo* se refiere a la costumbre en países latinoamericanos de anexas el detalle de los cálculos numéricos a informes técnicos como respaldo para que quien lee pueda comprobar la veracidad de los datos procesados. Ver sección 2.18 acerca de la pertinencia contemporánea de esta sección.

## **Acercas del autor**

Juan Gabriel Monge Gapper (n. 1977, costarricense) trabaja en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica desde 2000, en donde ha impartido lecciones en las áreas de Termofluidos y Diseño.

Su formación como ingeniero mecánico le ha permitido desempeñarse profesionalmente como consultor independiente y como asesor externo para consultoras del área de ingeniería mecánica, especialmente en el área de sistemas de ventilación.

Esta es una  
muestra del libro  
en la que se despliega  
un número limitado de páginas.

Adquiera el libro completo en la  
**Librería UCR Virtual.**

LIBRERÍA  
UCR  
  
VIRTUAL

Con el significativo título *APRETANDO TUERCAS*, este manual constituye una útil guía didáctica para elaborar trabajos de investigación, conducentes al informe de un trabajo final en el campo de las ingenierías. Ofrece, de manera metódica y explicativa, aquellas normas esenciales para la apropiada organización del documento, además de modelos y recomendaciones para su formato y diagramado.

En sus respectivas secciones se explican, con precisos criterios didácticos y de fácil aplicación, los aspectos y subdivisiones que ha de contener una determinada propuesta; el porqué de cada uno de ellos, así como aquellas estrategias para garantizar la exitosa y apropiada comunicación de los contenidos del trabajo.

Al mismo tiempo, presenta útil información sobre el empleo de tecnicismos, en particular para el ámbito internacional.

Además, se da información bibliográfica, oportuna y actualizada para quienes están por emprender su ejercicio profesional.

Incluye una plantilla LaTeX, que permite el proceso de diagramado de documentos de esa índole: trabajos finales, informes y textos afines.