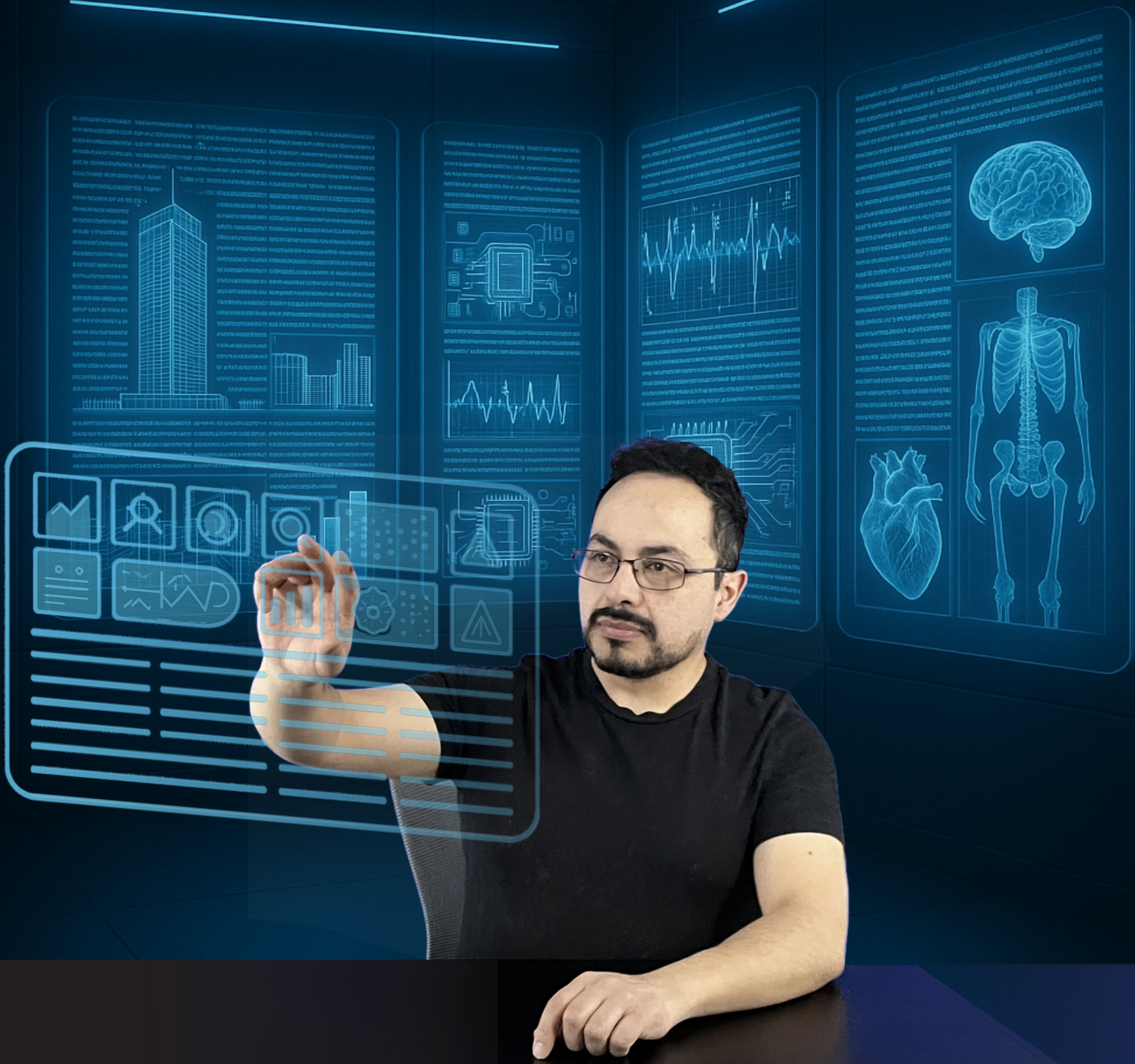


# Metodología de la Investigación

## Elaboración y presentación de un protocolo de Investigación



# Índice general

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Fundamentos y estructura del protocolo</b>                         | <b>7</b>  |
| 1.1. Introducción al protocolo de investigación y formulación del título | 7         |
| 1.1.1. Introducción a la investigación científica en ingeniería          | 8         |
| 1.1.2. Componentes esenciales de un protocolo de investigación           | 9         |
| 1.1.3. Criterios para la formulación de títulos efectivos                | 11        |
| 1.1.4. Actividad: Análisis y refinamiento de títulos                     | 14        |
| 1.2. Planteamiento del Problema                                          | 16        |
| 1.2.1. Identificación y descripción del problema de investigación        | 16        |
| 1.2.2. Formulación de preguntas de investigación                         | 18        |
| 1.2.3. Actividad: Elaboración del planteamiento del problema             | 20        |
| 1.3. Justificación                                                       | 23        |
| 1.3.1. Relevancia académica, práctica y social                           | 25        |
| 1.3.2. Originalidad e innovación del estudio                             | 27        |
| 1.3.3. Actividad: Desarrollo de la justificación                         | 30        |
| 1.4. Antecedentes                                                        | 32        |
| 1.4.1. Revisión histórica del problema                                   | 35        |
| 1.4.2. Estado del arte en el campo de estudio                            | 38        |
| 1.4.3. Actividad: Elaboración de antecedentes                            | 42        |
| 1.5. Planteamiento de objetivos e hipótesis/meta de ingeniería           | 43        |
| 1.5.1. Diferencia entre objetivo general y objetivos específicos         | 43        |
| 1.5.2. Características de objetivos bien formulados                      | 46        |
| 1.5.3. Elaboración de hipótesis vs. metas de ingeniería                  | 49        |
| 1.5.4. Actividad: Redacción de objetivos e hipótesis/metás               | 53        |
| <b>2. Metodología y gestión bibliográfica</b>                            | <b>57</b> |
| 2.1. Marco teórico/conceptual                                            | 57        |
| 2.1.1. Fundamentos teóricos de la investigación                          | 57        |
| 2.1.2. Modelos conceptuales aplicables                                   | 58        |
| 2.1.3. Actividad: Desarrollo del marco teórico                           | 59        |
| 2.1.4. Fundamentos teóricos de la investigación                          | 61        |
| 2.1.5. Modelos conceptuales aplicables                                   | 63        |
| 2.1.6. Actividad: Desarrollo del marco teórico                           | 64        |
| 2.2. Alcances y limitaciones                                             | 67        |
| 2.2.1. Definición del alcance del proyecto                               | 67        |
| 2.2.2. Identificación de limitaciones técnicas y prácticas               | 69        |
| 2.2.3. Actividad: Delimitación del alcance y limitaciones                | 71        |
| 2.3. Diseño metodológico                                                 | 73        |
| 2.3.1. Tipos de metodologías en la investigación en ingeniería           | 73        |
| 2.3.2. Componentes de la metodología                                     | 75        |
| 2.3.3. Selección de métodos según el tipo de investigación               | 78        |
| 2.3.4. Actividad: Diseño de metodología para proyectos específicos       | 80        |
| 2.4. Gestión bibliográfica con Zotero                                    | 83        |
| 2.4.1. Introducción a Zotero                                             | 86        |

|           |                                                                        |            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4.2.    | Recopilación y organización de referencias . . . . .                   | 90         |
| 2.4.3.    | Generación de citas y bibliografía . . . . .                           | 94         |
| 2.4.4.    | Actividad: Implementación de Zotero en su investigación . . . . .      | 97         |
| <b>3.</b> | <b>Cronograma y redacción del protocolo</b>                            | <b>101</b> |
| 3.1.      | Elaboración de cronograma . . . . .                                    | 101        |
| 3.1.1.    | Establecimiento de hitos y entregables . . . . .                       | 106        |
| 3.1.2.    | Actividad: Desarrollo de cronograma para proyecto individual . . . . . | 108        |
| 3.2.      | Redacción e integración del protocolo . . . . .                        | 110        |
| 3.2.1.    | Estilo y formato académico para protocolos . . . . .                   | 110        |
| 3.2.2.    | Coherencia interna del documento . . . . .                             | 112        |
| 3.2.3.    | Revisión y refinamiento del protocolo . . . . .                        | 115        |
| 3.2.4.    | Actividad: Integración de los componentes del protocolo . . . . .      | 117        |
| <b>4.</b> | <b>Presentación y defensa del protocolo</b>                            | <b>121</b> |
| 4.1.      | Diseño de presentaciones efectivas . . . . .                           | 121        |
| 4.1.1.    | Principios de diseño visual para presentaciones académicas . . . . .   | 121        |
| 4.1.2.    | Estructura de una presentación de protocolo . . . . .                  | 123        |
| 4.1.3.    | Estructura de una presentación de protocolo . . . . .                  | 127        |
| 4.1.4.    | Herramientas y recursos para la creación de presentaciones . . . . .   | 132        |
| 4.1.5.    | Actividad: Elaboración de presentación individual . . . . .            | 139        |
| 4.2.      | Técnicas de presentación oral y preparación para entrevista . . . . .  | 142        |
| 4.2.1.    | Habilidades de comunicación oral para contextos académicos . . . . .   | 142        |
| 4.2.2.    | Anticipación y respuesta a preguntas del sínodo . . . . .              | 143        |
| 4.2.3.    | Actividad: Simulación de entrevista y retroalimentación . . . . .      | 145        |
| 4.3.      | Referencias bibliográficas . . . . .                                   | 148        |
| 4.3.1.    | Organización y presentación de referencias . . . . .                   | 148        |
| 4.3.2.    | Verificación de la calidad de las fuentes . . . . .                    | 149        |
| 4.3.3.    | Actividad: Compilación final de referencias . . . . .                  | 151        |



# Presentación

*“El conocimiento es de valor solo si puede llevarse a la práctica.”*

– Anton Chekhov

## Metodología de la Investigación: Elaboración y presentación de un Anteproyecto de Investigación

El presente curso propedéutico tiene una duración de 4 semanas y está diseñado para proporcionar las herramientas metodológicas necesarias en la preparación del documento de anteproyecto de investigación y su posterior presentación ante la comisión evaluadora. Se abordan tanto los aspectos formales del documento escrito como las técnicas para realizar una presentación oral efectiva.

### **Importante: Relación con los asesores de tesis**

Se aclara de manera enfática que el contenido de este curso JAMÁS sustituirá la retroalimentación que el estudiante reciba de su asesor o asesores de tesis. Todos los proyectos de investigación poseen características particulares que requieren orientación específica. Lo que se presenta en este curso son lineamientos generales que deberán adaptarse a las necesidades concretas de cada investigación. Las recomendaciones y orientaciones de los asesores prevalecen sobre cualquier aspecto metodológico presentado en este curso. Por lo tanto, se exhorta a todos los participantes a mantener comunicación constante con sus asesores, incluso durante el desarrollo de este curso propedéutico, para afinar adecuadamente su anteproyecto.

### **Objetivos del curso propedéutico**

Al finalizar este curso de 4 semanas, el estudiante será capaz de elaborar un anteproyecto de investigación estructurado y coherente que cumpla con los requisitos metodológicos. Podrá utilizar herramientas de gestión bibliográfica para la organización eficiente de referencias. El estudiante aprenderá a planificar temporalmente las actividades de investigación mediante cronogramas efectivos. También desarrollará habilidades para diseñar y realizar presentaciones orales persuasivas de su anteproyecto de investigación. Finalmente, estará preparado para responder adecuadamente a las preguntas y observaciones de un comité evaluador.

A lo largo de las cuatro semanas, se revisarán aspectos fundamentales que permiten construir un anteproyecto sólido desde sus cimientos. Se inicia con los fundamentos y estructura del protocolo, continuando con la metodología y gestión bibliográfica, para después abordar la planificación temporal y redacción del documento, finalizando con técnicas para su presentación y defensa.

El enfoque del curso es eminentemente práctico. Cada sesión combina elementos teóricos con actividades dirigidas específicamente a avanzar en la construcción del anteproyecto individual. Al término del curso, el estudiante habrá desarrollado una versión preliminar de su anteproyecto y contará con las habilidades necesarias para presentarlo.

#### Participación activa durante el curso

Para aprovechar al máximo este curso propedéutico, se recomienda asistir a todas las sesiones con material preliminar de su tema de investigación. Resulta beneficioso compartir avances con compañeros para recibir retroalimentación adicional. Es importante aplicar inmediatamente las técnicas aprendidas a su proyecto específico. Se sugiere contrastar lo aprendido en el curso con las recomendaciones de su asesor. Se anima a formular preguntas específicas sobre su proyecto durante las sesiones para resolver dudas particulares.



# Capítulo 1

## Fundamentos y estructura del protocolo

El protocolo de investigación constituye la base metodológica sobre la cual se desarrolla todo proyecto científico en ingeniería. Su correcta elaboración determina en gran medida el éxito del proceso investigativo, pues establece la ruta a seguir y proporciona estructura coherente al trabajo académico. Este capítulo aborda los aspectos fundamentales para la construcción de un protocolo sólido, comenzando con una introducción general a la investigación científica en ingeniería y los componentes esenciales que conforman el documento. Se profundiza en la formulación de títulos efectivos, elemento inicial pero determinante en la comunicación del trabajo. Posteriormente, se analizan las diferencias entre objetivos generales y específicos, así como las características que distinguen a los objetivos bien formulados. El capítulo concluye con la elaboración de hipótesis y metas de ingeniería, destacando sus particularidades y criterios de selección según el tipo de investigación. Cada sección incluye actividades prácticas diseñadas para aplicar los conceptos estudiados, facilitando así el desarrollo gradual del protocolo individual. La comprensión de estos fundamentos proporcionará al estudiante las herramientas metodológicas necesarias para iniciar con solidez su proyecto de investigación en ingeniería.

### 1.1 Introducción al protocolo de investigación y formulación del título

El protocolo de investigación representa el primer paso formal en el proceso científico, constituyendo la guía metodológica que orientará todo el desarrollo posterior del proyecto. Esta sección aborda aspectos fundamentales relacionados con la naturaleza de la investigación científica en el contexto de la ingeniería, así como los elementos estructurales que conforman un protocolo efectivo. Se analiza con especial énfasis la formulación del título, componente inicial que sintetiza la esencia del trabajo y establece el primer contacto con los lectores. El título, más allá de un simple encabezado, comunica el alcance, enfoque y propósito de la investigación, por lo que su correcta elaboración resulta determinante para la percepción y comprensión del proyecto. A través de criterios específicos y ejemplos prácticos, se presentan las características de títulos efectivos y estrategias para su refinamiento. Estos conocimientos proporcionan la base necesaria para iniciar adecuadamente el protocolo, garantizando coherencia entre sus diversos componentes y facilitando su posterior desarrollo.

### 1.1.1 Introducción a la investigación científica en ingeniería

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, el estudiante comprenderá los fundamentos de la investigación científica en ingeniería, identificará sus principales características y reconocerá su importancia en el desarrollo profesional y académico del ingeniero.

La investigación científica en ingeniería constituye un proceso sistemático orientado a la generación de conocimiento para la resolución de problemas técnicos específicos. Se caracteriza por aplicar el método científico en contextos de diseño, optimización y desarrollo de soluciones prácticas para necesidades de la sociedad. A diferencia de la investigación en ciencias básicas, la investigación en ingeniería se enfoca principalmente en la aplicación del conocimiento con fines utilitarios y transformadores [42].

El campo de la ingeniería requiere investigaciones que integren conocimientos de diversas disciplinas para abordar problemas complejos. Esta naturaleza multidisciplinar permite enriquecer el proceso investigativo y llegar a soluciones más robustas [19]. Por ejemplo, un problema de diseño estructural no solo implica conocimientos de resistencia de materiales, sino también consideraciones económicas, ambientales y sociales.

En el contexto actual, la investigación en ingeniería se ha vuelto indispensable debido a la necesidad de desarrollar tecnologías sostenibles, eficientes y accesibles. Los avances tecnológicos dependen directamente de los procesos de investigación, experimentación y validación que realizan los ingenieros en diferentes campos de especialización [15].

#### Ejemplos de investigación en diferentes ramas de ingeniería

**Ingeniería civil (estructuras):** Desarrollo de concretos autocompactantes con materiales reciclados para reducir el impacto ambiental en la construcción de edificaciones.

**Ingeniería biomédica (sistemas dinámicos):** Implementación de algoritmos para el procesamiento de señales electrocardiográficas que permitan la detección temprana de arritmias utilizando dispositivos portátiles.

**Ingeniería en computación:** Diseño de sistemas de reconocimiento facial con aprendizaje profundo que optimicen el consumo energético en dispositivos móviles.

La investigación en ingeniería sigue un proceso metodológico que inicia con la identificación de un problema o necesidad [26]. Esta identificación debe ser precisa y estar fundamentada en evidencias concretas. Posteriormente, se establecen los objetivos de investigación, se desarrolla una metodología adecuada, se recopilan y analizan datos, y finalmente se formulan conclusiones que derivan en aplicaciones prácticas.

El éxito de una investigación en ingeniería no se mide únicamente por su rigor científico, sino también por su viabilidad técnica, económica y su potencial impacto social [15]. Una buena investigación ingenieril debe balancear la innovación con la factibilidad de implementación, considerando restricciones reales como recursos disponibles, normativas vigentes y aceptación por parte de los usuarios.

#### Errores comunes en la investigación en ingeniería

Al iniciar un proyecto de investigación en ingeniería, se debe evitar:

- Definir problemas demasiado amplios que resulten inabordables
- Ignorar las implicaciones económicas y de sostenibilidad de la solución propuesta
- Prescindir de la validación experimental de los modelos teóricos
- Desconocer el estado del arte y trabajos previos relacionados
- Subestimar los tiempos requeridos para el desarrollo y prueba de prototipos

Para los estudiantes que se inician en la investigación, resulta fundamental comprender que este proceso



requiere tanto creatividad como disciplina. La revisión constante de literatura actualizada permitirá conocer las tendencias actuales y evitar duplicar esfuerzos en problemas ya resueltos. Asimismo, el desarrollo de habilidades para la recopilación, análisis e interpretación de datos resultará determinante para obtener conclusiones válidas.

El protocolo de investigación representa el primer paso formal en este proceso, pues establece la ruta que seguirá el investigador para abordar una problemática específica [26]. Un buen protocolo debe ser claro, coherente y estar alineado con las capacidades técnicas e intereses del investigador, así como con las líneas de investigación de la institución donde se desarrolla.

La investigación en ingeniería evoluciona constantemente, adaptándose a las necesidades emergentes de la sociedad [19]. Los nuevos paradigmas como la sostenibilidad, la transformación digital y la bioingeniería han modificado los enfoques tradicionales, generando oportunidades para desarrollar investigaciones innovadoras y con alto impacto social.

#### Recomendaciones para iniciar en la investigación

Para comenzar adecuadamente en el campo de la investigación en ingeniería:

- Identifique un tema que despierte genuino interés y tenga relevancia actual
- Busque asesoría de investigadores con experiencia en el área
- Participe en seminarios y congresos relacionados con su campo de interés
- Forme parte de grupos o semilleros de investigación
- Mantenga un registro detallado de sus avances, lecturas y reflexiones

El desarrollo de habilidades investigativas constituye una ventaja competitiva para el ingeniero contemporáneo, pues potencia su capacidad para afrontar problemas complejos de manera estructurada y metódica [42]. Estas habilidades trascienden el ámbito académico y resultan valiosas en contextos profesionales donde la innovación y la mejora continua son prioritarias.

#### 1.1.2 Componentes esenciales de un protocolo de investigación

##### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, el estudiante identificará los elementos fundamentales que conforman un protocolo de investigación, comprenderá la función de cada componente y aplicará este conocimiento en la elaboración de su propio protocolo.

El protocolo de investigación representa el documento que guía todo el proceso investigativo y constituye la base para el desarrollo exitoso de cualquier proyecto en ingeniería [67]. Este instrumento metodológico detalla de manera sistemática los pasos a seguir para responder a una pregunta de investigación o resolver un problema específico. La elaboración adecuada del protocolo permite organizar las ideas, prever posibles obstáculos y establecer un plan de acción coherente.

Los componentes de un protocolo de investigación se estructuran de manera lógica y secuencial, estableciendo relaciones de dependencia entre sí. El título del proyecto, por ejemplo, debe reflejar con precisión el contenido del estudio, mientras que la justificación debe evidenciar la relevancia del problema identificado [28]. Estos elementos no funcionan de manera aislada, sino que configuran un sistema integrado que da coherencia y solidez al proyecto.

## Ejemplos de protocolos en diferentes áreas de ingeniería

**Ingeniería civil (estructuras):** Protocolo para evaluar la resistencia sísmica de edificaciones construidas con bambú laminado en zonas de alta vulnerabilidad.

**Ingeniería biomédica (sistemas dinámicos):** Protocolo para el desarrollo de un sistema no invasivo de monitoreo continuo de glucosa mediante espectroscopía infrarroja y aprendizaje automático.

**Ingeniería en computación:** Protocolo para la implementación de un sistema de detección de ciberataques basado en análisis de comportamiento de red con inteligencia artificial.

El primer componente esencial de todo protocolo es el título, que debe ser conciso pero informativo, reflejando las variables principales, el contexto y el alcance del estudio [26]. Posteriormente, se desarrolla la introducción, donde se contextualiza el problema y se presentan los antecedentes relevantes. Esta sección permite al lector comprender la importancia del tema y su ubicación dentro del campo disciplinar específico.

El planteamiento del problema constituye otro elemento fundamental, pues define con claridad la situación que se pretende resolver o la pregunta que se busca responder. Un problema bien formulado delimita el alcance del estudio y orienta las decisiones metodológicas posteriores. Esta sección debe presentar evidencias concretas de la existencia del problema y su relevancia en el contexto actual.

La justificación explica por qué es necesario realizar la investigación, destacando su valor teórico, utilidad práctica, relevancia social o implicaciones tecnológicas [15]. Este componente resulta decisivo para obtener apoyo institucional y financiamiento, pues demuestra los beneficios potenciales del estudio en términos de generación de conocimiento, resolución de problemas prácticos o desarrollo de innovaciones.

### Errores frecuentes en la justificación

Al redactar la justificación de tu protocolo, evita:

- Basarte únicamente en argumentos personales sin respaldo científico
- Exagerar el impacto o alcance de tu investigación
- Presentar generalidades sin concretar la aportación específica de tu estudio
- Omitir las limitaciones o restricciones del proyecto
- Ignorar investigaciones previas relacionadas con el tema

Los objetivos de la investigación, tanto el general como los específicos, definen las metas concretas que se pretenden alcanzar [67]. Estos deben ser claros, medibles, alcanzables y coherentes con el problema planteado. La formulación adecuada de objetivos proporciona dirección al estudio y establece criterios para evaluar su éxito al finalizar el proyecto.

El marco teórico ofrece los fundamentos conceptuales que sustentan la investigación, revisando las teorías, modelos y hallazgos previos relacionados con el tema. Esta sección demuestra el conocimiento del investigador sobre el campo de estudio y permite identificar los vacíos o limitaciones en el conocimiento actual que justifican la realización del proyecto propuesto.

La metodología describe de manera detallada el enfoque, diseño y procedimientos que se utilizarán para recopilar y analizar datos [26]. Esta sección especifica la población o muestra, los instrumentos de medición, las técnicas de procesamiento de información y los criterios de validez y confiabilidad aplicables al estudio. La selección metodológica debe ser coherente con los objetivos planteados y el tipo de problema abordado.

### Recomendaciones para la metodología

Para desarrollar una metodología efectiva en tu protocolo:

- Selecciona métodos que se ajusten a tus objetivos de investigación
- Considera las restricciones de tiempo y recursos disponibles
- Consulta estudios similares para identificar metodologías probadas

- Prevé posibles dificultades y establece planes alternativos
- Justifica cada decisión metodológica con base en criterios científicos

El cronograma establece la distribución temporal de las actividades a realizar, mientras que el presupuesto detalla los recursos económicos, materiales y humanos necesarios para ejecutar el proyecto [28]. Estos elementos permiten evaluar la viabilidad del estudio y facilitan su gestión y seguimiento durante la fase de implementación.

Las referencias bibliográficas documentan las fuentes consultadas y demuestran el soporte científico del proyecto [15]. La adecuada citación no solo previene el plagio, sino que también proporciona credibilidad al trabajo y permite a otros investigadores profundizar en los temas abordados o replicar el estudio en contextos diferentes.

Los anexos incluyen información complementaria como instrumentos de recolección de datos, formatos de consentimiento informado, especificaciones técnicas o datos preliminares que, por su extensión o naturaleza, no se incluyen en el cuerpo principal del protocolo pero resultan relevantes para su comprensión integral .

La coherencia interna entre todos estos componentes resulta tan importante como la calidad individual de cada uno. Un protocolo sólido muestra alineación entre el problema, los objetivos, el marco teórico y la metodología, formando un conjunto lógico y articulado . Esta consistencia facilita la comprensión del proyecto y aumenta sus probabilidades de aprobación por parte de comités académicos o entidades financiadoras.

#### Estructura básica de un protocolo de investigación

Un protocolo de investigación en ingeniería generalmente incluye los siguientes elementos en este orden:

1. Título
2. Resumen/Abstract
3. Introducción (contextualización y antecedentes)
4. Planteamiento del problema
5. Justificación (relevancia e impacto potencial)
6. Objetivos (general y específicos)
7. Marco teórico y estado del arte
8. Metodología (enfoque, diseño, muestra, instrumentos, análisis)
9. Cronograma de actividades
10. Referencias bibliográficas

La extensión y profundidad de cada componente puede variar según el nivel académico y los requisitos institucionales específicos. Sin embargo, la claridad, precisión y coherencia deben caracterizar a todos los elementos del protocolo, independientemente de su extensión [67].

### 1.1.3 Criterios para la formulación de títulos efectivos

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, el estudiante será capaz de identificar las características de un título efectivo para investigaciones en ingeniería, evaluar la calidad de títulos existentes y diseñar títulos claros, precisos y atractivos para sus propios protocolos de investigación.

El título de una investigación constituye la primera aproximación que tendrán los lectores al contenido del trabajo, por lo que su correcta formulación resulta determinante para generar interés y comunicar con precisión el alcance del estudio . Un título efectivo debe reflejar la esencia de la investigación y permitir a los lectores identificar rápidamente si el documento corresponde a sus intereses o necesidades informativas.

La elección del título representa una de las primeras decisiones metodológicas del investigador, aunque paradójicamente suele ser una de las últimas en concretarse de manera definitiva. Esto se debe a que el título debe capturar con precisión el contenido de la investigación, lo que implica un conocimiento profundo del alcance, enfoque y resultados esperados del estudio.

En el campo de la ingeniería, la formulación de títulos efectivos adquiere particularidades relacionadas con la naturaleza aplicada de la disciplina. Los títulos deben reflejar tanto el componente técnico como el impacto potencial o la aplicación práctica de la investigación [10]. Este balance entre lo técnico y lo práctico resulta esencial para comunicar adecuadamente el valor del trabajo en contextos académicos y profesionales.

#### Ejemplos de títulos efectivos en diferentes áreas de ingeniería

**Ingeniería civil (estructuras):** «Optimización de muros de contención de hormigón armado mediante algoritmos genéticos para reducir costos y huella de carbono»

**Ingeniería biomédica (sistemas dinámicos):** «Desarrollo y validación de un sistema portátil de análisis de marcha basado en sensores inerciales para evaluación clínica de pacientes con enfermedad de Parkinson»

**Ingeniería en computación:** «Implementación de técnicas de aprendizaje federado para preservar la privacidad en sistemas de reconocimiento facial en entornos de seguridad controlada»

Un título efectivo debe ser específico, indicando claramente las variables principales del estudio, la población o muestra analizada y el contexto de la investigación [51]. La especificidad permite delimitar el alcance del trabajo y evita generar expectativas que no serán satisfechas por el contenido. Por ejemplo, un título como «Mejora de la eficiencia energética en edificaciones hospitalarias mediante sistemas fotovoltaicos integrados» resulta más informativo que «Eficiencia energética en hospitales».

La concisión representa otro criterio fundamental para la formulación de títulos efectivos. Se recomienda que el título no exceda las 12-15 palabras, evitando términos redundantes o información que puede reservarse para el resumen o la introducción. Un título excesivamente largo dificulta su comprensión y reduce su impacto visual en bases de datos y motores de búsqueda académicos.

#### Errores comunes en la formulación de títulos

Al redactar el título de tu investigación, evita:

- Usar abreviaturas o siglas poco conocidas
- Incluir términos vagos como «Un estudio sobre...» o «Análisis de...»
- Formular títulos excesivamente generales que no reflejen el alcance real
- Utilizar jerga técnica innecesaria que dificulte la comprensión
- Incorporar información metodológica detallada que corresponde al resumen
- Redactar títulos interrogativos que no reflejen el enfoque de la investigación

La precisión terminológica constituye un aspecto esencial para la formulación de títulos efectivos en ingeniería. El uso de términos técnicos específicos de la disciplina permite comunicar con exactitud el contenido del trabajo, mientras que el empleo de palabras clave relevantes facilita su localización en motores de búsqueda y bases de datos especializadas. Sin embargo, esta precisión debe equilibrarse con la accesibilidad para evitar títulos comprensibles únicamente para especialistas en áreas muy restringidas.

La estructura sintáctica del título también influye en su efectividad comunicativa. En ingeniería, predominan los títulos nominales, que utilizan sustantivos y adjetivos para describir el contenido de la investigación. Esta estructura permite condensar información compleja en expresiones concisas, aunque en ocasiones puede resultar conveniente emplear estructuras compuestas que especifiquen tanto el objetivo como el método o el campo de aplicación.

### Recomendaciones para formular títulos efectivos

Para crear títulos que capturen la esencia de tu investigación:

- Identifica las variables principales y la relación entre ellas
- Especifica la población o el contexto cuando sea relevante
- Usa términos precisos que reflejen la naturaleza técnica del trabajo
- Revisa títulos de artículos recientes en tu área específica
- Evalúa varias alternativas antes de seleccionar la versión final
- Verifica que el título genere expectativas acordes al contenido real

La inclusión de información sobre resultados en el título depende del tipo de investigación y su fase de desarrollo [10]. En estudios completados, puede resultar conveniente mencionar hallazgos clave para incrementar el interés, siempre que estos resultados estén plenamente confirmados. En protocolos de investigación, sin embargo, es preferible enfocarse en el propósito y el enfoque metodológico, evitando prometer resultados específicos que aún no se han obtenido.

El atractivo del título constituye un factor que, sin comprometer la precisión técnica, puede aumentar significativamente el interés por la investigación [51]. La incorporación estratégica de términos que destaquen la innovación, la aplicabilidad o la relevancia social del estudio resulta especialmente efectiva en ingeniería, donde el valor práctico de la investigación es altamente valorado tanto en contextos académicos como industriales.

La coherencia entre el título y el contenido de la investigación resulta imprescindible para mantener la credibilidad científica. El título debe reflejar fielmente lo que el lector encontrará en el documento, evitando tanto la exageración como la subestimación del alcance o los resultados del estudio. Esta coherencia debe evaluarse durante todo el proceso de investigación, ajustando el título si el desarrollo del trabajo modifica sustancialmente el enfoque inicial.

### Estructura recomendada para títulos en ingeniería

Los títulos más efectivos en ingeniería suelen seguir alguna de estas estructuras:

**Resultado + Método:** «Reducción del 40 % en consumo energético mediante implementación de sistemas de control adaptativo en edificios inteligentes»

**Problema + Solución:** «Mitigación de vibraciones en puentes peatonales utilizando amortiguadores de masa sintonizada optimizados»

**Objeto de estudio + Enfoque:** «Materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras naturales: caracterización mecánica y aplicaciones estructurales»

**Aplicación + Beneficio:** «Sistema de monitoreo remoto de signos vitales para prevención de complicaciones en pacientes geriátricos»

La evaluación de la calidad del título puede realizarse mediante criterios específicos como relevancia, especificidad, concisión, precisión terminológica y atractivo. Solicitar retroalimentación de colegas o asesores sobre el título propuesto constituye una práctica recomendable para identificar posibles ambigüedades o mejoras potenciales antes de su presentación formal.

La optimización del título para motores de búsqueda y bases de datos representa un aspecto cada vez más importante en la difusión de la investigación científica [10]. La inclusión estratégica de palabras clave relevantes en el campo disciplinar específico aumenta la visibilidad del trabajo y facilita su localización por parte de investigadores interesados en temas similares.

#### 1.1.4 Actividad: Análisis y refinamiento de títulos

##### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta actividad, el estudiante será capaz de evaluar críticamente títulos de investigación, identificar sus fortalezas y debilidades, y reformularlos para mejorar su precisión, claridad y capacidad comunicativa en el contexto de la ingeniería.

El análisis y refinamiento de títulos constituye una práctica fundamental para desarrollar habilidades de comunicación científica efectiva. Esta actividad permite aplicar los criterios teóricos de formulación de títulos a casos concretos, facilitando la comprensión de los principios mediante ejemplos prácticos y ejercicios de evaluación crítica.

La presente actividad se estructura en tres fases complementarias: análisis crítico de títulos existentes, identificación de patrones efectivos en publicaciones relevantes y reformulación de títulos problemáticos [31]. Este enfoque progresivo permite desarrollar tanto habilidades analíticas como creativas, fundamentales para la adecuada presentación de trabajos de investigación en ingeniería.

##### Primera fase: Análisis crítico

Analiza los siguientes títulos e identifica sus fortalezas y debilidades según los criterios estudiados:

1. «Estudio experimental sobre el comportamiento estructural de columnas de concreto reforzado sometidas a cargas cíclicas laterales y carga axial constante bajo estándares sísmicos actualizados»
2. «Uso de inteligencia artificial para mejorar procesos»
3. «Desarrollo de un sistema no invasivo basado en fotopletismografía para la detección temprana de irregularidades cardiovasculares en adultos mayores: validación clínica preliminar»
4. «Nueva metodología para sistemas embebidos»
5. «Optimización del rendimiento térmico en intercambiadores de calor de placa mediante modificación geométrica de la superficie: un enfoque computacional validado experimentalmente»

La primera fase permite aplicar criterios como especificidad, concisión, precisión terminológica y estructura sintáctica a ejemplos concretos. Al identificar títulos excesivamente largos o demasiado generales, los estudiantes pueden comprender de manera práctica cómo estos aspectos afectan la efectividad comunicativa en contextos académicos y profesionales.

La segunda fase se enfoca en la identificación de patrones efectivos en publicaciones de alto impacto dentro del área específica de interés del estudiante. Este análisis permite reconocer las convenciones disciplinares y las tendencias actuales en la formulación de títulos, proporcionando modelos que pueden adaptarse a las necesidades particulares de cada investigación.

##### Recomendaciones para el análisis de títulos

Para realizar un análisis efectivo de títulos en tu área de interés:

- Selecciona revistas con alto factor de impacto en tu campo específico
- Analiza al menos 10 títulos de artículos publicados en los últimos dos años
- Identifica patrones comunes en longitud, estructura y terminología
- Registra las palabras clave más frecuentes y su posición en el título
- Compara títulos de artículos teóricos y aplicados dentro de la misma disciplina
- Evalúa cómo los títulos más citados difieren de aquellos menos citados

En la tercera fase, se aborda la reformulación de títulos problemáticos para mejorar su efectividad [31]. Este ejercicio práctico permite aplicar estrategias como la eliminación de términos redundantes, la especificación de variables principales, la incorporación de palabras clave relevantes y la reestructuración sintáctica para optimizar la claridad y precisión.



### Segunda fase: Identificación de patrones

Selecciona tres revistas científicas relevantes en tu área específica de ingeniería. Para cada fuente:

- Identifica los cinco artículos más citados en los últimos tres años
- Analiza sus títulos considerando: longitud (número de palabras), estructura sintáctica, presencia de resultados, terminología técnica y enfoque (teórico, metodológico o aplicado)
- Elabora una tabla comparativa que sintetice los patrones observados
- Redacta un breve informe (máximo una página) sobre las características comunes de los títulos efectivos en tu campo

El análisis comparativo de títulos en diferentes áreas de la ingeniería revela particularidades disciplinares que deben considerarse en la formulación de títulos efectivos [10]. Por ejemplo, en ingeniería civil los títulos suelen enfatizar aspectos como materiales, resistencia o comportamiento estructural; en ingeniería biomédica frecuentemente incluyen referencias a parámetros fisiológicos o aplicaciones clínicas; mientras que en ingeniería informática a menudo destacan algoritmos, eficiencia computacional o aplicaciones específicas.

### Errores frecuentes al reformular títulos

Al momento de refinar títulos para tu investigación, evita:

- Eliminar información esencial que define el alcance específico del estudio
- Introducir ambigüedad al reemplazar términos técnicos por equivalentes más generales
- Crear títulos excesivamente concisos que resulten imprecisos o incompletos
- Incorporar jerga innecesaria que obstaculice la comprensión interdisciplinar
- Modificar el enfoque original de la investigación al reformular el título
- Generar inconsistencias entre el título y el contenido del trabajo

La tercera fase de la actividad implica un ejercicio práctico de reformulación que integra los conocimientos adquiridos en las fases previas. Se proponen títulos problemáticos que presentan deficiencias específicas como excesiva longitud, vaguedad, ambigüedad o imprecisión terminológica, para que los estudiantes apliquen estrategias de refinamiento basadas en los criterios estudiados.

### Tercera fase: Reformulación

Para cada uno de los siguientes títulos problemáticos, propón una versión mejorada que mantenga la esencia temática pero optimice su efectividad comunicativa:

- «Un estudio sobre diferentes métodos para mejorar la eficiencia energética en edificios que se utilizan como oficinas en climas cálidos y su impacto en el confort térmico de los ocupantes y en el consumo eléctrico total a lo largo del año»
- «Desarrollo de algoritmos para señales»
- «Estudio sobre materiales compuestos para aplicaciones ingenieriles con condiciones especiales»
- «Sistema innovador basado en tecnología de punta para monitoreo de diferentes parámetros en tiempo real con interfaz amigable»
- «Metodología para el análisis de elementos finitos en estructuras complejas con el objetivo de optimizar su resistencia bajo diferentes condiciones de carga estática y dinámica mediante simulaciones computacionales avanzadas»

Para evaluar la efectividad de las reformulaciones, se recomienda utilizar una rúbrica que considere aspectos como especificidad, concisión, precisión terminológica, estructura sintáctica y capacidad para generar interés [31]. Esta evaluación puede realizarse mediante revisión por pares, permitiendo a los estudiantes beneficiarse tanto del ejercicio de refinamiento como de la retroalimentación crítica de sus compañeros.

El ejercicio de reformulación debe complementarse con una reflexión sobre el proceso de toma de decisiones que condujo a la versión final del título. Esta metacognición permite consolidar el aprendizaje y desarrollar criterios propios para la formulación de títulos en futuras investigaciones, adaptando los principios generales

a las necesidades específicas de cada proyecto.

#### Evaluación de la efectividad de un título

Después de reformular un título, evalúa su efectividad preguntándote:

- ¿Comunica claramente el tema central de la investigación?
- ¿Especifica las variables principales y su relación?
- ¿Indica el contexto o población cuando es relevante?
- ¿Mantiene una longitud adecuada (12-15 palabras)?
- ¿Utiliza terminología precisa pero comprensible?
- ¿Incluye palabras clave relevantes para búsquedas bibliográficas?
- ¿Genera interés sin prometer más de lo que el estudio ofrece?

Como cierre de la actividad, se recomienda la socialización de las versiones refinadas y su discusión colectiva [10]. Este intercambio permite identificar diferentes enfoques para abordar problemas similares, ampliar la perspectiva sobre posibles soluciones y desarrollar un sentido crítico más agudo para la evaluación de títulos de investigación.

La capacidad para formular títulos efectivos constituye una habilidad transferible que beneficiará a los estudiantes a lo largo de su trayectoria académica y profesional. El refinamiento de esta competencia mediante ejercicios prácticos y análisis crítico permite mejorar la comunicación científica y aumentar el impacto potencial de las investigaciones desarrolladas en el campo de la ingeniería.

## 1.2 Planteamiento del Problema

### 1.2.1 Identificación y descripción del problema de investigación

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, podrás:

- Reconocer situaciones problemáticas en el ámbito de la ingeniería
- Aplicar técnicas para la identificación de problemas investigables
- Describir con precisión y claridad un problema de investigación
- Diferenciar entre problemas científicos y no científicos

La identificación de un problema de investigación representa el primer paso en el proceso investigativo. Se trata de reconocer una situación que requiere solución, un vacío en el conocimiento existente o una oportunidad de mejora en el campo de la ingeniería. Esta fase demanda observación sistemática, análisis crítico y reflexión sobre el entorno profesional o académico.

Para identificar un problema de investigación adecuado, el investigador debe mantenerse atento a las necesidades y desafíos actuales en su área. La lectura constante de publicaciones científicas, la participación en congresos y el diálogo con otros profesionales facilitan la detección de aspectos que requieren estudio. Los problemas pueden surgir de la observación directa de fenómenos, del análisis de datos disponibles o de la identificación de contradicciones o inconsistencias en la teoría [109].

Un problema de investigación debe cumplir con ciertas características para ser considerado científico. Debe ser factible de estudiar con los recursos disponibles, relevante para el campo de conocimiento, novedoso en su planteamiento, ético en sus implicaciones y generar conocimiento útil. La selección del problema debe hacerse considerando el valor potencial de sus resultados [66].

## Técnicas para identificar problemas de investigación

**Análisis de discrepancias:** En ingeniería civil, al comparar el comportamiento real de una estructura con el predicho por los modelos matemáticos, pueden detectarse diferencias significativas que revelan limitaciones en la teoría actual.

**Detección de anomalías:** Un ingeniero biomédico puede notar patrones inusuales en señales electrocardiográficas durante ciertos tratamientos, lo que sugiere interacciones no documentadas entre dispositivos médicos.

**Evaluación de desempeño:** Un ingeniero en computación puede identificar que determinados algoritmos de aprendizaje automático muestran rendimientos muy por debajo de lo esperado cuando procesan datos con características específicas.

Una vez identificado el problema, la descripción del mismo implica explicarlo de manera clara y precisa. Esta descripción debe presentar el contexto donde se manifiesta el problema, sus características principales, los factores involucrados y su impacto en el ámbito de la ingeniería. La descripción debe ser específica, evitando generalizaciones vagas y enfocándose en aspectos concretos que puedan ser investigados objetivamente.

Al redactar la descripción del problema, se sugiere considerar los siguientes elementos:

El contexto espacial y temporal donde se manifiesta el problema. Esto incluye la ubicación geográfica, el período de tiempo en que ocurre y las condiciones específicas que lo rodean. Por ejemplo, «deficiencias en el comportamiento térmico de edificaciones residenciales en climas extremos del norte de México durante los meses de verano».

Las manifestaciones observables del problema. Se deben describir los síntomas o evidencias que indican la existencia del problema, preferiblemente con datos cuantitativos cuando estén disponibles. Por ejemplo, «aumento del 35 % en fallos de componentes electrónicos expuestos a radiación electromagnética en entornos industriales».

Los posibles factores causales o variables relacionadas. Aunque no se debe adelantar conclusiones, es útil mencionar los elementos que parecen estar vinculados al problema. Por ejemplo, «la variabilidad en los parámetros de procesamiento de señales biomédicas parece estar asociada con las condiciones ambientales durante la adquisición de datos».

Las consecuencias o impactos del problema. Es importante explicar por qué el problema merece atención, detallando sus efectos negativos o las oportunidades que representa su solución. Por ejemplo, «la ineficiencia en algoritmos de ruteo genera un consumo excesivo de energía en redes de sensores, reduciendo su vida útil hasta en un 40 %».

### Errores frecuentes en la identificación de problemas

- Seleccionar temas demasiado generales como «mejorar la eficiencia energética» sin especificar contexto ni variables
- Confundir un problema tecnológico con un problema de investigación científica
- Plantear problemas cuya respuesta ya se conoce y está bien documentada
- Proponer problemas que requieren recursos inaccesibles para el investigador
- Elegir problemas sin considerar las limitaciones temporales del proyecto
- Identificar problemas que no generarán conocimiento transferible o aplicable

La descripción del problema debe ser precisa pero completa, evitando ambigüedades y términos imprecisos. Es recomendable utilizar un lenguaje técnico apropiado para el campo de la ingeniería correspondiente, pero asegurando que sea comprensible para los lectores del área. La extensión de la descripción debe ser suficiente para comunicar claramente el problema sin extenderse innecesariamente [71].

### Ejemplos de descripciones de problemas

**Ingeniería Civil:** La insuficiente capacidad de disipación de energía en conexiones viga-columna de estructuras metálicas sometidas a cargas sísmicas en edificios de mediana altura (5-15 pisos) construidos entre 2000-2010 en México. Los análisis post-sismo de 2017 revelaron que estas conexiones presentaron fallas prematuras por fatiga de bajo ciclaje, comprometiendo la integridad estructural antes de alcanzar los niveles de deformación previstos en la normativa NTC-2004.

**Ingeniería Biomédica:** La baja especificidad (65 %) de los algoritmos actuales de procesamiento de señales electroencefalográficas (EEG) para la detección temprana de actividad epileptiforme en pacientes pediátricos, lo que resulta en una alta tasa de falsos positivos (35 %) que complica el diagnóstico clínico. Esta limitación afecta particularmente la evaluación de niños menores de 5 años, donde los patrones de ondas cerebrales presentan mayor variabilidad interpersonal.

**Ingeniería en Computación:** El rendimiento deficiente de los sistemas de reconocimiento de objetos basados en redes neuronales convolucionales cuando operan en condiciones de baja iluminación (menos de 10 lux) o alta saturación de imagen. En estas condiciones, la precisión se reduce del 94 % al 72 %, lo que limita su aplicabilidad en sistemas de seguridad y vigilancia que deben funcionar en entornos con iluminación variable.

La identificación y descripción adecuada del problema establece los cimientos para toda la investigación posterior. La precisión en esta etapa facilita la formulación de objetivos coherentes, la selección de metodologías apropiadas y la interpretación relevante de los resultados. Un problema bien definido orienta eficientemente el esfuerzo investigativo y aumenta las probabilidades de generar conocimiento valioso para el campo de la ingeniería.

#### 1.2.2 Formulación de preguntas de investigación

##### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, podrás:

- Formular preguntas de investigación claras y precisas
- Distinguir entre preguntas principales y secundarias
- Evaluar la calidad de las preguntas de investigación
- Alinear las preguntas con los objetivos del estudio

Las preguntas de investigación representan la expresión interrogativa del problema identificado. Estas preguntas orientan todo el proceso investigativo, desde la revisión bibliográfica hasta el diseño metodológico, y constituyen la guía principal para obtener las respuestas que el estudio pretende generar. Una formulación adecuada de las preguntas de investigación asegura la direccionalidad y coherencia del trabajo científico.

La pregunta principal de investigación debe reflejar la esencia del problema identificado y expresarlo de forma interrogativa. Esta pregunta establece el enfoque central del estudio y determina su alcance. Las preguntas secundarias o específicas desglosan aspectos particulares del problema y contribuyen a responder la pregunta principal desde diferentes ángulos. El conjunto de estas preguntas debe abarcar los aspectos más relevantes del fenómeno estudiado.

Para formular preguntas de investigación efectivas, estas deben cumplir con varios criterios de calidad. Una buena pregunta de investigación debe ser clara en su redacción, específica en su alcance, susceptible de respuesta empírica, relevante para el campo de estudio y factible de abordar con los recursos disponibles. Además, debe evitar sesgos en su planteamiento y permitir la generación de conocimiento significativo [79].

## Estructura de preguntas de investigación efectivas

Las preguntas de investigación suelen seguir estructuras que facilitan su claridad:

**Ingeniería Civil:** ¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en proporción del 0.5 % al 2 % en la resistencia a flexión del concreto destinado a pavimentos en zonas con temperaturas extremas (-10°C a 40°C)?

**Ingeniería Biomédica:** ¿Qué características del espectro de frecuencia de señales electromiográficas permiten diferenciar con precisión superior al 85 % los movimientos voluntarios de los espasmos musculares en pacientes con lesiones medulares incompletas?

**Ingeniería en Computación:** ¿En qué medida los algoritmos de compresión basados en transformadas wavelet superan a los algoritmos tradicionales basados en DCT en términos de relación señal-ruido y tiempo de procesamiento cuando se aplican a imágenes médicas de resonancia magnética?

La formulación de preguntas de investigación implica un proceso iterativo de refinamiento. Las preguntas iniciales suelen ser generales y, a medida que se profundiza en la revisión de literatura y se comprende mejor el problema, estas se van acotando y precisando. Es recomendable comenzar con preguntas exploratorias como «¿qué factores influyen en...?», «¿cómo se relaciona...?» o «¿qué diferencias existen entre...?», para luego avanzar hacia preguntas más específicas [125].

Las preguntas de investigación pueden clasificarse según su naturaleza en descriptivas, relacionales, comparativas o explicativas. Las preguntas descriptivas buscan caracterizar fenómenos («¿Cuáles son las propiedades de...?»). Las relacionales exploran conexiones entre variables («¿Cómo se asocia A con B?»). Las comparativas contrastan fenómenos o grupos («¿Qué diferencias existen entre X e Y?»). Las explicativas indagan sobre causas o mecanismos («¿Por qué ocurre...?» o «¿Cómo funciona...?»). La elección del tipo de pregunta depende del nivel de conocimiento previo sobre el tema y los objetivos del estudio.

### ⚠ Errores comunes en la formulación de preguntas

- Plantear preguntas demasiado amplias como «¿Cómo mejorar los sistemas de energía renovable?»
- Formular preguntas cuya respuesta es simplemente sí o no, sin profundidad analítica
- Incluir términos ambiguos o imprecisos que dificultan la operacionalización
- Proponer preguntas imposibles de responder con los métodos disponibles
- Redactar preguntas sesgadas que presuponen ciertos resultados
- Diseñar preguntas desconectadas del problema central de investigación

En el campo de la ingeniería, las preguntas de investigación deben considerar particularmente aspectos técnicos, de factibilidad y de aplicabilidad. Las variables involucradas deben ser susceptibles de medición o evaluación objetiva. El lenguaje debe ser preciso y los términos técnicos deben emplearse con exactitud. Es fundamental que las preguntas estén alineadas con el estado actual del conocimiento en el área, reflejando comprensión de los avances y limitaciones existentes [92].

La redacción de la pregunta debe ser concisa pero completa, incluyendo las variables principales, el contexto del estudio y, cuando sea pertinente, las condiciones específicas. Por ejemplo, en lugar de preguntar «¿Cómo se comportan los materiales compuestos?», es preferible «¿Cómo se comportan los materiales compuestos de matriz cerámica reforzados con nanotubos de carbono bajo condiciones de carga cíclica a temperaturas superiores a 800°C?».

### Ejemplos de pregunta principal y secundarias

**Ingeniería Civil - Pregunta principal:** ¿Qué efectos tiene la incorporación de nanopartículas de sílice en proporciones del 1 % al 5 % sobre la durabilidad del concreto expuesto a ambientes marinos durante un período de cinco años?

**Preguntas secundarias:** 1. ¿Cómo afecta la incorporación de nanopartículas de sílice a la resistencia a compresión del concreto en diferentes etapas de exposición al ambiente marino? 2. ¿Qué cambios microestructurales se producen en la matriz cementante con la adición de nanopartículas cuando se expone a cloruros? 3. ¿Qué correlación existe entre la proporción de nanopartículas y la velocidad de penetración de iones cloruro?

**Ingeniería Biomédica - Pregunta principal:** ¿Cómo se pueden optimizar los algoritmos de filtrado adaptativo para mejorar la relación señal-ruido en el procesamiento de señales de electrocardiograma adquiridas mediante dispositivos portátiles durante actividad física intensa?

**Preguntas secundarias:** 1. ¿Qué tipos de interferencias afectan principalmente la calidad de la señal ECG durante actividad física intensa? 2. ¿Qué parámetros del filtro adaptativo tienen mayor influencia en la preservación de los componentes diagnósticos de la señal? 3. ¿Qué técnicas de pre-procesamiento mejoran el desempeño del filtrado adaptativo en condiciones de movimiento?

**Ingeniería en Computación - Pregunta principal:** ¿De qué manera el uso de arquitecturas neuronales profundas de tipo transformer afecta la eficiencia energética y la precisión en tareas de procesamiento de lenguaje natural en dispositivos móviles con capacidad computacional limitada?

**Preguntas secundarias:** 1. ¿Qué técnicas de compresión de modelos producen la mejor relación entre ahorro energético y preservación de precisión? 2. ¿Cómo varía el consumo energético en función del tamaño del conjunto de datos procesado? 3. ¿Qué capas de la arquitectura transformer presentan mayor potencial de optimización energética?

Las preguntas de investigación deben guardar coherencia con otros elementos del protocolo, especialmente con los objetivos. Cada pregunta específica debe corresponder a un objetivo específico, estableciendo así una alineación clara entre lo que se pregunta y lo que se pretende lograr. Esta correspondencia facilita la evaluación posterior del cumplimiento de los objetivos a través de las respuestas obtenidas para cada pregunta.

La formulación de preguntas de investigación constituye un ejercicio intelectual que requiere precisión, conocimiento del tema y claridad conceptual. Dedicar tiempo suficiente a esta fase es una inversión que beneficia todo el proceso investigativo posterior, pues unas preguntas bien formuladas actúan como brújula que orienta cada decisión metodológica y cada análisis realizado.

### 1.2.3 Actividad: Elaboración del planteamiento del problema



#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta actividad, podrás:

- Aplicar las técnicas aprendidas para identificar un problema relevante
- Redactar un planteamiento del problema estructurado y coherente
- Formular preguntas de investigación precisas y pertinentes
- Evaluar críticamente el planteamiento del problema elaborado

Esta actividad te permitirá poner en práctica los conocimientos adquiridos sobre la identificación del problema y la formulación de preguntas de investigación. A través de un ejercicio guiado, desarrollarás habilidades para elaborar un planteamiento del problema que sirva como base sólida para tu proyecto de investigación.

El planteamiento del problema constituye el núcleo de cualquier investigación científica y su correcta elaboración determinará en gran medida el éxito del proyecto. Por ello, es fundamental practicar esta habilidad mediante ejercicios estructurados que te permitan recibir retroalimentación y mejorar progresivamente [2].

### Instrucciones para la actividad

Para desarrollar esta actividad, sigue estos pasos:

1. Selecciona un tema de tu interés dentro de tu área específica de ingeniería.
2. Realiza una exploración preliminar del tema mediante la lectura de al menos 5 artículos científicos recientes (últimos 5 años).
3. Identifica aspectos problemáticos, vacíos de conocimiento o necesidades no satisfechas.
4. Elabora un documento de 2-3 páginas que contenga: - Descripción contextualizada del problema (1 página) - Pregunta principal de investigación - Tres preguntas secundarias - Justificación breve de la relevancia del problema (media página)
5. Prepara una presentación de 5 minutos para compartir tu planteamiento con el grupo y recibir retroalimentación.

Para facilitar el desarrollo de la actividad, te sugerimos seguir un proceso metódico que te permita construir cada elemento del planteamiento del problema de forma progresiva. Comienza por delimitar claramente el área temática, luego identifica aspectos específicos que requieren investigación y finalmente formula el problema como una discrepancia entre lo que es y lo que debería ser, o como un vacío en el conocimiento actual [110].

La redacción del planteamiento debe ser precisa, evitando afirmaciones ambiguas o juicios de valor sin sustento. Utiliza datos cuando estén disponibles para respaldar la existencia del problema. Por ejemplo, en lugar de afirmar que «los algoritmos actuales son ineficientes», es preferible indicar que «los algoritmos actuales requieren un tiempo de procesamiento promedio de 3.5 segundos por imagen, lo que resulta insuficiente para aplicaciones en tiempo real que demandan respuestas en menos de 1 segundo».

### Aspectos a evitar en la actividad

- No elabores un planteamiento excesivamente amplio que sea imposible de abordar en un proyecto académico
- Evita la selección de problemas que requieran recursos inaccesibles o fuera de tu alcance
- No incluyas soluciones anticipadas al formular el problema
- Evita preguntas de investigación que puedan responderse con un simple "sí." "no"
- No presentes afirmaciones sin respaldo bibliográfico
- Evita problemas cuya solución sea obvia o trivial

Para la formulación de las preguntas de investigación, asegúrate de que sean específicas, medibles, alcanzables, relevantes y acotadas temporalmente. Revisa que exista coherencia entre la pregunta principal y las secundarias, y que estas últimas contribuyan efectivamente a responder la primera. Utiliza un lenguaje técnico apropiado pero asegurándote de que las preguntas sean comprensibles para cualquier profesional de tu área [102].



### Ejemplos para guiar la actividad

**Ejemplo en Ingeniería Civil:** A partir de la observación de fisuras prematuras en pavimentos de concreto de reciente construcción en una zona urbana, un estudiante identificó que podría existir una relación con los ciclos de calentamiento-enfriamiento diarios. Tras revisar la literatura, encontró que los estudios existentes se enfocaban en climas templados, con poca investigación en regiones con amplias variaciones térmicas diurnas.

**Planteamiento elaborado:** Los pavimentos de concreto en la zona norte de México presentan fisuración prematura (antes de cumplir 2 años de servicio) cuando son sometidos a variaciones térmicas diarias superiores a 20°C. La literatura actual sobre diseño de mezclas considera principalmente las temperaturas extremas estacionales, pero no aborda adecuadamente el efecto de los ciclos térmicos diarios de alta frecuencia sobre el comportamiento del material.

**Pregunta principal:** ¿Cómo afectan los ciclos térmicos diarios con variaciones superiores a 20°C a la durabilidad y desempeño de pavimentos de concreto hidráulico en zonas desérticas del norte de México?

**Preguntas secundarias:** 1. ¿Qué correlación existe entre la magnitud de la variación térmica diaria y la aparición de fisuras en los primeros 24 meses de servicio? 2. ¿Qué modificaciones en el diseño de la mezcla pueden incrementar la resistencia del concreto a ciclos térmicos de alta frecuencia? 3. ¿Cómo se compara el comportamiento de pavimentos con diferentes espesores frente a ciclos térmicos diarios intensos?

Durante la presentación de tu planteamiento, destaca la originalidad del problema identificado y su relevancia para el campo de la ingeniería. Presenta brevemente el contexto, la descripción concisa del problema y las preguntas formuladas. Utiliza un lenguaje claro y conciso, y prepárate para recibir y responder preguntas que te ayudarán a refinar tu planteamiento [130].

La retroalimentación que recibas de tus compañeros y profesores será valiosa para mejorar tu planteamiento. Presta especial atención a comentarios sobre la claridad, especificidad, relevancia y factibilidad de tu propuesta. Es normal que el planteamiento requiera varias iteraciones antes de alcanzar su versión final, así que considera este ejercicio como parte de un proceso de mejora continua.

### Rúbrica de evaluación

Tu planteamiento del problema será evaluado considerando los siguientes criterios:

**Claridad y precisión (25 %):** El problema está descrito con lenguaje preciso y comprensible, evitando ambigüedades.

**Relevancia y originalidad (20 %):** El problema identificado es relevante para el campo y aporta una perspectiva novedosa.

**Fundamentación (20 %):** El planteamiento se apoya en literatura científica actualizada y pertinente.

**Coherencia (15 %):** Existe alineación lógica entre la descripción del problema y las preguntas formuladas.

**Factibilidad (20 %):** El problema planteado puede ser investigado con los recursos disponibles y en el tiempo asignado.

Esta actividad no solo te ayudará a desarrollar tu proyecto actual, sino que te proporcionará habilidades valiosas para tu futuro profesional. La capacidad para identificar problemas relevantes y formularlos adecuadamente es una competencia fundamental para cualquier ingeniero, ya sea en el ámbito académico o industrial. En tu práctica profesional, frecuentemente te encontrarás con situaciones que requieren un análisis sistemático similar al que estás desarrollando en esta actividad [19].

Recuerda que un buen planteamiento del problema actúa como brújula para toda tu investigación. Dedicar tiempo y esfuerzo a esta fase inicial te ahorrará muchas dificultades en etapas posteriores y aumentará significativamente la calidad y relevancia de tu trabajo.

## 1.3 Justificación

### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, podrás:

- Argumentar la relevancia de un proyecto de investigación
- Identificar los beneficios potenciales en diferentes ámbitos
- Articular el valor agregado y originalidad de tu estudio
- Redactar una justificación convincente y bien estructurada

La justificación de una investigación explica las razones por las cuales es importante realizar el estudio. Esta sección del protocolo responde a la pregunta fundamental: ¿por qué vale la pena invertir tiempo, esfuerzo y recursos en esta investigación? Una justificación sólida resulta determinante para generar interés en el trabajo, obtener apoyo institucional y convencer sobre la pertinencia del estudio.

La elaboración de una justificación efectiva requiere identificar claramente los beneficios potenciales que se derivarán de la investigación. Estos beneficios pueden manifestarse en diversos ámbitos: científico-técnico, social, económico, ambiental o educativo. La argumentación debe apoyarse en evidencias concretas y estar vinculada directamente con el problema planteado [56].

Una justificación convincente debe destacar la originalidad de la investigación, explicando qué aportes novedosos realizará al campo de conocimiento. Es importante diferenciar entre la mera descripción de un tema interesante y la verdadera justificación de su estudio. No basta con señalar que el tema es fascinante; se debe demostrar que existe una necesidad real de generar conocimiento al respecto .

### Ámbitos de justificación en proyectos de ingeniería

**Justificación teórica (Ingeniería Civil):** Una investigación sobre comportamiento dinámico de estructuras de acero con amortiguadores visco-elásticos puede generar modelos matemáticos que mejoren la comprensión de la disipación de energía, complementando la teoría existente sobre análisis estructural bajo cargas sísmicas.

**Justificación práctica (Ingeniería Biomédica):** El desarrollo de algoritmos mejorados para filtrado de señales electrocardiográficas en dispositivos portátiles puede incrementar la precisión diagnóstica de arritmias en monitoreo ambulatorio, permitiendo intervenciones médicas más oportunas.

**Justificación metodológica (Ingeniería en Computación):** La propuesta de un nuevo enfoque para evaluar el rendimiento energético de algoritmos de aprendizaje profundo puede establecer parámetros estandarizados que faciliten la comparación objetiva entre diferentes soluciones, superando las limitaciones de los métodos actuales.

Al redactar la justificación, es recomendable comenzar estableciendo la relevancia del problema en términos generales, para luego enfocar progresivamente en aspectos más específicos. Se debe considerar el potencial impacto del estudio a corto, mediano y largo plazo, así como su alcance geográfico y poblacional. Es importante ser realista y evitar exagerar los posibles beneficios, manteniendo un balance entre optimismo y objetividad científica.

La justificación debe incluir una revisión de los intentos previos para abordar el problema, explicando por qué las soluciones existentes resultan insuficientes o por qué se requiere un enfoque diferente. Este análisis demuestra conocimiento del estado actual del campo y refuerza la necesidad de realizar la investigación propuesta [26].

### ⚠ Errores comunes en la justificación

- Presentar motivos personales como justificación principal del estudio
- Sobredimensionar el impacto potencial sin evidencia que lo respalde
- Redactar justificaciones genéricas que podrían aplicarse a cualquier investigación
- Enfocarse únicamente en la importancia del tema, sin explicar por qué requiere investigación
- Omitir la vinculación con necesidades reales del sector profesional o social
- Incluir beneficios que no se derivarán directamente de los resultados del estudio

La extensión de la justificación debe ser proporcional a la complejidad del proyecto, generalmente entre una y dos páginas. El lenguaje empleado debe ser persuasivo pero objetivo, evitando afirmaciones categóricas sin respaldo. Se recomienda utilizar datos estadísticos, referencias a estudios previos y opiniones de expertos para fortalecer la argumentación sobre la necesidad de la investigación [68].

La viabilidad del proyecto también forma parte implícita de la justificación. Aunque el estudio pueda ser teóricamente muy relevante, debe ser factible de realizar con los recursos disponibles y en el tiempo establecido. Por tanto, es conveniente mencionar brevemente la disponibilidad de los elementos necesarios para llevar a cabo la investigación, como equipamiento, acceso a información o colaboraciones establecidas.

### Ejemplo de justificación estructurada

#### **Justificación de un proyecto sobre optimización de concretos de ultra-alto desempeño:**

El desarrollo de concretos de ultra-alto desempeño (UHPC) representa una prioridad en ingeniería civil debido a la creciente demanda de estructuras más resistentes, durables y sostenibles. Las estadísticas actuales muestran que aproximadamente el 35 % de la infraestructura en México requiere rehabilitación o reemplazo antes de cumplir su vida útil proyectada, lo que genera costos adicionales estimados en 25,000 millones de pesos anualmente (CICM, 2023).

Esta investigación sobre optimización de dosificaciones de UHPC con materiales locales se justifica desde múltiples perspectivas:

**Justificación técnica:** Las formulaciones existentes de UHPC utilizan principalmente materiales importados, lo que limita su aplicabilidad en proyectos nacionales. La adaptación de estas mezclas con materiales disponibles localmente permitirá desarrollar una tecnología apropiada para las condiciones específicas del país, manteniendo propiedades mecánicas superiores a 150 MPa de resistencia a compresión.

**Justificación económica:** El costo actual del UHPC (aproximadamente 5,000 pesos/m<sup>3</sup>) resulta prohibitivo para su uso generalizado. La incorporación de agregados y adiciones minerales locales podría reducir este costo hasta en un 40 %, haciendo viable su implementación en proyectos de infraestructura pública.

**Justificación social:** El desarrollo de estructuras más durables contribuirá a la seguridad pública, especialmente en zonas sísmicas donde habitan más de 50 millones de mexicanos. La reducción de mantenimiento y rehabilitación permitirá destinar recursos públicos a otras necesidades sociales.

**Justificación ambiental:** La optimización propuesta incorpora subproductos industriales como ceniza volante y escoria de alto horno, reduciendo la huella de carbono en aproximadamente 30 % comparado con el concreto convencional, lo que alinea la tecnología con los compromisos nacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

**Originalidad:** A diferencia de investigaciones previas que han explorado materiales alternativos aislados, este estudio propone un enfoque integral de optimización multiobjetivo que considera simultáneamente costo, desempeño mecánico y durabilidad, utilizando técnicas avanzadas de diseño experimental y aprendizaje automático para identificar las combinaciones óptimas.

Una justificación bien elaborada no solo cumple con los requisitos formales del protocolo, sino que también sirve como herramienta de reflexión para el propio investigador. Al articular claramente las razones por las cuales el estudio es importante, se fortalece la motivación personal y se establece un compromiso con la relevancia y calidad del trabajo a realizar.

La capacidad para justificar adecuadamente un proyecto de investigación constituye una habilidad transferible al ámbito profesional, donde frecuentemente se requiere argumentar la pertinencia de inversiones, cambios tecnológicos o nuevos desarrollos. Los ingenieros que logran comunicar efectivamente el valor de sus propuestas tienen mayores posibilidades de obtener apoyo para implementarlas [119].

### 1.3.1 Relevancia académica, práctica y social

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, podrás:

- Diferenciar entre los distintos tipos de relevancia de una investigación
- Identificar el impacto potencial de tu estudio en diferentes ámbitos
- Articular argumentos sólidos sobre la importancia de tu investigación
- Vincular tu proyecto con necesidades reales del entorno profesional y social

La relevancia de un proyecto de investigación se manifiesta en diferentes dimensiones que se complementan entre sí. Comprender estas dimensiones permite construir una justificación integral que demuestre el valor del estudio desde múltiples perspectivas. Esta subsección profundiza en tres tipos fundamentales de relevancia: académica, práctica y social.

La relevancia académica se refiere a la contribución que la investigación realizará al cuerpo de conocimientos de la disciplina. Este tipo de aporte puede consistir en la generación de nuevos conceptos, la validación o refutación de teorías existentes, el desarrollo de métodos analíticos novedosos o la exploración de áreas poco estudiadas. Una investigación con alta relevancia académica expande las fronteras del conocimiento y establece las bases para estudios posteriores [46].

Para argumentar la relevancia académica de un proyecto, es necesario demostrar conocimiento profundo del estado actual de la investigación en el área específica. Se deben identificar explícitamente las brechas, contradicciones o limitaciones en el conocimiento existente que el estudio pretende abordar. Las revisiones sistemáticas de literatura constituyen un recurso valioso para identificar estas oportunidades de contribución académica [114].

#### Ejemplos de relevancia académica

**Ingeniería Civil:** Este estudio sobre comportamiento viscoelástico de materiales compuestos reforzados con fibras naturales ampliará el conocimiento actual al proponer un modelo constitutivo que incorpora efectos higrotérmicos no considerados en las formulaciones existentes. Los modelos matemáticos disponibles (Chen et al., 2021; Rodríguez, 2022) no logran predecir adecuadamente la deformación a largo plazo bajo condiciones de humedad variable, lo que limita su aplicabilidad en elementos estructurales expuestos a la intemperie.

**Ingeniería Biomédica:** La investigación propuesta sobre métodos adaptativos para el análisis tiempo-frecuencia de señales biomédicas contribuirá al campo al combinar transformadas wavelet y técnicas de aprendizaje profundo. A diferencia de los enfoques actuales (Wong y Martínez, 2023), que aplican esquemas de descomposición predefinidos, nuestro método optimizará la representación en función de las características específicas de la señal, permitiendo una mejor caracterización de patrones transitorios en electroencefalogramas.

**Ingeniería en Computación:** Este trabajo sobre optimización de modelos de predicción de fallas en sistemas distribuidos aportará al conocimiento teórico al formalizar matemáticamente la relación entre indicadores precursores y eventos críticos. La taxonomía de patrones de degradación que se desarrollará complementará los marcos conceptuales existentes (Gupta et al., 2023), que actualmente carecen de un sistema unificado para clasificar anomalías en sistemas heterogéneos.

La relevancia práctica se relaciona con la aplicabilidad de los resultados en la solución de problemas concretos dentro del campo profesional. Una investigación con alta relevancia práctica proporciona herramientas,

métodos, procesos o sistemas que pueden ser implementados para mejorar el desempeño en situaciones reales. Este tipo de relevancia resulta particularmente valorada en disciplinas aplicadas como la ingeniería .

Al argumentar la relevancia práctica, es recomendable especificar cómo los resultados podrían transferirse al ámbito profesional. Detallar los beneficios potenciales en términos de eficiencia, productividad, calidad, seguridad o reducción de costos ayuda a visualizar el impacto concreto que tendría la investigación. Idealmente, se deben incluir estimaciones cuantitativas de estos beneficios, basadas en datos verificables o proyecciones fundamentadas.

#### **⚠ Errores al argumentar la relevancia práctica**

- Asumir que la aplicabilidad es evidente sin explicarla concretamente
- Proponer escenarios de implementación irrealistas o alejados del contexto local
- Ignorar limitaciones técnicas, económicas o normativas que afectarían la aplicación
- Sobreestimar el impacto práctico sin considerar resistencias al cambio
- No identificar a los beneficiarios directos de las aplicaciones propuestas
- Desconectar los beneficios prácticos de las necesidades reales del sector

La relevancia social trasciende el ámbito puramente académico o profesional para considerar cómo la investigación contribuirá al bienestar de la sociedad en su conjunto. Este tipo de relevancia abarca aspectos como la mejora de la calidad de vida, la sostenibilidad ambiental, la inclusión social, la reducción de riesgos para la población o el desarrollo económico de las comunidades [100].

La argumentación de la relevancia social requiere establecer vínculos claros entre los resultados esperados de la investigación y problemas sociales significativos. Es importante considerar tanto los beneficios directos como los indirectos, así como los impactos a corto, mediano y largo plazo. La alineación del proyecto con objetivos de desarrollo sostenible, políticas públicas o necesidades sociales documentadas fortalece este aspecto de la justificación.

#### **Ejemplos de relevancia práctica y social**

**Relevancia práctica (Ingeniería Civil):** El sistema de monitoreo estructural basado en sensores de bajo costo que se desarrollará en esta investigación permitirá a los administradores de infraestructura implementar programas de mantenimiento predictivo con una inversión inicial 70 % menor que con las tecnologías comerciales actuales. Esto habilitará la vigilancia continua de puentes secundarios y edificios públicos que actualmente carecen de monitoreo por restricciones presupuestarias, extendiendo estas prácticas a más de 1,500 estructuras adicionales en la región.

**Relevancia social (Ingeniería Biomédica):** El algoritmo de análisis de imágenes médicas propuesto facilitará la detección temprana de retinopatía diabética con equipos portátiles en comunidades rurales. Considerando que en México existen más de 3 millones de personas con diabetes que viven en zonas con acceso limitado a oftalmólogos especializados, esta solución podría prevenir hasta 15,000 casos de ceguera anualmente mediante intervenciones oportunas. El enfoque propuesto reduce la barrera económica y geográfica para acceder a diagnósticos preventivos.

**Relevancia práctica y social combinadas (Ingeniería en Computación):** El framework de seguridad cibernética adaptado para pequeñas y medianas empresas que se desarrollará en este proyecto reducirá en aproximadamente 40 % el costo de implementación de protocolos básicos de protección de datos. Dado que las PyMEs representan el 72 % del empleo en México y que el 67 % de ellas ha sufrido algún tipo de ataque informático (INEGI, 2022), esta solución contribuirá tanto a la competitividad económica del sector como a la protección de datos personales de millones de usuarios, fortaleciendo la confianza digital en transacciones comerciales.

Es importante destacar que estos tres tipos de relevancia no son mutuamente excluyentes sino complementarios. Un proyecto de investigación sólido idealmente debería aportar en las tres dimensiones, aunque el énfasis puede variar según la naturaleza específica del estudio. Las investigaciones básicas suelen tener mayor relevancia académica, mientras que los proyectos de desarrollo tecnológico pueden destacar más por su

relevancia práctica y social.

La capacidad para articular claramente la relevancia multidimensional de un proyecto no solo fortalece su justificación formal, sino que también facilita la comunicación del valor de la investigación ante diferentes audiencias. Esto resulta particularmente útil al momento de solicitar financiamiento, establecer colaboraciones o difundir los resultados [74].

Al redactar esta sección de la justificación, es recomendable adaptar el lenguaje y los ejemplos al tipo de audiencia que evaluará el protocolo. Si el proyecto será evaluado principalmente por académicos, conviene enfatizar la relevancia teórica; si se presentará ante organismos de financiamiento gubernamental, podría ser más efectivo destacar la relevancia social; si se propone como parte de una colaboración con la industria, la relevancia práctica cobrará mayor importancia.

#### Preguntas guía para identificar la relevancia

Para identificar la relevancia de tu investigación en sus diferentes dimensiones, puedes plantearte las siguientes preguntas:

**Relevancia académica:** ¿Qué vacíos de conocimiento abordará mi investigación? ¿Qué limitaciones de los modelos o teorías actuales pretendo superar? ¿Cómo contribuirá mi estudio al desarrollo metodológico de mi campo? ¿Qué debates actuales en la disciplina se verán enriquecidos con mis resultados?

**Relevancia práctica:** ¿Qué problemas concretos de la práctica profesional ayudará a resolver mi investigación? ¿Qué mejoras en eficiencia, calidad o seguridad podrían derivarse de mis resultados? ¿Qué sectores industriales o profesionales podrían implementar las soluciones propuestas? ¿Qué barreras técnicas o económicas actuales pretende superar mi proyecto?

**Relevancia social:** ¿Cómo contribuirá mi investigación al bienestar de grupos específicos de la población? ¿Qué problemas sociales, ambientales o económicos podrían mitigarse con mis resultados? ¿Cómo se alinea mi proyecto con objetivos de desarrollo o políticas públicas vigentes? ¿Qué impacto podría tener mi investigación en la equidad o sostenibilidad?

La relevancia de una investigación no es estática y puede evolucionar durante el desarrollo del proyecto. Es recomendable revisar y actualizar esta sección de la justificación a medida que se avanza en el estudio, incorporando nuevos elementos que refuercen el valor del trabajo en sus diferentes dimensiones. Esta práctica asegura que la justificación se mantenga vigente y alineada con los desarrollos más recientes en el campo.

### 1.3.2 Originalidad e innovación del estudio



#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, podrás:

- Diferenciar entre originalidad e innovación en el contexto de la investigación
- Identificar los elementos que hacen único tu proyecto de investigación
- Argumentar el valor diferencial de tu propuesta frente a estudios previos
- Evaluar el potencial innovador de tu proyecto dentro del campo de ingeniería

La originalidad y la innovación constituyen aspectos fundamentales para justificar la realización de un proyecto de investigación. Estos elementos demuestran que el estudio propuesto no es simplemente una replicación de trabajos existentes, sino que aporta perspectivas, métodos o soluciones novedosas que enriquecerán el campo de conocimiento. Esta subsección explora cómo identificar y comunicar efectivamente estos aspectos en tu protocolo de investigación.

La originalidad en investigación se refiere a la cualidad de generar conocimiento que no existía previamente o de abordar problemas conocidos desde perspectivas no exploradas anteriormente. Un trabajo original puede manifestarse de diversas formas: aplicando teorías existentes a nuevos contextos, combinando métodos de



manera inédita, estudiando poblaciones o fenómenos poco investigados, o cuestionando supuestos aceptados en el campo [77].

Para evaluar la originalidad de un proyecto, resulta esencial realizar una revisión exhaustiva del estado del arte. Esta revisión permite identificar con precisión qué se ha hecho previamente y dónde existen oportunidades para contribuciones originales. La originalidad no implica necesariamente una ruptura radical con lo existente; puede consistir en extensiones, refinamientos o adaptaciones significativas del conocimiento actual [93].

#### Tipos de originalidad en investigación

**Originalidad conceptual (Ingeniería Civil):** Proponer un nuevo marco teórico que integra principios de mecánica de fracturas y comportamiento térmico para analizar el desempeño de pavimentos en regiones con cambios extremos de temperatura. Este enfoque desafía la práctica común de estudiar estos fenómenos de manera separada, reconociendo su interacción sinérgica en la degradación de materiales.

**Originalidad metodológica (Ingeniería Biomédica):** Desarrollar un protocolo híbrido que combina electromiografía de superficie y termografía infrarroja para evaluar simultáneamente la actividad muscular y los patrones de disipación térmica durante el ejercicio. Esta integración metodológica permite correlacionar señales fisiológicas que tradicionalmente se estudian de forma aislada.

**Originalidad contextual (Ingeniería en Computación):** Adaptar algoritmos de aprendizaje federado para su implementación en redes de sensores con severas restricciones energéticas en entornos rurales. Aunque los algoritmos base están documentados, su adaptación para operar con mínimo consumo energético en condiciones de conectividad intermitente representa un contexto de aplicación inexplorado.

La innovación, por su parte, se relaciona estrechamente con la aplicabilidad y el impacto potencial de la investigación. Mientras la originalidad enfatiza la novedad del conocimiento generado, la innovación destaca su capacidad para resolver problemas prácticos o generar mejoras significativas en procesos, productos o servicios. Una investigación innovadora no solo debe ser original, sino también potencialmente transformadora en su ámbito de aplicación.

El potencial innovador de un proyecto puede evaluarse considerando aspectos como su capacidad para superar limitaciones existentes, mejorar significativamente el desempeño de soluciones actuales, reducir costos o complejidad, ampliar el acceso a grupos previamente excluidos, o generar nuevas oportunidades de desarrollo. Es importante diferenciar entre innovación incremental (mejoras graduales sobre lo existente) e innovación disruptiva (cambios que transforman radicalmente un campo o práctica).

#### ⚠ Confusiones comunes sobre originalidad e innovación

- Asumir que un tema poco estudiado es automáticamente valioso sin demostrar su relevancia
- Confundir novedad con originalidad (lo nuevo no es necesariamente significativo)
- Presentar como innovación lo que es simplemente una aplicación rutinaria de conocimiento existente
- Declarar originalidad sin un análisis riguroso del estado del arte que lo respalde
- Sobreestimar el carácter disruptivo del estudio sin evidencias que lo sustenten
- Ignorar trabajos similares desarrollados en otros idiomas o regiones geográficas

Al argumentar la originalidad e innovación de tu estudio en el protocolo, es recomendable ser específico y evitar afirmaciones generales o grandilocuentes. En lugar de declarar simplemente que la investigación es «totalmente original», es preferible identificar exactamente qué aspectos son novedosos y por qué son significativos. Estas afirmaciones deben apoyarse en una revisión rigurosa de la literatura que demuestre conocimiento profundo del campo [75].

La originalidad puede manifestarse en diferentes componentes del estudio: en el problema abordado, en el



marco teórico adoptado, en la metodología empleada, en la población o contexto estudiado, o en la interpretación propuesta de los resultados. Es importante identificar claramente en cuál de estos aspectos reside principalmente la originalidad de tu investigación.

#### Argumentación de la originalidad e innovación

**Ejemplo en Ingeniería Civil:** La originalidad de este estudio sobre estructuras resilientes a eventos sísmicos reside en tres aspectos fundamentales:

Primero, mientras las investigaciones previas (García et al., 2022; Wong, 2023) han analizado el comportamiento de amortiguadores de masa sintonizada en edificios regulares, nuestro trabajo aborda específicamente su aplicación en estructuras con irregularidades geométricas severas, un contexto poco explorado donde estos dispositivos podrían comportarse de manera significativamente diferente.

Segundo, proponemos un enfoque metodológico innovador que combina ensayos en mesa vibratoria a escala reducida con simulaciones numéricas de alto rendimiento empleando modelos constitutivos avanzados. A diferencia de estudios anteriores que utilizan estas técnicas de forma separada (Martínez, 2021; Rodríguez y López, 2023), nuestra integración permite validación cruzada y calibración iterativa de los modelos computacionales.

Tercero, desarrollamos un algoritmo de optimización topológica adaptado específicamente para determinar la ubicación óptima de los dispositivos considerando múltiples objetivos de desempeño. Este algoritmo supera las limitaciones de los métodos actuales (Chen, 2022) que optimizan únicamente para desplazamientos máximos, ignorando otros parámetros relevantes como aceleraciones de piso y demandas de ductilidad local.

El potencial innovador de esta investigación se refleja en su aplicabilidad directa al diseño sísmico de edificios no convencionales, un segmento creciente en la arquitectura contemporánea, ofreciendo una metodología específica que actualmente no está contemplada en los códigos de construcción vigentes.

Es importante reconocer que la originalidad e innovación son conceptos relativos y contextuales. Lo que resulta novedoso en un entorno geográfico o institucional específico podría ser conocido en otros contextos. Por ello, es fundamental definir claramente el ámbito en el que se reclama originalidad, sea este local, nacional o internacional. También debe considerarse la temporalidad, ya que lo que es innovador hoy podría volverse convencional en poco tiempo, especialmente en campos de rápida evolución como la ingeniería computacional.

La argumentación de la originalidad e innovación debe equilibrarse con el reconocimiento adecuado de los antecedentes y contribuciones previas. Presentar el trabajo como completamente revolucionario sin reconocer sus conexiones con investigaciones anteriores no solo es inexacto sino que también puede generar escepticismo entre evaluadores conocedores del campo. El enfoque más efectivo consiste en mostrar cómo el estudio propuesto se construye sobre conocimientos establecidos para avanzar hacia nuevas fronteras.

#### Estrategias para evaluar la originalidad de tu investigación

Para determinar con mayor objetividad si tu proyecto es realmente original e innovador, considera estas estrategias:

1. Realiza una revisión sistemática de literatura que incluya diferentes bases de datos, idiomas y tipos de publicaciones, no solo artículos académicos sino también patentes y literatura gris.
2. Consulta con expertos en el área que puedan identificar trabajos similares no publicados o en desarrollo, o perspectivas que podrías no haber considerado.
3. Analiza las tendencias actuales en conferencias especializadas y los temas de investigación prioritarios definidos por organismos de financiamiento, que suelen reflejar las fronteras actuales del conocimiento.
4. Busca retroalimentación temprana presentando versiones preliminares de tu propuesta en seminarios o coloquios departamentales.
5. Utiliza herramientas bibliométricas y análisis de redes de citas para identificar vacíos en la literatura actual y posibles nichos de originalidad.

La capacidad para identificar y comunicar efectivamente la originalidad e innovación de un proyecto no solo fortalece su justificación formal, sino que también puede influir significativamente en su potencial para obtener financiamiento, generar publicaciones de alto impacto y establecer colaboraciones estratégicas. Esta habilidad trasciende el ámbito académico y resulta igualmente valiosa en contextos profesionales donde la diferenciación e innovación son cada vez más valoradas [49].

### 1.3.3 Actividad: Desarrollo de la justificación



#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta actividad, podrás:

- Construir una justificación sólida y bien fundamentada para tu proyecto
- Integrar argumentos de relevancia académica, práctica y social
- Articular claramente la originalidad e innovación de tu propuesta
- Evaluar críticamente la justificación de proyectos de investigación

Esta actividad está diseñada para aplicar los conocimientos adquiridos sobre la justificación de proyectos de investigación en ingeniería. A través de un proceso estructurado, desarrollarás la habilidad de argumentar convincentemente por qué tu investigación merece ser realizada, considerando múltiples dimensiones de relevancia y valor.

La elaboración de una justificación efectiva es un proceso iterativo que requiere reflexión, investigación y revisión. Esta actividad te guiará paso a paso en la construcción de cada componente necesario para una justificación integral, permitiéndote recibir retroalimentación y mejorar tu propuesta.

#### Instrucciones para la actividad

Para esta actividad, trabajarás con el mismo tema de investigación que seleccionaste para el planteamiento del problema. Sigue estos pasos:

1. Revisa tu planteamiento del problema y asegúrate de que esté claramente definido.
2. Realiza una búsqueda bibliográfica enfocada (mínimo 8 fuentes actualizadas) para: - Identificar la importancia del problema en diferentes contextos - Determinar qué enfoques se han utilizado previamente para abordarlo - Detectar limitaciones o vacíos en las soluciones existentes
3. Elabora un documento de justificación (2-3 páginas) que incluya: - Relevancia académica: Contribución al conocimiento en tu campo - Relevancia práctica: Aplicaciones potenciales y beneficios técnicos - Relevancia social: Impacto en el bienestar de grupos específicos - Originalidad e innovación: Aspectos novedosos de tu propuesta
4. Prepara una presentación breve (3 minutos) para comunicar tu justificación al grupo.
5. Participa en una sesión de evaluación por pares donde retroalimentarás y recibirás comentarios sobre las justificaciones.

Para desarrollar cada componente de la justificación de manera efectiva, considera utilizar la estructura problema-solución-beneficio. Primero, identifica claramente el problema o necesidad en el contexto específico; segundo, explica cómo tu investigación propuesta abordará ese problema; y tercero, detalla los beneficios esperados y su importancia [26].

Al elaborar el argumento de relevancia académica, es esencial realizar un análisis crítico del conocimiento existente. No basta con afirmar que existen vacíos; debes identificar específicamente qué aspectos no han sido abordados adecuadamente y por qué esa brecha es significativa para el avance del campo. Utiliza citas específicas para respaldar tus afirmaciones sobre el estado actual del conocimiento.

### Errores frecuentes en esta actividad

- Presentar una justificación genérica sin vinculación directa con el problema planteado
- Argumentar la relevancia con base en opiniones personales sin respaldo bibliográfico
- Exagerar la originalidad sin demostrar conocimiento profundo del estado del arte
- Enfocarse excesivamente en un solo tipo de relevancia, ignorando otras dimensiones
- Incluir beneficios potenciales desconectados de los objetivos reales del proyecto
- Usar lenguaje emotivo o sensacionalista en lugar de argumentos objetivos

Para demostrar la relevancia práctica, identifica específicamente quiénes serían los beneficiarios directos de tu investigación y cómo implementarían los resultados. Considera incluir estimaciones preliminares del impacto potencial, como mejoras en eficiencia, reducción de costos o incremento en precisión, basadas en datos verificables. Cuando sea posible, establece comparaciones cuantitativas con las soluciones actualmente disponibles.

Al desarrollar el argumento de relevancia social, establece conexiones claras con problemas o necesidades reconocidas. Puedes referenciar estadísticas, informes oficiales o estudios que documenten la magnitud e importancia del problema social que tu investigación ayudaría a abordar. La alineación con objetivos de desarrollo sostenible, políticas públicas o prioridades institucionales puede fortalecer esta dimensión de tu justificación.

### Ejemplo de estructura para la justificación

A continuación se presenta una estructura sugerida para organizar tu documento de justificación:

- 1. Introducción (1 párrafo)** Presenta brevemente el problema de investigación y adelanta la importancia general del estudio.
- 2. Relevancia académica (2-3 párrafos)** - Estado actual del conocimiento sobre el tema - Limitaciones o vacíos identificados en la literatura - Contribución específica que aportará tu investigación
- 3. Relevancia práctica (2-3 párrafos)** - Problemas técnicos o profesionales que abordará la investigación - Beneficiarios directos y formas de aplicación de los resultados - Ventajas comparativas frente a soluciones existentes
- 4. Relevancia social (2 párrafos)** - Problemática social relacionada con el tema de investigación - Impacto potencial en el bienestar social, económico o ambiental - Alineación con objetivos de desarrollo o políticas públicas
- 5. Originalidad e innovación (2 párrafos)** - Aspectos novedosos del enfoque, metodología o contexto - Diferenciación específica respecto a estudios previos - Potencial transformador o disruptivo de la propuesta
- 6. Conclusión (1 párrafo)** Síntesis integradora de las diferentes dimensiones de relevancia, reforzando la importancia de realizar el estudio.

Para argumentar la originalidad e innovación, es recomendable realizar una tabla comparativa que identifique específicamente qué han hecho otros investigadores y cómo tu propuesta se diferencia. Evita afirmaciones generales como «nadie ha estudiado esto antes» y, en su lugar, especifica exactamente qué aspectos no han sido abordados o qué enfoques no han sido aplicados en el contexto particular que propones [75].

La presentación oral de tu justificación debe ser concisa y persuasiva. Considera utilizar una estructura de «elevator pitch» modificada: problema significativo, limitaciones de soluciones actuales, tu propuesta innovadora, y beneficios esperados. Prepara visualizaciones efectivas que refuercen tus argumentos principales, como gráficos que ilustren la magnitud del problema o comparaciones que destaquen las ventajas de tu enfoque.

### Ejercicio de análisis crítico

Como preparación para la actividad principal, analiza la siguiente justificación hipotética e identifica sus fortalezas y debilidades:

«Este estudio sobre sistemas inteligentes de monitoreo de infraestructura es importante porque actualmente muchos puentes en México tienen problemas estructurales. La investigación propone desarrollar sensores de bajo costo basados en tecnología IoT que permitirán detectar deterioro antes de que ocurran fallas catastróficas. El enfoque es novedoso porque integra aprendizaje automático con procesamiento distribuido de señales, algo que no se ha intentado antes en este contexto. Los resultados beneficiarán a las autoridades de transporte y a los usuarios de los puentes, contribuyendo a la seguridad pública.»

Preguntas para reflexionar: - ¿La relevancia académica está suficientemente desarrollada? - ¿Qué evidencia específica falta para respaldar las afirmaciones? - ¿Cómo podrías mejorar la argumentación sobre originalidad? - ¿La relevancia social está adecuadamente vinculada con datos concretos?

Durante la sesión de evaluación por pares, utiliza una rúbrica estructurada para proporcionar retroalimentación constructiva a tus compañeros. Enfócate en aspectos como la solidez de los argumentos, el respaldo bibliográfico, la especificidad de las afirmaciones y la coherencia entre el problema planteado y la justificación presentada. Esta evaluación cruzada no solo beneficiará a quien recibe los comentarios, sino que también agudizará tu propia capacidad crítica para analizar y desarrollar justificaciones efectivas.

La habilidad para elaborar justificaciones sólidas trasciende el ámbito académico y resulta extremadamente valiosa en contextos profesionales. Los ingenieros frecuentemente necesitan argumentar la importancia de proyectos, inversiones o cambios tecnológicos ante diferentes audiencias. Dominar esta competencia te posicionará favorablemente tanto en el mundo académico como en el profesional.

## 1.4 Antecedentes

### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, podrás:

- Identificar y analizar los precedentes históricos de un problema de investigación
- Sintetizar el conocimiento existente sobre un tema específico
- Reconocer la evolución conceptual y metodológica en tu área de estudio
- Estructurar una revisión coherente del estado del arte en ingeniería

Los antecedentes representan el fundamento histórico y contextual de un problema de investigación. Esta sección del protocolo proporciona una revisión crítica de los trabajos previos relacionados con el tema de estudio, estableciendo las bases para comprender el estado actual del conocimiento y justificar la pertinencia de la nueva investigación. Un análisis adecuado de los antecedentes permite identificar tendencias, vacíos y oportunidades en el campo de estudio.

La elaboración de los antecedentes requiere una revisión sistemática y exhaustiva de las fuentes disponibles. Este proceso no debe limitarse a una simple enumeración cronológica de estudios previos, sino que debe ofrecer una síntesis analítica que identifique patrones, contradicciones y evoluciones en el conocimiento. El investigador debe demostrar capacidad para integrar diferentes perspectivas y evaluar críticamente las contribuciones existentes [54].

En el contexto de la ingeniería, los antecedentes suelen abarcar tanto aspectos teóricos como desarrollos tecnológicos y aplicaciones prácticas. Es importante considerar no solo la literatura académica tradicional, sino también patentes, estándares técnicos, reportes industriales y otros documentos relevantes que reflejen el estado de la práctica profesional. Esta visión integral permite contextualizar adecuadamente el problema de investigación [20].

## Fuentes para la revisión de antecedentes

**Literatura académica:** Artículos científicos, libros, tesis, actas de congresos, revisiones sistemáticas y meta-análisis. Bases de datos como Scopus, Web of Science, IEEE Xplore o ScienceDirect son fundamentales para ingeniería.

**Literatura técnica:** Manuales, guías de diseño, códigos y estándares (ISO, ASTM, IEEE), reportes técnicos de laboratorios y centros de investigación aplicada.

**Documentación industrial:** Patentes, reportes de la industria, white papers, especificaciones de productos, estudios de caso empresariales y documentación técnica de fabricantes.

**Recursos gubernamentales:** Políticas públicas, regulaciones, estadísticas oficiales, reportes de agencias gubernamentales y documentos de planificación estratégica sectorial.

**Fuentes emergentes:** Repositorios de código abierto (GitHub), preprints (arXiv, bioRxiv), foros técnicos especializados, webinars y conferencias digitales recientes.

La organización de los antecedentes puede seguir diferentes estructuras según la naturaleza del tema y los objetivos del estudio. Un enfoque cronológico permite visualizar la evolución histórica del conocimiento, mientras que una organización temática facilita la identificación de diferentes dimensiones o aspectos del problema. También es posible adoptar un enfoque metodológico, agrupando los antecedentes según las aproximaciones utilizadas para abordar el problema [101].

Independientemente de la estructura elegida, es esencial mantener un hilo conductor claro y establecer conexiones explícitas entre los diferentes estudios revisados. El objetivo no es simplemente catalogar trabajos previos, sino construir una narrativa coherente que conduzca lógicamente hacia la identificación del nicho o vacío que la investigación propuesta pretende llenar.

## ⚠ Errores comunes en la revisión de antecedentes

- Presentar una lista de resúmenes de artículos sin análisis crítico ni integración
- Incluir fuentes desactualizadas o de baja calidad científica como sustento principal
- Ignorar trabajos importantes que contradicen la propuesta o hipótesis del investigador
- Desbalancear la revisión, dando excesiva atención a un aspecto mientras se ignoran otros igualmente relevantes
- Confundir los antecedentes con el marco teórico, mezclando la revisión histórica con los fundamentos conceptuales
- No establecer explícitamente la conexión entre los antecedentes revisados y el problema de investigación planteado

La extensión y profundidad de los antecedentes debe ser proporcional a la complejidad del tema y al tipo de investigación propuesta. Para estudios exploratorios en áreas emergentes, podría ser necesario revisar campos relacionados o precedentes indirectos. En contraste, para investigaciones en áreas bien establecidas, se requiere un análisis más detallado y selectivo de las contribuciones más relevantes y recientes.

Es fundamental mantener una postura crítica durante la revisión de antecedentes, evaluando aspectos como la solidez metodológica, la validez de los resultados, las limitaciones reconocidas y la aplicabilidad de las conclusiones. Esta evaluación crítica no implica desacreditar trabajos previos, sino reconocer el carácter acumulativo y progresivo del conocimiento científico.

#### Ejemplo de estructura para antecedentes en ingeniería

##### **Antecedentes para un estudio sobre materiales compuestos reforzados con fibras naturales:**

1. **Evolución histórica del uso de fibras naturales en materiales compuestos** - Primeras aplicaciones tradicionales y conocimiento empírico - Transición hacia el estudio científico (décadas 1970-1990) - Desarrollo contemporáneo impulsado por sostenibilidad (2000-actualidad)
2. **Caracterización de propiedades mecánicas y físicas** - Estudios sobre resistencia a tensión, flexión y compresión - Investigaciones sobre durabilidad y comportamiento higrotérmico - Análisis de interfase fibra-matriz y mecanismos de falla
3. **Aplicaciones en ingeniería civil** - Desarrollo de elementos no estructurales (paneles, aislantes) - Avances en componentes estructurales secundarios - Investigaciones recientes sobre aplicaciones estructurales primarias
4. **Metodologías de diseño y modelado** - Evolución de modelos micromecánicos - Desarrollo de métodos de caracterización estandarizados - Aproximaciones computacionales y simulación numérica
5. **Limitaciones actuales y direcciones futuras** - Desafíos identificados en estudios recientes - Áreas con desarrollo insuficiente - Tendencias emergentes relacionadas con la investigación propuesta

Una consideración importante al elaborar los antecedentes es la temporalidad de las fuentes consultadas. Si bien el valor de una referencia no depende exclusivamente de su fecha de publicación, en campos dinámicos como la ingeniería resulta esencial incorporar las contribuciones más recientes. La distribución temporal de las referencias debe reflejar tanto la evolución histórica del tema como el estado actual del conocimiento, con mayor énfasis en los desarrollos de los últimos cinco años [95].

Las citas y referencias deben seguir rigurosamente el formato establecido, en este caso APA, y deben corresponder exactamente a las fuentes consultadas. La precisión en la atribución del conocimiento no solo es un requisito de integridad académica, sino que también permite a los lectores rastrear las fuentes originales para profundizar en aspectos específicos.

#### Ejemplo de síntesis analítica en antecedentes

##### **Síntesis sobre métodos de detección de fallas en estructuras:**

Los métodos no destructivos para la detección temprana de fallas estructurales han evolucionado significativamente en las últimas dos décadas. Las técnicas iniciales basadas en ultrasonido convencional (Martínez y Gómez, 2005) presentaban limitaciones importantes para identificar microfisuras en materiales heterogéneos como el concreto reforzado. Los avances en procesamiento de señales permitieron el desarrollo de métodos acústicos más sofisticados (Wong et al., 2012), mejorando la resolución pero manteniendo restricciones para aplicaciones in-situ.

Un cambio paradigmático ocurrió con la introducción de sensores distribuidos de fibra óptica (Chen, 2015; Rodríguez y López, 2018), que permitieron el monitoreo continuo y la detección espacialmente localizada de deformaciones. Estos sistemas, sin embargo, requerían instalación durante la construcción y presentaban altos costos iniciales. Paralelamente, el desarrollo de técnicas electromagnéticas avanzadas (Nakamura, 2019) ofreció alternativas menos invasivas, aunque con menor precisión en ambientes con alta humedad.

Las investigaciones más recientes han seguido dos tendencias principales: la integración multi-sensor (García et al., 2022) que combina diferentes técnicas para superar las limitaciones individuales, y los enfoques basados en aprendizaje automático (Li y Zhang, 2023) que optimizan la interpretación de datos para identificar patrones complejos de deterioro. A pesar de estos avances, persiste la necesidad de desarrollar métodos que sean simultáneamente precisos, no invasivos, económicamente viables y aplicables a estructuras existentes sin instrumentación previa.

Para investigadores en formación, la elaboración de los antecedentes constituye una oportunidad invaluable para familiarizarse con el campo de estudio y desarrollar una visión comprehensiva del tema. Esta inmersión en la literatura especializada no solo proporciona información específica sobre el problema de investigación, sino que también contribuye a la formación del criterio científico y la capacidad para evaluar críticamente el

conocimiento [14].

La revisión de antecedentes debe ser un proceso iterativo que se refina continuamente durante el desarrollo del proyecto. A medida que avanza la investigación, pueden surgir nuevas publicaciones relevantes o cambiar la comprensión del problema, lo que requiere actualizar y ajustar esta sección. Esta flexibilidad es especialmente importante en áreas de rápida evolución o temas emergentes.

#### 1.4.1 Revisión histórica del problema



##### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, podrás:

- Trazar la evolución histórica de un problema de investigación en ingeniería
- Identificar hitos y puntos de inflexión en el desarrollo del conocimiento
- Analizar cómo ha cambiado la comprensión del problema a lo largo del tiempo
- Contextualizar tu investigación dentro de la trayectoria histórica del campo

La revisión histórica del problema constituye un componente fundamental de los antecedentes de investigación. Esta revisión ofrece una perspectiva temporal que permite comprender cómo ha evolucionado la conceptualización, el abordaje y la relevancia del problema a lo largo del tiempo. Conocer esta trayectoria histórica proporciona el contexto necesario para valorar adecuadamente el estado actual del conocimiento y proyectar direcciones futuras de investigación.

El análisis histórico de un problema de investigación trasciende la simple cronología de publicaciones. Implica identificar los paradigmas dominantes en diferentes épocas, reconocer los cambios conceptuales significativos y comprender cómo determinados avances tecnológicos o teóricos transformaron la manera de abordar el problema. Esta perspectiva evolutiva revela la naturaleza acumulativa y a veces discontinua del progreso científico.

En el campo de la ingeniería, la revisión histórica debe considerar no solo la evolución del conocimiento teórico, sino también el desarrollo de tecnologías, metodologías y aplicaciones prácticas. Los problemas de ingeniería suelen estar influenciados por factores contextuales como necesidades sociales cambiantes, avances en campos relacionados, restricciones económicas o regulatorias, y eventos significativos que impulsaron nuevas direcciones de investigación [123].

##### Estructura cronológica para una revisión histórica

Una revisión histórica efectiva puede organizarse en periodos significativos que reflejen cambios sustanciales en la comprensión o abordaje del problema:

**Etapa pionera:** Identificación inicial del problema y primeros intentos de solución, generalmente caracterizados por aproximaciones empíricas o adaptaciones de conocimientos de otros campos.

**Etapa de fundamentación:** Desarrollo de marcos teóricos específicos, establecimiento de principios básicos y primeras metodologías sistemáticas para abordar el problema.

**Etapa de diversificación:** Surgimiento de múltiples enfoques o escuelas de pensamiento, debates conceptuales y metodológicos, expansión de aplicaciones en diferentes contextos.

**Etapa de consolidación:** Emergencia de consensos, estandarización de métodos, integración de conocimientos y establecimiento de prácticas ampliamente aceptadas.

**Etapa contemporánea:** Desafíos actuales, controversias vigentes, tendencias emergentes y nuevas direcciones que definen el estado presente del campo.

Al realizar una revisión histórica, es importante identificar los hitos o puntos de inflexión que marcaron cambios significativos en la comprensión o abordaje del problema. Estos hitos pueden incluir publicaciones seminales, invenciones tecnológicas, descubrimientos científicos, eventos históricos relevantes o cambios paradigmáticos en la conceptualización del problema. La identificación de estos momentos cruciales permite



estructurar la narrativa histórica de manera significativa, más allá de una simple secuencia cronológica [111].

La contextualización histórica también debe considerar la influencia recíproca entre el problema estudiado y otros desarrollos en campos relacionados. Los avances en áreas como matemáticas, ciencia de materiales, computación o física han transformado frecuentemente las posibilidades para abordar problemas específicos de ingeniería. De manera similar, las necesidades prácticas de la ingeniería han impulsado desarrollos teóricos en otras disciplinas.

#### **⚠ Aspectos a evitar en la revisión histórica**

- Presentar una historia puramente lineal y acumulativa que ignore controversias, retrocesos o caminos abandonados
- Enfocarse exclusivamente en desarrollos recientes sin proporcionar el contexto histórico necesario
- Limitar la revisión a publicaciones académicas, ignorando patentes, desarrollos industriales o avances técnicos no documentados formalmente
- Analizar la historia desde una perspectiva presentista que juzgue contribuciones pasadas con criterios actuales
- Omitir contextos sociales, económicos o políticos que influyeron significativamente en el desarrollo del campo
- Construir narrativas históricas simplificadas centradas en "grandes figuras" individuales, ignorando el carácter colectivo del avance científico

La profundidad y extensión de la revisión histórica dependerá de varios factores, incluyendo la antigüedad del problema, su dinamismo evolutivo y los objetivos específicos de la investigación propuesta. Para problemas con larga trayectoria, puede ser necesario sintetizar periodos extensos, enfocándose en transformaciones fundamentales más que en detalles de cada contribución. Para problemas emergentes, la revisión puede requerir mayor detalle incluso para periodos breves, identificando precisamente cómo y cuándo surgió el interés por el tema.

### **Evolución histórica del análisis sísmico de estructuras:**

El estudio sistemático del comportamiento sísmico de estructuras tiene raíces que se remontan a inicios del siglo XX, aunque observaciones empíricas sobre fallas estructurales durante terremotos existen desde la antigüedad. La fase inicial (1900-1940) estuvo caracterizada por enfoques estáticos simplificados, como el método de coeficiente sísmico propuesto por Omori en 1900 y posteriormente refinado por Muto en la década de 1930, que conceptualizaba las fuerzas sísmicas como cargas laterales equivalentes aplicadas estáticamente.

Un cambio paradigmático ocurrió tras el terremoto de El Centro (1940), cuando Biot introdujo conceptos de dinámica estructural y respuesta espectral, estableciendo las bases matemáticas para relacionar el movimiento del suelo con la respuesta estructural. Durante las décadas de 1950-1960, Housner, Newmark y Veletsos desarrollaron métodos prácticos para el análisis espectral, consolidando el paradigma de diseño basado en fuerzas que dominó la práctica ingenieril hasta la década de 1980 (Chopra, 2017). El terremoto de México (1985) y Loma Prieta (1989) evidenciaron limitaciones importantes en los enfoques existentes, particularmente relacionadas con efectos de sitio, comportamiento no lineal y fenómenos de amplificación dinámica. Esto impulsó una nueva etapa (1990-2005) caracterizada por el desarrollo de métodos no lineales, análisis tiempo-historia y la incorporación de incertidumbres sísmicas mediante aproximaciones probabilísticas. Los trabajos de Cornell (1996) y Bertero (1997) fueron fundamentales en esta transformación.

La etapa contemporánea (2005-presente) ha estado marcada por tres tendencias principales: el desarrollo de metodologías de diseño por desempeño (Moehle y Deierlein, 2007), la implementación de sistemas avanzados de disipación y aislamiento sísmico (Kelly y Konstantinidis, 2018), y más recientemente, la integración de técnicas de inteligencia artificial para optimización de diseño sísmico y evaluación de vulnerabilidad a gran escala (García et al., 2022). Estos desarrollos han transformado progresivamente el enfoque desde el análisis estructural determinístico hacia una visión más integrada que considera incertidumbres, desempeño a diferentes niveles de intensidad y resiliencia post-evento.

Al analizar la evolución histórica de un problema, es valioso identificar no solo lo que ha cambiado sino también lo que ha permanecido constante. Ciertos principios fundamentales, desafíos persistentes o preguntas recurrentes pueden mantenerse relevantes a lo largo del tiempo, aunque las herramientas y enfoques para abordarlos hayan evolucionado significativamente. Esta perspectiva ayuda a distinguir entre aspectos coyunturales y elementos fundamentales del problema de investigación [94].

La revisión histórica también permite apreciar cómo han cambiado los criterios para evaluar las soluciones propuestas. Lo que se consideraba una solución adecuada en cierto periodo histórico puede resultar insuficiente bajo estándares contemporáneos. Esta evolución en los criterios de evaluación refleja tanto el avance del conocimiento como las transformaciones en valores sociales, expectativas de desempeño o requisitos normativos.

### **Evolución del procesamiento de señales electrocardiográficas:**

El análisis de señales cardíacas ha experimentado una notable evolución, transformándose desde observaciones cualitativas hasta sistemas automatizados de alta precisión. Las primeras grabaciones electrocardiográficas por Einthoven (1903) utilizaban galvanómetros de cuerda y análisis visual directo, estableciendo patrones morfológicos básicos para identificar alteraciones cardíacas.

El periodo 1940-1960 marcó la transición hacia métodos electrónicos analógicos que permitieron registros más precisos y la primera amplificación y filtrado de señales. Holter (1961) introdujo el monitoreo ambulatorio, expandiendo el análisis de eventos esporádicos, aunque el procesamiento seguía siendo principalmente manual.

La digitalización de señales ECG en la década de 1970 representó un punto de inflexión fundamental. Los trabajos pioneros de Cox (1972) y Pipberger (1975) establecieron las bases del análisis computarizado, inicialmente centrado en la detección de complejos QRS mediante técnicas de umbralización y filtrado digital (Thakor et al., 1983).

Durante los años 1980-1990, el desarrollo de técnicas avanzadas de procesamiento digital, como transformadas wavelet y análisis tiempo-frecuencia, permitió caracterizar componentes antes inaccesibles de la señal ECG. Los trabajos de Li (1989) y Laguna (1994) fueron instrumentales en la detección automática de ondas P y T, facilitando el diagnóstico computarizado de arritmias.

El periodo 2000-2015 estuvo dominado por la integración de métodos estadísticos y reconocimiento de patrones, con los primeros algoritmos capaces de identificar patologías específicas con precisión comparable a cardiólogos experimentados. Los sistemas propuestos por Clifford (2006) y Llamado (2012) lograron tasas de clasificación superiores al 90

La etapa más reciente (2015-presente) ha estado caracterizada por la aplicación de aprendizaje profundo y redes neuronales convolucionales. Los trabajos de Rajpurkar et al. (2017) y Hannun et al. (2019) demostraron capacidades sin precedentes para detectar anomalías sutiles y condiciones asintomáticas a partir de señales estándar. Paralelamente, la miniaturización ha permitido el desarrollo de dispositivos wearables de monitorización continua, generando nuevos desafíos relacionados con el procesamiento en tiempo real, eficiencia energética y detección de artefactos en condiciones no controladas (Zhang et al., 2023).

La revisión histórica debe conectarse explícitamente con el problema específico de la investigación propuesta. Al concluir esta subsección, es recomendable sintetizar cómo la trayectoria histórica analizada conduce al estado actual del problema y justifica la necesidad de la investigación planteada. Esta conexión permite al lector comprender por qué el estudio propuesto representa un paso lógico en la evolución del campo [17].

La capacidad para analizar críticamente la evolución histórica de un problema constituye una competencia fundamental para cualquier investigador. Esta perspectiva temporal no solo enriquece la comprensión del tema específico, sino que también desarrolla una apreciación más profunda de los procesos de generación y transformación del conocimiento científico y tecnológico.

#### **1.4.2 Estado del arte en el campo de estudio**

##### **Objetivos de aprendizaje**

Al finalizar esta subsección, podrás:

- Identificar y sintetizar los avances más recientes en tu área de investigación
- Analizar críticamente las tendencias actuales y fronteras del conocimiento
- Reconocer los vacíos y oportunidades en el campo de estudio
- Posicionar tu investigación en relación con el conocimiento contemporáneo

El estado del arte constituye una revisión sistemática y actualizada de los conocimientos más avanzados y las contribuciones más significativas en un campo específico de estudio. A diferencia de la revisión histórica, que

traza la evolución temporal del problema, el estado del arte se enfoca en la situación actual del conocimiento, identificando las fronteras de la investigación, los debates vigentes y las tendencias emergentes. Esta subsección proporciona el contexto contemporáneo necesario para situar adecuadamente la investigación propuesta.

La elaboración del estado del arte requiere una exploración exhaustiva de la literatura más reciente, con especial énfasis en publicaciones de los últimos cinco años. Esta revisión debe ir más allá de la simple descripción de estudios individuales para ofrecer una síntesis integrada que identifique patrones, convergencias y divergencias en el conocimiento actual. El objetivo es construir un mapa comprehensivo del territorio intelectual donde se ubicará la investigación [89].

En el contexto de la ingeniería, el estado del arte debe abarcar tanto avances teóricos como desarrollos tecnológicos, metodologías emergentes y aplicaciones innovadoras. Es fundamental considerar no solo la literatura académica tradicional, sino también patentes recientes, estándares técnicos en desarrollo, productos comerciales avanzados y tendencias industriales que reflejen la frontera práctica del campo [105].

#### Aspectos clave para analizar en el estado del arte

**Enfoques teóricos dominantes:** Identificar los marcos conceptuales actualmente más influyentes, sus fortalezas y limitaciones para abordar el problema de investigación.

**Metodologías de vanguardia:** Analizar las técnicas, procedimientos y diseños experimentales más avanzados, evaluando su aplicabilidad y limitaciones.

**Tecnologías emergentes:** Reconocer desarrollos tecnológicos recientes que están transformando el campo, incluyendo tanto tecnologías maduras como aquellas en etapas iniciales de adopción.

**Fronteras del conocimiento:** Identificar los límites actuales de comprensión, capacidad técnica o aplicación práctica que representan las fronteras a superar.

**Debates y controversias:** Exponer las discusiones activas entre diferentes perspectivas o enfoques, mostrando puntos de acuerdo y desacuerdo.

**Vacios y oportunidades:** Señalar áreas insuficientemente estudiadas, preguntas sin respuesta satisfactoria o aplicaciones potenciales no exploradas adecuadamente.

La organización del estado del arte puede seguir diferentes estructuras según la naturaleza del campo y los objetivos del estudio. Una aproximación temática permite agrupar los avances por áreas conceptuales o técnicas específicas, facilitando la comparación de diferentes enfoques para problemas similares. Alternativamente, una organización por niveles de análisis puede resultar apropiada cuando el campo integra perspectivas que van desde aspectos fundamentales hasta aplicaciones específicas [117].

Independientemente de la estructura elegida, es esencial mantener una perspectiva crítica y analítica. El estado del arte no debe limitarse a enumerar estudios recientes, sino que debe evaluarlos críticamente, comparando sus fortalezas y debilidades, identificando supuestos subyacentes y reconociendo limitaciones metodológicas o conceptuales. Esta evaluación crítica proporciona el fundamento para justificar la aproximación específica que adoptará la investigación propuesta.

#### ⚠ Errores comunes en la revisión del estado del arte

- Realizar una revisión superficial que omita contribuciones significativas recientes
- Presentar una colección desarticulada de resúmenes sin análisis comparativo ni síntesis integradora
- Ignorar perspectivas o enfoques que contradicen la aproximación preferida por el investigador
- Limitar la revisión a publicaciones en un solo idioma o región geográfica
- No discriminar entre contribuciones de diferente calidad metodológica o relevancia
- Confundir novedad con calidad, dando preferencia a lo más reciente sin evaluación crítica

La revisión del estado del arte debe culminar en la identificación precisa del nicho o vacío que la investigación propuesta pretende llenar. Este nicho puede manifestarse como un problema no resuelto, una limitación en los enfoques actuales, una contradicción no reconciliada entre diferentes perspectivas, o una oportunidad para

aplicar conocimientos existentes en contextos nuevos. La articulación clara de este nicho establece el puente lógico entre la revisión de literatura y la justificación de la investigación propuesta [110].

#### Ejemplo de estado del arte en ingeniería computacional

##### **Estado actual de los sistemas de detección de intrusiones basados en aprendizaje profundo:**

Los sistemas de detección de intrusiones han experimentado una transformación significativa en los últimos cinco años, transitando desde enfoques basados en reglas hacia arquitecturas de aprendizaje profundo que ofrecen mayor capacidad de adaptación y precisión. La investigación actual se desarrolla principalmente en tres vertientes:

Las arquitecturas basadas en redes neuronales convolucionales (CNN) representan el enfoque dominante para el análisis de tráfico de red. Los trabajos de Wang et al. (2020) y Zhong et al. (2021) han demostrado que las CNN con capas de convolución 1D logran precisiones superiores al 97

Paralelamente, los enfoques basados en aprendizaje por refuerzo profundo han ganado atención por su capacidad de adaptación continua. Los sistemas propuestos por Martínez y López (2022) implementan agentes que optimizan políticas de detección mediante interacción con entornos simulados, logrando adaptar dinámicamente los umbrales de detección según la evolución del tráfico. Estas aproximaciones, aunque prometedoras para entornos cambiantes, enfrentan desafíos significativos de estabilidad y requieren tiempos de entrenamiento extensos que limitan su implementación práctica.

La tendencia más reciente, surgida en los últimos dos años, integra arquitecturas de atención y transformers para modelar dependencias temporales en secuencias de eventos de red. Los trabajos pioneros de Kim et al. (2023) y García-Martínez (2023) han demostrado que estos modelos capturan patrones complejos en ataques multietapa que pasaban desapercibidos con arquitecturas previas. No obstante, su elevado costo computacional restringe actualmente su aplicación en sistemas de tiempo real para redes de alto tráfico.

Un desafío persistente, identificado en revisiones sistemáticas recientes (Chen, 2023; Wong, 2022), es la brecha entre el rendimiento reportado en entornos controlados y la eficacia real en infraestructuras operativas. Los fenómenos de deriva conceptual, donde las características del tráfico evolucionan naturalmente con el tiempo, degradan significativamente el desempeño de modelos estáticos. Las soluciones propuestas para este problema, como el aprendizaje continuo (Torres et al., 2023) y los enfoques de transferencia entre dominios (Nakamura y Smith, 2022), aunque prometedores, no han alcanzado aún madurez suficiente para implementación industrial generalizada.

La investigación actual apunta hacia tres direcciones emergentes: arquitecturas híbridas que combinan conocimiento experto con capacidades de aprendizaje automático; sistemas explicables que proporcionan justificaciones interpretables para sus alertas; y enfoques federados que permiten entrenamiento colaborativo preservando la privacidad de los datos. Este último aspecto resulta particularmente relevante ante marcos regulatorios cada vez más estrictos sobre protección de datos.

Un aspecto crucial del estado del arte es la identificación de las metodologías y métricas actualmente aceptadas como estándar en el campo. Esta información resulta fundamental para diseñar la investigación de manera que sus resultados sean comparables con estudios previos y evaluables según criterios establecidos. Al mismo tiempo, el reconocimiento de limitaciones en las metodologías dominantes puede justificar la propuesta de aproximaciones alternativas o complementarias [65].

Para investigaciones interdisciplinarias, el estado del arte debe explorar cómo diferentes campos están abordando aspectos relacionados con el problema y cómo sus perspectivas podrían integrarse productivamente. Esta visión transversal frecuentemente revela oportunidades de innovación en las interfaces entre disciplinas tradicionalmente separadas.

**Avances recientes en interfaces cerebro-computadora no invasivas:**

Las interfaces cerebro-computadora (BCI) no invasivas han experimentado avances notables en los últimos años, impulsados por la convergencia de progresos en adquisición de señales, procesamiento de datos y algoritmos adaptativos. El panorama actual se caracteriza por desarrollos en cuatro áreas principales:

En cuanto a tecnologías de adquisición, los sistemas EEG de alta densidad (64-256 canales) con electrodos secos representan el estándar emergente para aplicaciones prácticas. Los dispositivos desarrollados por Rodríguez et al. (2021) han logrado reducir los tiempos de preparación a menos de 5 minutos mientras mantienen calidades de señal comparables a electrodos húmedos tradicionales. Sin embargo, persisten desafíos importantes relacionados con la estabilidad de la impedancia durante usos prolongados y la susceptibilidad a artefactos de movimiento, como reportan Li y Wang (2022) en su análisis comparativo de tecnologías actuales.

En el ámbito del procesamiento de señales, las técnicas de filtraje espacial adaptativo y descomposición tensor han permitido mejoras significativas en la relación señal-ruido. Los algoritmos propuestos por Chen y Martínez (2022) logran extraer características discriminativas incluso en presencia de contaminación muscular moderada, superando limitaciones clásicas de los métodos basados en análisis de componentes independientes. Estas mejoras han sido particularmente relevantes para aplicaciones en entornos no controlados, aunque su complejidad computacional sigue representando un obstáculo para implementaciones en tiempo real en dispositivos portátiles.

Los paradigmas de estimulación han evolucionado hacia protocolos asíncronos que no requieren señales externas específicas. Los trabajos de Wong et al. (2023) y Nakamura (2022) han demostrado la viabilidad de detectar intenciones motoras con precisiones superiores al 85

El área de mayor dinamismo actualmente es la aplicación de aprendizaje profundo para decodificación de señales. Las arquitecturas recurrentes-convolucionales propuestas por García et al. (2023) y las redes de grafos aplicadas por Hernández y López (2022) han logrado reducir significativamente los tiempos de calibración y mejorar la generalización entre sesiones. Estos enfoques comienzan a abordar una de las principales limitaciones prácticas de los sistemas BCI: la necesidad de recalibración frecuente debido a la variabilidad intra-usuario. No obstante, la interpretabilidad limitada de estos modelos complejos plantea desafíos para su adopción en aplicaciones médicas críticas donde la comprensión del proceso de decisión resulta esencial.

Un aspecto notablemente subdesarrollado en el campo es la adaptación de estas tecnologías para poblaciones con diversidad funcional, precisamente aquellas que podrían beneficiarse más directamente de estas interfaces. Los pocos estudios realizados con usuarios con discapacidades motoras severas (Kim et al., 2023) sugieren que los algoritmos optimizados en poblaciones típicas pueden requerir modificaciones sustanciales para mantener su eficacia en presencia de patrones de activación cerebral atípicos.

La identificación de tendencias emergentes constituye un componente valioso del estado del arte. Estas tendencias pueden manifestarse como nuevos enfoques conceptuales, metodologías innovadoras, tecnologías disruptivas o cambios en las prioridades de investigación. El reconocimiento temprano de estas direcciones emergentes permite posicionar estratégicamente la investigación propuesta, anticipando desarrollos futuros en lugar de responder únicamente a paradigmas establecidos [118].

Es importante considerar que el estado del arte no es estático sino dinámicamente cambiante. En campos de rápida evolución, como muchas áreas de la ingeniería, el panorama puede transformarse significativamente en periodos breves. Por ello, el investigador debe mantenerse actualizado durante todo el desarrollo del proyecto, realizando revisiones periódicas de la literatura más reciente y ajustando su aproximación cuando sea necesario.

### 1.4.3 Actividad: Elaboración de antecedentes

#### Objetivo de la actividad

Desarrollar la sección de antecedentes de un protocolo de investigación mediante la recopilación, síntesis y análisis de información bibliográfica relevante para establecer el contexto histórico y el estado actual del conocimiento en el área de estudio seleccionada.

La elaboración de los antecedentes representa un proceso metódico que requiere habilidades de búsqueda, análisis y síntesis. Esta actividad permite al investigador construir una base sólida para su proyecto mediante la revisión sistemática de las contribuciones previas y el estado actual del conocimiento.

Para realizar esta actividad, se necesita seguir una serie de pasos organizados. El primer paso consiste en definir las palabras clave relacionadas con el tema de investigación. Estas palabras funcionan como filtros en la búsqueda de información en bases de datos científicas. Por ejemplo, en una investigación sobre sistemas de detección de patrones en electrocardiogramas, las palabras clave podrían incluir: ECG, detección de arritmias, procesamiento de señales biomédicas e inteligencia artificial.

#### Ejemplo de búsqueda sistemática en tres áreas

En ingeniería civil (estructuras): Al investigar sobre «materiales compuestos para refuerzo sísmico», las bases de datos recomendadas incluyen Scopus y Web of Science, con filtros temporales de los últimos cinco años y palabras clave como: composite materials, seismic retrofit, structural reinforcement.

En ingeniería biomédica: Para estudiar «algoritmos de filtrado de señales biomédicas», se recomienda buscar en IEEE Xplore y PubMed, usando términos como: biomedical signal processing, adaptive filtering, noise reduction, ECG signal enhancement.

En ingeniería en computación: Al investigar «sistemas de reconocimiento facial en entornos de baja iluminación», conviene consultar ACM Digital Library y arXiv, utilizando términos como: facial recognition, low-light conditions, deep learning, computer vision.

El segundo paso implica realizar búsquedas en bases de datos académicas e identificar los artículos más relevantes. Se recomienda consultar bases como Scopus, Web of Science, IEEE Xplore o Google Scholar. La selección de artículos debe priorizar publicaciones recientes, preferentemente de los últimos cinco años, y aquellas con mayor número de citaciones. Este enfoque garantiza la actualidad y relevancia de la información [15].

El tercer paso consiste en leer y analizar los textos seleccionados, elaborando fichas de contenido que sintetizen los aspectos más relevantes de cada documento. Estas fichas deben incluir la referencia completa, objetivos del estudio, metodología empleada, resultados principales y conclusiones [52].

#### Errores comunes en la elaboración de antecedentes

Al redactar los antecedentes, evita:

- Incluir información sin conexión clara con tu problema de investigación
- Limitarte a describir trabajos sin analizarlos críticamente
- Omitir las metodologías empleadas en estudios previos
- Ignorar investigaciones con resultados contradictorios a tu hipótesis
- Citar fuentes secundarias cuando puedes acceder a las primarias
- Desbalancear la cobertura temporal (solo estudios muy antiguos o muy recientes)

El cuarto paso implica organizar la información recopilada en un esquema coherente. Los antecedentes pueden estructurarse de forma cronológica, temática o metodológica, según la naturaleza del tema. El enfoque cronológico resulta adecuado cuando la evolución temporal de los descubrimientos es significativa. El enfoque temático agrupa los estudios por subtemas o variables. El enfoque metodológico clasifica los trabajos según



los métodos empleados [62].

Para finalizar la actividad, se debe redactar un borrador inicial de los antecedentes, manteniendo la coherencia interna y la conexión con el problema de investigación planteado. Esta redacción debe evidenciar el análisis crítico de la literatura y no limitarse a una mera descripción de trabajos previos.

#### Estructura sugerida para los antecedentes

Para lograr una sección de antecedentes bien estructurada:

1. Comienza con una visión general del campo de estudio
2. Presenta primero los trabajos seminales o fundamentales
3. Agrupa los estudios recientes por enfoques o hallazgos similares
4. Menciona explícitamente las brechas de conocimiento identificadas
5. Concluye indicando cómo tu investigación se relaciona con lo existente

Al entregar esta actividad, el documento debe mostrar un dominio adecuado de las fuentes bibliográficas, evidenciar capacidad de síntesis y análisis, y establecer claramente la relación entre los trabajos previos y la investigación propuesta.

## 1.5 Planteamiento de objetivos e hipótesis/meta de ingeniería

El planteamiento de objetivos e hipótesis o metas de ingeniería constituye el núcleo orientador de todo protocolo de investigación, pues define con precisión qué se pretende lograr y bajo qué supuestos o parámetros se desarrollará el trabajo. Esta sección aborda la formulación adecuada de estos elementos metodológicos fundamentales, distinguiendo sus características específicas y estableciendo criterios para su correcta elaboración. Los objetivos, tanto generales como específicos, determinan el rumbo y alcance del proyecto, mientras que las hipótesis o metas de ingeniería establecen las proposiciones a verificar o los resultados concretos a alcanzar según la naturaleza de la investigación. La relación coherente entre estos componentes resulta esencial para la solidez metodológica del protocolo, pues configura un sistema integrado que facilita tanto la planificación como la posterior evaluación de resultados. A través de fundamentos conceptuales, ejemplos prácticos y actividades guiadas, se desarrollan las competencias necesarias para formular estos elementos con precisión técnica y claridad expositiva, adaptándolos a las particularidades de cada proyecto de ingeniería.

### 1.5.1 Diferencia entre objetivo general y objetivos específicos

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, el estudiante será capaz de distinguir entre objetivo general y objetivos específicos, comprender la relación jerárquica entre ambos, y formular adecuadamente cada tipo de objetivo en el contexto de un protocolo de investigación en ingeniería.

Los objetivos de investigación establecen los propósitos concretos que se pretenden alcanzar mediante el desarrollo del proyecto, proporcionando dirección y delimitando su alcance [67]. La formulación adecuada de objetivos resulta determinante para el éxito de la investigación, pues estos orientan las decisiones metodológicas y establecen parámetros para evaluar los resultados obtenidos.

En la estructura metodológica de un protocolo de investigación, se distinguen dos niveles de objetivos claramente diferenciados: el objetivo general y los objetivos específicos. Esta jerarquización permite organizar el trabajo de manera coherente, estableciendo una relación lógica entre la meta principal del estudio y las acciones particulares necesarias para alcanzarla.

El objetivo general expresa el propósito central de la investigación, sintetizando en un enunciado la finalidad global del estudio [26]. Este objetivo describe lo que se pretende lograr de manera integral, estableciendo

el horizonte hacia el cual se dirigen todos los esfuerzos del proyecto. Por su naturaleza comprensiva, el objetivo general suele formularse en términos amplios pero precisos, manteniendo coherencia con el título y el problema de investigación.

La estructura adecuada de un objetivo general sigue un patrón definido que facilita su comprensión y evaluación [5]. Debe iniciar con un verbo en infinitivo perteneciente a los niveles superiores de la taxonomía de Bloom (analizar, evaluar, crear, diseñar, desarrollar). Este verbo responde a la acción principal que se realizará. Seguidamente, debe contestar a la pregunta ¿Qué? especificando el objeto de estudio o fenómeno a abordar. A continuación, debe responder a ¿mediante qué? indicando los métodos, técnicas o estrategias que se emplearán. Finalmente, debe explicitar ¿para qué? señalando la finalidad o impacto esperado de la investigación.

#### Ejemplos de objetivos generales en diferentes áreas

**Ingeniería civil (estructuras):** «Desarrollar [verbo en infinitivo] un sistema constructivo modular de bajo costo basado en bambú laminado estructural [¿Qué?] mediante pruebas experimentales de resistencia y técnicas de optimización paramétrica [¿mediante qué?] para edificaciones de hasta dos niveles en zonas rurales con riesgo sísmico moderado [¿para qué?]

**Ingeniería biomédica (sistemas dinámicos):** «Diseñar [verbo en infinitivo] un dispositivo portátil para monitoreo continuo de presión arterial [¿Qué?] mediante técnicas no invasivas basadas en fotople-tismografía y algoritmos de procesamiento de señales [¿mediante qué?] para pacientes con hipertensión en entornos domiciliarios [¿para qué?]

**Ingeniería en computación:** «Implementar [verbo en infinitivo] un sistema de detección de intrusiones en redes industriales [¿Qué?] mediante algoritmos de aprendizaje profundo y análisis de patrones de tráfico [¿mediante qué?] para incrementar la seguridad en infraestructuras críticas [¿para qué?]

Los objetivos específicos, por su parte, detallan los logros parciales que, en su conjunto, permitirán alcanzar el objetivo general. Estos objetivos representan pasos secuenciales o componentes complementarios del proceso investigativo, desglosando el propósito central en metas concretas, medibles y alcanzables en períodos definidos. Los objetivos específicos suelen corresponder con fases o etapas particulares de la investigación.

La relación entre el objetivo general y los objetivos específicos puede comprenderse mediante una analogía arquitectónica: si el objetivo general representa el edificio completo que se pretende construir, los objetivos específicos constituyen los diferentes componentes estructurales necesarios para su edificación [67]. Esta relación jerárquica implica que los objetivos específicos deben derivarse lógicamente del objetivo general, manteniendo coherencia temática y metodológica.

#### ⚠ Errores comunes en la relación entre objetivos

Al formular los objetivos de tu investigación, evita:

- Plantear objetivos específicos que no contribuyen directamente al logro del objetivo general
- Formular objetivos específicos con un alcance mayor que el objetivo general
- Confundir actividades o tareas con objetivos específicos
- Establecer objetivos específicos desconectados entre sí
- Redactar objetivos específicos como simple reiteración del objetivo general
- Incluir aspectos metodológicos detallados que corresponden a otras secciones del protocolo

En términos de alcance, el objetivo general abarca la totalidad del problema de investigación, mientras que los objetivos específicos se centran en aspectos particulares del mismo [26]. Esta diferencia de amplitud se refleja también en el nivel de abstracción: el objetivo general suele expresarse en términos más conceptuales, mientras que los objetivos específicos incorporan elementos operativos concretos que facilitan su evaluación.

Para asegurar la efectividad de los objetivos, tanto el general como los específicos, se recomienda aplicar el criterio SMART [32]. Este acrónimo en inglés establece que los objetivos deben ser Específicos (Specific), Medibles (Measurable), Alcanzables (Achievable), Relevantes (Relevant) y Acotados en el Tiempo (Time-

bound). La especificidad implica que el objetivo debe ser claro y concreto; la medición requiere que se puedan establecer indicadores para verificar su cumplimiento; la alcanzabilidad se refiere a que sea factible con los recursos disponibles; la relevancia indica que debe contribuir significativamente al conocimiento o aplicación; y la acotación temporal establece plazos definidos para su logro.

### Estructura para formular objetivos específicos

Para redactar objetivos específicos efectivos, asegúrate de:

- Iniciar con un verbo en infinitivo que indique una acción concreta y medible
- Responder claramente a ¿Qué? (objeto o aspecto particular a abordar)
- Especificar ¿Mediante qué? (técnicas o procedimientos específicos)
- Indicar, cuando sea pertinente, ¿Para qué? (propósito específico)
- Mantener una secuencia lógica entre los diferentes objetivos específicos
- Verificar que cada objetivo específico contribuya al logro del objetivo general
- Aplicar los criterios SMART para garantizar su efectividad

En cuanto a la cantidad, generalmente se recomienda formular un único objetivo general, evitando la dispersión de esfuerzos en múltiples direcciones. Los objetivos específicos, en cambio, suelen oscilar entre tres y cinco, dependiendo de la complejidad del estudio. Un número excesivo de objetivos específicos puede indicar falta de enfoque o confusión entre objetivos y actividades.

Temporalmente, el objetivo general se proyecta hacia el resultado final de la investigación, mientras que los objetivos específicos establecen metas intermedias que marcan el progreso del estudio. Esta diferencia temporal permite organizar el trabajo de manera secuencial y evaluar el avance del proyecto mediante el cumplimiento progresivo de los objetivos específicos.

### Ejemplo de relación entre objetivo general y objetivos específicos

**Objetivo general:** «Desarrollar [verbo] un algoritmo de optimización topológica para el diseño de estructuras ligeras [¿Qué?] mediante modelado paramétrico [¿mediante qué?] para aplicaciones aeroespaciales [¿para qué?].»

**Objetivos específicos:**

1. «Analizar [verbo] los algoritmos existentes de optimización topológica [¿Qué?] mediante revisión sistemática de literatura [¿mediante qué?] para identificar sus limitaciones en aplicaciones aeroespaciales [¿para qué?].»
2. «Formular [verbo] un modelo matemático [¿Qué?] mediante técnicas de programación no lineal [¿mediante qué?] que integre restricciones de fabricabilidad y comportamiento mecánico para estructuras aeroespaciales ligeras [¿para qué?].»
3. «Implementar [verbo] el algoritmo propuesto [¿Qué?] en un entorno de modelado paramétrico [¿mediante qué?] compatible con herramientas CAD estándar [¿para qué?].»
4. «Validar [verbo] el desempeño del algoritmo [¿Qué?] mediante casos de estudio comparativos [¿mediante qué?] con soluciones convencionales [¿para qué?].»

La verificabilidad constituye otra diferencia significativa entre ambos tipos de objetivos [67]. Los objetivos específicos, por su naturaleza concreta, resultan directamente verificables mediante indicadores o evidencias particulares. El objetivo general, en cambio, se verifica de manera indirecta a través del cumplimiento del conjunto de objetivos específicos y de la coherencia de los resultados obtenidos con el propósito central.

La formulación de objetivos específicos debe seguir principios similares a los del objetivo general, pero con mayor nivel de concreción [26]. Los verbos utilizados suelen corresponder a acciones más operativas como identificar, describir, medir, comparar o implementar. Cada objetivo específico debe ser autosuficiente en su formulación, manteniendo al mismo tiempo la vinculación con el objetivo general y con los demás objetivos específicos.

En el contexto particular de la ingeniería, los objetivos específicos frecuentemente se asocian con fases me-

metodológicas como caracterización, modelado, diseño, implementación y validación [10]. Esta correspondencia facilita la organización del trabajo y la selección de métodos apropiados para cada fase, estableciendo una estructura coherente para el desarrollo del proyecto.

#### Verbos recomendados según el tipo de objetivo

**Para objetivo general** (niveles superiores de la taxonomía de Bloom): Analizar, sintetizar, evaluar, diseñar, desarrollar, crear, innovar, proponer, formular, integrar

**Para objetivos específicos** (operacionalización del objetivo general): Identificar, caracterizar, clasificar, comparar, calcular, simular, implementar, medir, validar, optimizar, describir

La redacción tanto del objetivo general como de los objetivos específicos debe evitar ambigüedades e imprecisiones que dificulten su comprensión o evaluación. El uso de términos vagos como «conocer», «comprender» o «estudiar» resulta poco adecuado, pues no comunican con claridad las acciones concretas que se realizarán ni los resultados esperados de la investigación.

La coherencia entre los diferentes niveles de objetivos resulta esencial para la solidez metodológica del protocolo. Esta coherencia implica que, al cumplirse todos los objetivos específicos, se habrá alcanzado necesariamente el objetivo general. Si esta relación no se verifica, será necesario revisar y ajustar la formulación de los objetivos para garantizar su alineación lógica.

#### 1.5.2 Características de objetivos bien formulados

##### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, el estudiante será capaz de identificar y aplicar las características fundamentales de objetivos bien formulados, evaluar la calidad de objetivos de investigación según criterios establecidos, y mejorar la redacción de objetivos para protocolos de ingeniería.

La formulación adecuada de objetivos constituye uno de los factores determinantes para el éxito de una investigación en ingeniería [15]. Los objetivos bien construidos no solo orientan el proceso investigativo, sino que también facilitan la evaluación de resultados y proporcionan estructura a todo el proyecto. Su correcta redacción requiere atención a diversas características que garantizan su funcionalidad y efectividad.

La claridad representa una característica esencial de los objetivos bien formulados [67]. Un objetivo claro se expresa en términos precisos, evitando ambigüedades, generalizaciones excesivas o jerga innecesaria. La claridad permite que cualquier lector, incluso aquellos no especializados en el área específica, comprenda lo que se pretende lograr con la investigación.

#### Ejemplos de objetivos con diferentes niveles de claridad

**Objetivo poco claro:** «Estudiar materiales para mejorar estructuras»

**Objetivo más claro:** «Evaluar las propiedades mecánicas de compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras naturales mediante ensayos de tracción y flexión para su aplicación en elementos estructurales no sometidos a cargas críticas»

El segundo objetivo especifica claramente qué propiedades se evaluarán, en qué tipo de materiales, mediante qué métodos y con qué finalidad, eliminando así posibles ambigüedades.

La factibilidad constituye otra característica fundamental que diferencia a los objetivos bien formulados [26]. Un objetivo factible puede alcanzarse con los recursos disponibles, en el tiempo establecido y con las habilidades técnicas del equipo investigador. La evaluación de factibilidad debe considerar aspectos como equipamiento, financiamiento, acceso a información, restricciones éticas y limitaciones temporales.

Los objetivos efectivos deben ser mensurables, lo que implica que su cumplimiento pueda verificarse mediante

indicadores concretos [64]. Esta mensurabilidad permite determinar en qué medida se han alcanzado los resultados esperados y facilita la evaluación objetiva del progreso de la investigación. La inclusión de parámetros cuantitativos o criterios cualitativos específicos contribuye significativamente a esta característica.

#### **⚠ Errores que comprometen la mensurabilidad**

Al redactar tus objetivos de investigación, evita:

- Usar verbos que indican procesos internos difíciles de verificar (comprender, conocer, apreciar)
- Omitir parámetros o criterios que permitan evaluar el cumplimiento
- Establecer metas tan generales que no admitan indicadores específicos
- Formular objetivos cuya verificación dependa de interpretaciones subjetivas
- Incluir términos ambiguos como .<sup>a</sup>decuado”, ”suficiente.º .<sup>a</sup>propiado”sin definirlos
- Plantear objetivos cuya verificación requiera recursos o instrumentos inaccesibles

La pertinencia representa un criterio esencial para los objetivos de investigación en ingeniería [12]. Un objetivo pertinente se alinea con el problema identificado, contribuye a su solución y aporta valor al campo disciplinar específico. La pertinencia debe evaluarse considerando tanto el contexto académico como las necesidades prácticas que justifican la realización del estudio.

La estructura gramatical constituye un aspecto formal pero relevante en la formulación de objetivos [10]. Se recomienda iniciar con un verbo en infinitivo que refleje con precisión la acción que se pretende realizar. Este verbo debe seleccionarse cuidadosamente para indicar el nivel cognitivo o procesal que implica el objetivo, siguiendo idealmente la taxonomía de Bloom.

#### **Cómo estructurar gramaticalmente un objetivo**

Para formular objetivos con estructura gramatical adecuada:

- Inicia con un verbo en infinitivo fuerte y preciso (desarrollar, evaluar, analizar)
- Especifica el objeto directo sobre el que recae la acción
- Detalla las condiciones, contexto o método cuando sea necesario
- Indica la finalidad o propósito mediante complementos circunstanciales
- Evita conectores que generen subordinaciones complejas
- Mantén una estructura paralela en todos los objetivos específicos

La especificidad constituye una característica distintiva de los objetivos eficaces [64]. Un objetivo específico delimita con precisión qué se hará, sobre qué objeto de estudio, en qué contexto y mediante qué procedimientos. La especificidad reduce interpretaciones erróneas y proporciona dirección concreta a las actividades de investigación.

Para garantizar la especificidad, los objetivos bien formulados responden claramente a las preguntas fundamentales de la investigación [26]. El objetivo debe indicar qué se va a hacer (verbo en infinitivo), sobre qué objeto o fenómeno (el qué), mediante qué medios o estrategias (el cómo) y con qué finalidad (el para qué). Esta estructura completa asegura que no existan aspectos indefinidos que puedan generar confusión.

### Análisis de especificidad en un objetivo

**Objetivo:** «Desarrollar [verbo] un algoritmo de compresión de imágenes médicas [¿qué?] mediante redes neuronales convolucionales [¿mediante qué?] para optimizar el almacenamiento y transmisión en sistemas de telemedicina rural [¿para qué?].»

Este objetivo resulta específico porque:

- Indica con precisión la acción principal (desarrollar)
- Especifica el objeto concreto (algoritmo de compresión para imágenes médicas)
- Detalla el método o enfoque (redes neuronales convolucionales)
- Establece la finalidad y contexto (sistemas de telemedicina rural)

La coherencia representa otra característica fundamental de los objetivos bien formulados [67]. Esta coherencia se manifiesta en tres niveles: coherencia con el problema de investigación, coherencia interna entre el objetivo general y los objetivos específicos, y coherencia con la metodología propuesta. Un conjunto coherente de objetivos configura un sistema integrado y lógico.

La alineación con el criterio SMART (Específico, Medible, Alcanzable, Relevante y Acotado en el Tiempo) proporciona un marco integral para evaluar la calidad de los objetivos. Este enfoque, ampliamente utilizado en gestión de proyectos, resulta particularmente útil en investigaciones de ingeniería donde se valora la precisión y la orientación a resultados concretos.

### Aplicación del criterio SMART a objetivos de ingeniería

Al formular tus objetivos de investigación, verifica que cumplan con estos criterios:

- **Specific (Específico):** Define con precisión qué se hará, cómo y para qué
- **Measurable (Medible):** Incluye parámetros que permitan verificar su cumplimiento
- **Achievable (Alcanzable):** Considera los recursos, tiempo y capacidades disponibles
- **Relevant (Relevante):** Asegura que contribuya significativamente al problema planteado
- **Time-bound (Acotado en el tiempo):** Establece plazos realistas para su logro

La concisión constituye un atributo valioso en la formulación de objetivos [10]. Un objetivo conciso expresa lo esencial sin elementos redundantes o explicaciones innecesarias. Esta característica no implica sacrificar especificidad o claridad, sino presentar la información de manera eficiente y directa, evitando digresiones o detalles que corresponden a otras secciones del protocolo.

La naturaleza operativa de los objetivos representa un criterio particularmente relevante en ingeniería [12]. Un objetivo bien formulado debe traducirse en acciones concretas que puedan implementarse mediante procedimientos específicos. Esta operatividad facilita la transición entre la fase de planificación y la ejecución efectiva del proyecto de investigación.

### ⚠ Formulaciones que reducen la operatividad

Al redactar tus objetivos, evita estas prácticas que comprometen su carácter operativo:

- Usar términos abstractos sin definición operacional clara
- Formular objetivos tan generales que no orienten acciones específicas
- Incluir múltiples acciones no relacionadas en un mismo objetivo
- Establecer metas cuyo logro no pueda verificarse mediante procedimientos concretos
- Confundir aspiraciones personales o institucionales con objetivos de investigación
- Redactar objetivos desconectados de los recursos y métodos disponibles

La delimitación adecuada constituye otra característica esencial de los objetivos bien formulados [26]. Esta delimitación establece fronteras claras para la investigación en términos de alcance temático, poblacional, geográfico y temporal. Los objetivos delimitados previenen la dispersión de esfuerzos y permiten profundizar en aspectos específicos en lugar de abordar superficialmente temas demasiado amplios.

La orientación a resultados representa un rasgo distintivo de los objetivos efectivos en investigación aplicada y, particularmente, en ingeniería [64]. Los objetivos bien formulados deben enfocarse en productos, soluciones o avances concretos que constituyan contribuciones verificables al conocimiento o a la resolución de problemas prácticos.

#### Ejemplos de objetivos bien formulados en diferentes áreas

**Ingeniería civil (estructuras):** «Optimizar un sistema de muros de corte de concreto reforzado con fibras de polipropileno mediante modelación numérica y ensayos a escala para incrementar su capacidad de disipación de energía en edificaciones ubicadas en zonas sísmicas»

**Ingeniería biomédica (sistemas dinámicos):** «Desarrollar un sistema de clasificación automática de señales electroencefalográficas mediante algoritmos de aprendizaje profundo para la detección temprana de crisis epilépticas en pacientes pediátricos»

**Ingeniería en computación:** «Implementar un protocolo de comunicación segura basado en criptografía post-cuántica mediante algoritmos de retículo para proteger la transferencia de datos en sistemas de control industrial conectados a Internet»

El realismo constituye una característica fundamental que distingue los objetivos efectivos de las declaraciones de intenciones [67]. Un objetivo realista considera las limitaciones técnicas, económicas y temporales del proyecto, estableciendo metas ambiciosas pero alcanzables. El equilibrio entre aspiración e implementabilidad resulta particularmente relevante en proyectos de ingeniería, donde la factibilidad técnica condiciona significativamente los resultados.

La independencia relativa entre objetivos específicos representa otro criterio de calidad en su formulación. Aunque todos los objetivos específicos deben contribuir al logro del objetivo general, cada uno debe abordar un aspecto particular y complementario, evitando solapamientos innecesarios o dependencias excesivas que podrían comprometer el avance del proyecto si uno de ellos no se cumple según lo previsto.

### 1.5.3 Elaboración de hipótesis vs. metas de ingeniería



#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, el estudiante será capaz de distinguir entre hipótesis científicas y metas de ingeniería, seleccionar el enfoque más adecuado según el tipo de investigación, y formular correctamente tanto hipótesis como metas de ingeniería para protocolos de investigación.

La investigación en ingeniería presenta particularidades metodológicas que la distinguen de otros campos del conocimiento, especialmente en lo que respecta a la orientación de sus propósitos [91]. Mientras algunas investigaciones en ingeniería siguen el modelo tradicional de las ciencias naturales, orientado a la comprobación de hipótesis, otras adoptan un enfoque dirigido al desarrollo de soluciones o al cumplimiento de metas específicas de diseño e implementación.

El primer paso para elegir entre hipótesis y metas consiste en comprender la naturaleza fundamental de cada enfoque [126]. Las hipótesis representan proposiciones tentativas sobre relaciones entre variables o fenómenos, formuladas para ser sometidas a verificación empírica. Las metas de ingeniería, por su parte, establecen estados deseables o resultados específicos que se pretenden alcanzar mediante la aplicación de conocimientos técnicos y metodologías de diseño.



## Enfoques de investigación en ingeniería

La investigación en ingeniería puede seguir diferentes enfoques según su propósito principal:

**Investigación explicativa:** Busca comprender fenómenos y establecer relaciones causales. Utiliza hipótesis para proponer explicaciones tentativas que luego se verifican experimentalmente.

**Investigación descriptiva:** Caracteriza propiedades, comportamientos o fenómenos sin necesariamente establecer relaciones causales. Puede usar hipótesis descriptivas o metas de caracterización.

**Investigación de diseño:** Se enfoca en desarrollar nuevos sistemas, productos o métodos para resolver problemas específicos. Generalmente emplea metas de ingeniería para orientar el proceso.

**Investigación de mejora:** Busca optimizar sistemas o procesos existentes. Puede utilizar tanto hipótesis comparativas como metas de optimización.

Las hipótesis científicas en ingeniería se caracterizan por su estructura proposicional y su comprobabilidad [19]. Una hipótesis bien formulada establece una relación específica entre variables, generalmente en forma de predicción sobre los efectos de modificar ciertos parámetros o condiciones. Estas proposiciones deben ser falsables, es decir, susceptibles de ser refutadas mediante evidencia empírica si no corresponden a la realidad.

La estructura típica de una hipótesis en ingeniería incluye la identificación de variables independientes (causas o factores manipulados), variables dependientes (efectos o resultados medidos) y, cuando corresponde, variables moderadoras o controladoras. La relación entre estas variables se expresa mediante términos que indican dirección (aumenta, disminuye, mejora), magnitud (significativamente, proporcionalmente) o forma (lineal, exponencial, logarítmica).

### Errores comunes al formular hipótesis

Al elaborar hipótesis para tu investigación en ingeniería, evita:

- Formular hipótesis tan generales que no puedan ser verificadas empíricamente
- Incluir términos ambiguos o no cuantificables que dificulten la medición
- Establecer relaciones obvias o tautológicas que no aporten nuevo conocimiento
- Proponer hipótesis múltiples que mezclen varias relaciones en un solo enunciado
- Confundir hipótesis con objetivos o con preguntas de investigación
- Plantear hipótesis que requieran recursos o tecnologías inaccesibles para su verificación

Las metas de ingeniería, por otro lado, se enfocan en resultados deseables que se pretenden alcanzar mediante el diseño e implementación de soluciones técnicas [126]. A diferencia de las hipótesis, las metas no establecen relaciones causales a verificar, sino estados finales o criterios de desempeño que orientan el proceso de desarrollo y evaluación de la solución propuesta.

La formulación de metas de ingeniería requiere precisión en la definición de los parámetros de desempeño, las restricciones aplicables y los criterios de éxito [91]. Una meta bien estructurada especifica qué se pretende lograr, bajo qué condiciones operativas, con qué restricciones y cómo se medirá el cumplimiento. Este enfoque resulta particularmente adecuado para investigaciones orientadas al diseño de productos, sistemas o metodologías.

## Ejemplos comparativos entre hipótesis y metas

### Ingeniería civil (estructuras):

**Hipótesis:** «La incorporación de un 3 % de fibras de polipropileno en mezclas de concreto incrementa en al menos un 25 % la resistencia a la fisuración por contracción plástica en elementos expuestos a ambientes con baja humedad relativa»

**Meta de ingeniería:** «Desarrollar una mezcla de concreto con adición de fibras naturales que presente una reducción del 30 % en la fisuración por contracción plástica, manteniendo una resistencia a la compresión mínima de 25 MPa y un costo adicional no mayor al 15 % respecto al concreto convencional»

### Ingeniería biomédica (sistemas dinámicos):

**Hipótesis:** «Los algoritmos de aprendizaje profundo basados en redes neuronales convolucionales detectan arritmias cardíacas en registros Holter con mayor sensibilidad y especificidad que los métodos tradicionales basados en análisis espectral»

**Meta de ingeniería:** «Diseñar un sistema de monitoreo cardíaco que detecte arritmias en tiempo real con una sensibilidad superior al 95 %, especificidad mayor al 92 %, consumo energético menor a 20 mW y capacidad de funcionamiento continuo durante al menos 72 horas»

### Ingeniería en computación:

**Hipótesis:** «La implementación de técnicas de computación de borde reduce significativamente la latencia en sistemas de procesamiento de imágenes para detección de objetos en comparación con soluciones basadas exclusivamente en la nube»

**Meta de ingeniería:** «Desarrollar una arquitectura híbrida edge-cloud para procesamiento de video en tiempo real que logre una latencia menor a 50 ms, precisión en detección de objetos superior al 90 % y capacidad para procesar simultáneamente al menos 4 flujos de video HD»

La elección entre hipótesis y metas no es mutuamente excluyente, y algunas investigaciones en ingeniería pueden beneficiarse de la incorporación de ambos enfoques [19]. Por ejemplo, una investigación podría comenzar con hipótesis sobre fenómenos específicos, cuyos resultados luego informan el establecimiento de metas para el desarrollo de soluciones basadas en los principios verificados.

La naturaleza específica del problema abordado constituye un factor determinante para elegir entre hipótesis y metas [126]. Los problemas orientados a la explicación de fenómenos, validación de teorías o comparación de métodos se alinean mejor con enfoques basados en hipótesis. Por otro lado, los problemas centrados en el desarrollo de soluciones, optimización de sistemas o satisfacción de necesidades específicas se abordan más efectivamente mediante metas de ingeniería.

## Criterios para elegir entre hipótesis y metas

Para decidir el enfoque más adecuado para tu investigación, considera:

- El propósito principal: explicación vs. desarrollo de soluciones
- La naturaleza del conocimiento buscado: teórico vs. aplicado
- El tipo de resultado esperado: validación de relaciones vs. creación de artefactos
- El método de evaluación: verificación empírica vs. satisfacción de requisitos
- El contexto disciplinar específico y sus convenciones metodológicas
- La etapa de desarrollo del campo: exploración inicial vs. implementación madura

La formulación de hipótesis en ingeniería puede seguir diferentes estructuras según el tipo de relación que se pretende verificar. Las hipótesis de asociación establecen correlaciones entre variables sin implicar causalidad. Las hipótesis causales proponen relaciones donde una variable produce cambios en otra. Las hipótesis comparativas contrastan el desempeño o comportamiento de diferentes sistemas, materiales o métodos bajo condiciones específicas.

Para formular hipótesis efectivas en ingeniería, se recomienda basarse en fundamentos teóricos sólidos, evidencia empírica previa o modelos validados [19]. Las hipótesis no deben surgir únicamente de intuiciones o

preferencias personales, sino de un análisis riguroso del estado del conocimiento en el área específica y de las brechas o inconsistencias identificadas en la literatura existente.

#### **⚠ Consideraciones éticas en la formulación de hipótesis**

Al plantear hipótesis para tu investigación, considera estos aspectos éticos:

- Evita sesgos que orienten la investigación hacia resultados predeterminados
- Reconoce explícitamente las limitaciones de los modelos o teorías utilizados
- Considera las implicaciones sociales o ambientales de las relaciones propuestas
- Mantén transparencia sobre posibles conflictos de interés que afecten la objetividad
- Asegura que los métodos de verificación cumplan con principios éticos aplicables
- Prevé las consecuencias de la verificación o refutación de la hipótesis en contextos reales

Las metas de ingeniería, por su parte, suelen estructurarse en torno a criterios SMART: Específicas, Medibles, Alcanzables, Relevantes y con Tiempo definido [91]. Adicionalmente, las metas efectivas en ingeniería incorporan especificaciones técnicas precisas, restricciones operativas, condiciones de contorno y parámetros de desempeño cuantificables.

La formulación de metas de ingeniería debe considerar múltiples dimensiones que caracterizan la calidad de las soluciones técnicas [126]. Estas dimensiones incluyen funcionalidad (qué hace), rendimiento (cuán bien lo hace), eficiencia (con qué recursos), confiabilidad (bajo qué condiciones), mantenibilidad (facilidad de modificación) y otras características relevantes según el dominio específico de aplicación.

#### **Estructura recomendada para metas de ingeniería**

Al formular metas para tu proyecto, incluye estos componentes:

- Resultado esperado: producto, sistema o método a desarrollar
- Parámetros de desempeño con valores objetivo cuantificables
- Restricciones técnicas, económicas o temporales aplicables
- Condiciones operativas bajo las cuales debe funcionar la solución
- Criterios de validación que permitirán verificar el cumplimiento
- Relevancia o impacto esperado en el contexto de aplicación

La verificación de hipótesis y el cumplimiento de metas requieren enfoques metodológicos diferentes [19]. Las hipótesis se verifican mediante diseños experimentales, observaciones sistemáticas o análisis estadísticos que permiten aceptarlas o refutarlas con base en evidencia empírica. Las metas, en cambio, se evalúan mediante pruebas de funcionalidad, comparación con especificaciones, validación con usuarios o análisis de desempeño en condiciones representativas.

En ambos casos, resulta fundamental establecer previamente los criterios y procedimientos de evaluación [126]. Para hipótesis, esto implica definir diseños experimentales rigurosos, niveles de significancia estadística y controles adecuados. Para metas, requiere especificar métricas de desempeño, escenarios de prueba y umbrales de aceptación que determinarán si la solución desarrollada satisface los requerimientos establecidos.

## Estructura comparativa: Hipótesis vs. Metas

### Elementos de una hipótesis bien formulada:

- Variables independientes claramente identificadas
- Variables dependientes operacionalmente definidas
- Relación específica y dirección del efecto esperado
- Magnitud o umbral del efecto cuando sea posible
- Condiciones bajo las cuales se espera que se cumpla la relación
- Base teórica o empírica que sustenta la proposición

### Elementos de una meta de ingeniería bien formulada:

- Resultado técnico específico a desarrollar
- Parámetros de desempeño con valores objetivo
- Restricciones de recursos, materiales o procesos
- Condiciones operativas y entorno de aplicación
- Criterios de éxito medibles y verificables
- Justificación de relevancia en el contexto de aplicación

La documentación adecuada de hipótesis o metas en el protocolo de investigación requiere presentar no solo su formulación, sino también los fundamentos que las sustentan y los procedimientos previstos para su verificación o cumplimiento. Esta transparencia metodológica permite evaluar la solidez del planteamiento y facilita la replicación o adaptación del trabajo por otros investigadores.

En el contexto del protocolo, tanto las hipótesis como las metas deben mantener coherencia con los demás elementos metodológicos [91]. Esto implica alineación con el problema de investigación, los objetivos establecidos, el marco teórico que fundamenta el trabajo y la metodología propuesta para su desarrollo. Esta coherencia interna fortalece la estructura lógica del protocolo y aumenta su viabilidad técnica.

### 1.5.4 Actividad: Redacción de objetivos e hipótesis/metás



#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta actividad, el estudiante será capaz de formular adecuadamente objetivos, hipótesis y/o metas de ingeniería para su protocolo de investigación, aplicando los criterios de calidad estudiados y adaptándolos a las características específicas de su proyecto.

La redacción efectiva de objetivos, hipótesis y metas constituye una habilidad fundamental para el desarrollo de investigaciones en ingeniería [12]. Esta actividad práctica busca consolidar los conocimientos teóricos adquiridos mediante su aplicación concreta en proyectos individuales, fomentando tanto la reflexión crítica como el desarrollo de competencias metodológicas.

El dominio de estas habilidades impacta significativamente en la calidad general del protocolo de investigación y en la posterior ejecución del proyecto. Una formulación precisa proporciona dirección clara, facilita la planificación de actividades, establece criterios para la evaluación de resultados y comunica efectivamente los propósitos del estudio a evaluadores, colaboradores y usuarios potenciales.

### Primera etapa: Análisis y evaluación

Analiza los siguientes ejemplos de objetivos e hipótesis/metastas, identificando sus fortalezas y debilidades según los criterios estudiados:

#### Caso 1:

**Objetivo general:** «Estudiar materiales compuestos para construcción»

#### Objetivos específicos:

1. «Hacer pruebas de laboratorio»
2. «Comparar con otros materiales»
3. «Implementar mejoras»

**Hipótesis:** «Los materiales compuestos son mejores»

#### Caso 2:

**Objetivo general:** «Desarrollar un sistema de monitoreo de calidad del aire basado en redes de sensores inalámbricos mediante técnicas de bajo consumo energético para entornos urbanos contaminados»

#### Objetivos específicos:

1. «Caracterizar los sensores de gases contaminantes disponibles en el mercado mediante pruebas de laboratorio para seleccionar los más adecuados en términos de precisión, consumo y costo»
2. «Diseñar una arquitectura de red inalámbrica con topología mesh mediante protocolos de comunicación de bajo consumo para garantizar la cobertura en zonas urbanas densas»
3. «Implementar algoritmos de procesamiento de datos en tiempo real mediante técnicas de edge computing para reducir el tráfico de red y el consumo energético»
4. «Validar el sistema desarrollado mediante pruebas de campo en diferentes condiciones ambientales para verificar su precisión y fiabilidad»

**Meta de ingeniería:** «Desarrollar un sistema de monitoreo ambiental con autonomía mínima de 6 meses, precisión superior al 95 % en la detección de PM2.5, NOx y O3, capacidad de transmisión de datos en tiempo real, y costo unitario inferior a 150 USD por nodo»

La actividad de análisis permite contrastar ejemplos con diferentes niveles de calidad metodológica, facilitando la identificación de elementos clave y errores comunes [67]. Este ejercicio comparativo desarrolla el criterio necesario para evaluar objetivamente la formulación de objetivos e hipótesis/metastas, tanto en proyectos propios como ajenos.

### ⚠ Aspectos a considerar en la evaluación crítica

Al evaluar los ejemplos proporcionados, asegúrate de verificar:

- Si los objetivos específicos se derivan lógicamente del objetivo general
- La presencia de verbos apropiados según el nivel taxonómico correspondiente
- El cumplimiento de la estructura ¿Qué? ¿Mediante qué? ¿Para qué?
- La especificidad, mensurabilidad y factibilidad de cada elemento
- La coherencia interna entre objetivos, hipótesis y/o metastas
- La aplicación correcta de los criterios SMART en cada caso
- La adecuación al tipo de investigación (explicativa, descriptiva o de diseño)

La segunda etapa de la actividad implica la formulación de objetivos para proyectos específicos en diferentes áreas de ingeniería [10]. Este ejercicio práctico permite aplicar los conceptos teóricos a contextos concretos, desarrollando habilidades transferibles a la elaboración del protocolo individual. La diversidad de áreas abordadas enriquece el aprendizaje y fomenta la flexibilidad metodológica.

### Segunda etapa: Formulación guiada

Para cada uno de los siguientes temas, formula un objetivo general y tres objetivos específicos que cumplan con los criterios de calidad estudiados:

**Tema 1 (Ingeniería Civil):** Desarrollo de un método constructivo para viviendas sociales utilizando materiales reciclados con propiedades de aislamiento térmico mejoradas

**Tema 2 (Ingeniería Biomédica):** Sistema de rehabilitación motora basado en interfaces cerebro-computadora para pacientes con movilidad reducida tras accidentes cerebrovasculares

**Tema 3 (Ingeniería en Computación):** Plataforma de detección de noticias falsas mediante análisis de lenguaje natural y verificación automatizada de fuentes

La formulación guiada permite aplicar el conocimiento en contextos específicos pero acotados, facilitando la transición hacia la elaboración autónoma [12]. Al trabajar con temáticas predefinidas, el estudiante puede concentrarse en la estructura y calidad metodológica sin las complejidades adicionales de definir completamente el problema de investigación.

Para la tercera etapa, la actividad se enfoca en la formulación de hipótesis o metas según el tipo de investigación. Esta diferenciación resulta fundamental, pues el enfoque metodológico apropiado depende directamente de la naturaleza del proyecto y sus propósitos principales. La capacidad para distinguir entre situaciones que requieren hipótesis o metas constituye una competencia metodológica avanzada.

### Pautas para elegir entre hipótesis y metas

Para determinar qué enfoque es más adecuado para cada proyecto:

- Elige hipótesis cuando buscas confirmar relaciones entre variables o verificar explicaciones teóricas
- Opta por metas de ingeniería cuando tu proyecto se orienta al desarrollo de soluciones o artefactos
- Considera hipótesis para investigaciones explicativas o comparativas
- Selecciona metas para investigaciones de diseño, desarrollo o implementación
- Evalúa la tradición metodológica predominante en tu área específica
- Analiza qué enfoque se alinea mejor con los resultados esperados de tu proyecto

### Tercera etapa: Formulación diferenciada

Para cada uno de los siguientes escenarios, decide si es más apropiado formular una hipótesis o una meta de ingeniería. Luego, redacta la hipótesis o meta según corresponda:

**Escenario 1:** Investigación sobre el efecto de diferentes configuraciones de refuerzo en la resistencia a flexión de vigas de concreto liviano

**Escenario 2:** Desarrollo de un algoritmo de compresión de imágenes médicas que reduzca el tamaño de almacenamiento sin afectar la calidad diagnóstica

**Escenario 3:** Comparación de la eficiencia energética entre arquitecturas de microprocesadores RISC y CISC en aplicaciones de procesamiento de señales

**Escenario 4:** Diseño de un exoesqueleto para asistencia en rehabilitación de miembros inferiores en pacientes con lesiones medulares

La cuarta etapa representa la culminación del proceso de aprendizaje, integrando todos los elementos estudiados en la elaboración de un conjunto completo y coherente para el proyecto individual. Esta aplicación directa al tema de interés personal permite consolidar las habilidades desarrolladas y avanzar significativamente en la construcción del protocolo propio.

#### Cuarta etapa: Aplicación al proyecto individual

Con base en tu tema de investigación personal, elabora:

1. Un objetivo general que cumpla con la estructura ¿Qué? ¿Mediante qué? ¿Para qué? y utilice un verbo de nivel superior de la taxonomía de Bloom
2. Entre tres y cinco objetivos específicos que: - Se deriven lógicamente del objetivo general - Mantengan la estructura completa recomendada - Presenten una secuencia lógica o complementaria - Utilicen verbos apropiados al nivel taxonómico correspondiente
3. Según corresponda a tu tipo de investigación: - Una o más hipótesis con variables claramente identificadas, o - Una o más metas de ingeniería con parámetros específicos de desempeño
4. Una breve justificación (máximo 200 palabras) que explique la coherencia entre los elementos formulados y su alineación con el problema de investigación

La evaluación de la actividad puede realizarse mediante diversos mecanismos que promueven tanto la retroalimentación externa como la reflexión personal [12]. La revisión por pares permite obtener perspectivas alternativas y desarrollar habilidades de evaluación crítica, mientras que la autoevaluación fomenta la metacognición y el aprendizaje autónomo.

#### Criterios de evaluación para tu trabajo

Al revisar tu formulación final, verifica que:

- Los objetivos resulten claros, específicos, medibles y alcanzables
- Exista coherencia entre el objetivo general y los objetivos específicos
- La estructura gramatical sea correcta y utilice verbos apropiados
- Las hipótesis o metas se alineen con el tipo de investigación propuesto
- Todos los elementos sigan la estructura recomendada
- El conjunto sea metodológicamente sólido y lógicamente articulado
- El lenguaje utilizado mantenga precisión técnica y claridad expositiva

Para maximizar el aprendizaje, se recomienda desarrollar la actividad en etapas secuenciales, permitiendo la reflexión entre fases y la incorporación de retroalimentación [67]. La discusión colectiva de los resultados enriquece la experiencia y permite identificar diferentes aproximaciones a problemas similares, ampliando el repertorio metodológico personal.

#### Errores frecuentes a evitar en esta actividad

Ten cuidado de no cometer estos errores comunes:

- Confundir actividades o tareas con objetivos específicos
- Formular objetivos demasiado ambiciosos o poco realistas
- Incluir múltiples acciones o propósitos en un mismo objetivo
- Establecer hipótesis no verificables o metas sin parámetros concretos
- Perder la alineación entre el tema, los objetivos y las hipótesis/metás
- Utilizar verbos inapropiados para el nivel taxonómico correspondiente
- Omitir componentes esenciales de la estructura recomendada

El desarrollo de esta actividad no solo contribuye a la elaboración del protocolo individual, sino que también fortalece competencias metodológicas transferibles a otros contextos académicos y profesionales [10]. La capacidad para formular objetivos claros y verificables, así como hipótesis robustas o metas alcanzables, resulta fundamental en la gestión de proyectos, la propuesta de soluciones técnicas y la comunicación efectiva de ideas en entornos profesionales de ingeniería.



## Capítulo 2

# Metodología y gestión bibliográfica

### 2.1 Marco teórico/conceptual

#### Objetivo de la sección

Comprender la importancia y estructura del marco teórico como fundamento conceptual que sustenta la investigación, identificando las teorías y modelos relevantes que permiten interpretar los resultados y contextualizar el problema de estudio.

El marco teórico constituye el soporte conceptual que fundamenta cualquier investigación científica. Esta sección del protocolo establece las bases teóricas sobre las cuales se construye el estudio, define los conceptos esenciales y articula las relaciones entre las variables involucradas en el problema de investigación. Un marco teórico bien elaborado proporciona coherencia y solidez científica al trabajo, además de facilitar la interpretación adecuada de los resultados obtenidos [67].

#### 2.1.1 Fundamentos teóricos de la investigación

#### Objetivo de la subsección

Identificar los principios teóricos fundamentales que sustentan el problema de investigación, estableciendo las corrientes de pensamiento y teorías principales que constituyen la base conceptual del estudio.

Los fundamentos teóricos representan el conjunto de conocimientos científicamente validados que dan sustento al problema de investigación. Estos conocimientos incluyen teorías, leyes, principios y modelos que han sido desarrollados a lo largo del tiempo en el campo de estudio correspondiente. La identificación y selección de estos fundamentos requiere un análisis profundo de la literatura especializada, con énfasis en aquellas teorías que explican las variables y relaciones presentes en el fenómeno estudiado [25].

La construcción de los fundamentos teóricos inicia con la identificación de las disciplinas científicas relacionadas con el problema de investigación. Un problema puede involucrar conocimientos de diversas áreas, por lo que se debe establecer con claridad el enfoque interdisciplinario cuando corresponda. Por ejemplo, un estudio sobre materiales inteligentes para dispositivos biomédicos podría involucrar fundamentos de ciencia de materiales, bioingeniería y electrónica.

El proceso de selección de teorías debe guiarse por su relevancia para explicar el problema y por su validez científica actual. Es importante distinguir entre teorías generales y específicas, construyendo un marco que

vaya de lo general a lo particular. Las teorías generales proporcionan una visión amplia del campo de estudio, mientras que las específicas abordan aspectos concretos del problema investigado.

#### Ejemplos de fundamentos teóricos por área

En ingeniería estructural: Una investigación sobre comportamiento dinámico de estructuras altas necesitaría incluir fundamentos sobre teoría de vibraciones, mecánica de materiales, dinámica estructural y teoría de elementos finitos. El modelo matemático de Timoshenko para vigas sería un fundamento teórico específico a considerar.

En ingeniería biomédica: Un estudio sobre filtrado adaptativo de señales de ECG se fundamentaría en teorías de procesamiento digital de señales, estadística aplicada y modelos fisiológicos cardíacos. La transformada wavelet y sus propiedades constituirían un fundamento específico relevante.

En ingeniería en computación: Una investigación sobre sistemas de reconocimiento de patrones utilizaría fundamentos de inteligencia artificial, aprendizaje profundo y teoría de la información. Modelos específicos como las redes neuronales convolucionales formarían parte de los fundamentos teóricos.

La revisión de los fundamentos teóricos debe ser selectiva y crítica. No se trata de acumular información, sino de identificar aquellas teorías que realmente aportan a la comprensión del problema. Esta revisión permite formular definiciones operacionales de los conceptos clave y establecer el sistema de relaciones entre variables que servirá como guía para el diseño metodológico [78].

#### Fundamentos teóricos sin conexión clara

Al desarrollar los fundamentos teóricos, evita:

- Incluir teorías que no tienen relación directa con tu problema de investigación
- Presentar definiciones contradictorias sin analizarlas críticamente
- Omitir la evolución histórica de conceptos fundamentales cuando ésta es relevante
- Ignorar las limitaciones conocidas de las teorías que utilizas
- Mezclar indiscriminadamente perspectivas teóricas incompatibles

La documentación de los fundamentos teóricos debe presentar una estructura lógica y coherente. Se recomienda iniciar con los conceptos más generales para luego avanzar hacia los más específicos, estableciendo las conexiones entre ellos. Cada concepto debe definirse con precisión, citando adecuadamente las fuentes consultadas. Las definiciones deben ser operativas y orientadas al contexto específico de la investigación.

### 2.1.2 Modelos conceptuales aplicables

#### Objetivo de la subsección

Analizar los modelos conceptuales relevantes para el problema de investigación, evaluando su aplicabilidad y determinando las adaptaciones necesarias para construir un marco conceptual apropiado al estudio.

Los modelos conceptuales constituyen representaciones simplificadas de la realidad que permiten comprender, analizar y predecir fenómenos complejos. A diferencia de las teorías generales, estos modelos suelen estar orientados a explicar aspectos específicos de un fenómeno, estableciendo relaciones entre conceptos clave. La selección y aplicación de modelos conceptuales adecuados facilita la orientación metodológica de la investigación y la interpretación de los resultados [11].

La identificación de modelos conceptuales aplicables requiere una revisión sistemática de la literatura especializada. Esta revisión debe centrarse en aquellos modelos que han demostrado validez para explicar fenómenos similares al estudiado. El investigador debe evaluar la pertinencia de cada modelo, considerando el contexto específico de su investigación y las características particulares del problema abordado.

La aplicación de modelos conceptuales existentes puede requerir adaptaciones para ajustarse a las condiciones específicas del estudio. Estas adaptaciones deben fundamentarse teóricamente y justificarse con base en las características del problema investigado. En algunos casos, el investigador puede proponer un modelo conceptual propio, integrando elementos de diversos modelos existentes o introduciendo nuevos componentes que respondan a las particularidades de su objeto de estudio [103].

#### Cómo seleccionar un modelo conceptual adecuado

Para elegir el modelo conceptual más apropiado para tu investigación:

1. Identifica los modelos utilizados en estudios similares recientes
2. Evalúa la capacidad de cada modelo para explicar las variables de tu estudio
3. Verifica la validez empírica del modelo en contextos similares al tuyo
4. Considera la posibilidad de integrar elementos de diferentes modelos
5. Asegúrate que el modelo seleccionado sea coherente con tu enfoque metodológico

Los modelos conceptuales pueden representarse gráficamente mediante diagramas que ilustren las relaciones entre conceptos. Estas representaciones visuales facilitan la comprensión del modelo y permiten comunicar de manera efectiva la estructura conceptual de la investigación. Los diagramas deben ser claros, precisos y acompañarse de explicaciones textuales que detallen la naturaleza de las relaciones representadas.

#### Ejemplos de modelos conceptuales por disciplina

En ingeniería estructural: El modelo conceptual de Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) puede aplicarse para analizar la sostenibilidad de sistemas estructurales. Este modelo integra aspectos ambientales, económicos y sociales desde el diseño hasta la demolición de la estructura.

En ingeniería biomédica: El modelo de Pan-Tompkins para detección de complejos QRS en señales ECG representa un marco conceptual que integra etapas de preprocesamiento, transformación, detección de picos y decisión lógica para identificar eventos cardíacos.

En ingeniería en computación: El modelo conceptual de arquitectura cliente-servidor en computación distribuida establece las relaciones entre componentes de software, protocolos de comunicación y mecanismos de seguridad en sistemas de información.

La documentación de los modelos conceptuales debe incluir una descripción detallada de sus componentes, las relaciones entre ellos y los supuestos subyacentes. Es importante señalar tanto las fortalezas como las limitaciones de cada modelo, así como las razones por las cuales se considera apropiado para el estudio específico. Esta documentación completa permite a otros investigadores comprender y evaluar la base conceptual del trabajo [83].

### 2.1.3 Actividad: Desarrollo del marco teórico

#### Objetivo de la actividad

Elaborar el marco teórico del protocolo de investigación mediante la identificación y articulación de teorías, conceptos y modelos relevantes para el problema de estudio, estableciendo las relaciones entre estos elementos y su aplicación específica al proyecto.

El desarrollo del marco teórico representa una actividad fundamental en la preparación del protocolo de investigación. Esta tarea exige capacidad de análisis, síntesis y pensamiento crítico para construir un fundamento conceptual coherente y pertinente para el problema estudiado. A continuación, se presentan los pasos para realizar esta actividad de manera efectiva.

El primer paso consiste en elaborar un mapa conceptual preliminar que identifique las teorías, conceptos y modelos potencialmente relevantes para el problema de investigación. Este mapa debe visualizar las posibles

conexiones entre estos elementos y servir como guía inicial para la búsqueda de información. Se recomienda utilizar herramientas digitales como CmapTools o MindMeister para crear estos mapas, facilitando su actualización conforme avanza la revisión bibliográfica.

El segundo paso implica realizar una búsqueda bibliográfica exhaustiva sobre las teorías y modelos identificados en el mapa conceptual. Esta búsqueda debe priorizar fuentes académicas de calidad, como libros especializados, artículos en revistas indexadas y tesis doctorales. La información recopilada debe organizarse sistemáticamente, registrando para cada fuente los datos bibliográficos completos, los conceptos clave y las relaciones con el problema de investigación [39].

#### **⚠ Errores frecuentes en el desarrollo del marco teórico**

Al elaborar tu marco teórico, evita estas prácticas:

- Convertirlo en un simple glosario de términos sin establecer conexiones teóricas
- Incluir excesiva información histórica sin relevancia directa para el problema
- Copiar marcos teóricos de otros estudios sin adaptarlos a tu investigación
- Presentar teorías contradictorias sin un análisis crítico de sus diferencias
- Desconectar el marco teórico de los objetivos e hipótesis de tu investigación

El tercer paso consiste en analizar críticamente la información recopilada, evaluando la validez y aplicabilidad de cada teoría o modelo en el contexto específico del estudio. Este análisis debe considerar aspectos como la vigencia de las teorías, su respaldo empírico, las limitaciones identificadas por otros autores y su capacidad para explicar el fenómeno estudiado. El resultado de este análisis permitirá seleccionar las teorías y modelos más pertinentes para construir el marco teórico [103].

El cuarto paso implica construir el esquema detallado del marco teórico, organizando los contenidos en una estructura lógica y coherente. Este esquema debe reflejar las relaciones entre conceptos y teorías, así como su conexión con el problema de investigación. Se recomienda organizar los contenidos de lo general a lo específico, presentando primero las teorías más amplias y avanzando gradualmente hacia los conceptos particulares relacionados con las variables del estudio.

#### **Estructura recomendada para el marco teórico**

Una estructura efectiva para el marco teórico de un estudio sobre «sistemas de monitoreo estructural con sensores inalámbricos» podría incluir:

1. Teorías generales sobre monitoreo de salud estructural 2. Fundamentos de redes de sensores inalámbricos 3. Modelos de transmisión de datos en tiempo real 4. Algoritmos de detección de daños estructurales 5. Integración de sistemas de monitoreo con modelos de elementos finitos

Para un estudio sobre «procesamiento de señales ECG con aprendizaje profundo», la estructura podría ser:

1. Fundamentos de electrocardiografía clínica 2. Teoría de procesamiento digital de señales biomédicas 3. Modelos matemáticos para caracterización de señales ECG 4. Principios de aprendizaje profundo aplicado a señales temporales 5. Arquitecturas neuronales para clasificación de patrones cardíacos

Para una investigación sobre «seguridad en sistemas de Internet de las Cosas», se podría estructurar:

1. Arquitectura y principios de Internet de las Cosas (IoT) 2. Modelos de amenazas en sistemas conectados 3. Teorías de criptografía y autenticación para dispositivos con recursos limitados 4. Protocolos de comunicación segura en IoT 5. Marcos de evaluación de vulnerabilidades en sistemas IoT

El quinto paso consiste en redactar el borrador inicial del marco teórico, siguiendo el esquema elaborado previamente. La redacción debe ser clara, precisa y mantener un hilo conductor evidente entre las diferentes secciones. Cada concepto debe definirse con precisión y cada teoría debe describirse adecuadamente, destacando sus componentes principales y su relevancia para el estudio. Es fundamental establecer conexiones explícitas entre los elementos teóricos y su aplicación al problema específico de investigación [82].

Finalmente, se debe revisar y refinar el borrador, verificando la coherencia interna, la precisión conceptual y

la adecuada citación de fuentes. Esta revisión debe asegurar que el marco teórico proporciona una base sólida para el desarrollo metodológico del estudio y para la posterior interpretación de los resultados.

#### Recomendaciones para un marco teórico efectivo

Para desarrollar un marco teórico que realmente aporte valor a tu investigación:

1. Conecta explícitamente cada teoría o concepto con tu problema de investigación
2. Mantén un balance entre profundidad y extensión, evitando la sobrecarga de información
3. Actualiza constantemente tu marco teórico a medida que avanza tu comprensión del tema
4. Integra perspectivas complementarias cuando sea pertinente para tu estudio
5. Construye un modelo teórico propio que sintetice las teorías revisadas y se adapte a tu problema específico

Al finalizar esta actividad, el estudiante habrá desarrollado un marco teórico sólido que proporciona el fundamento conceptual para su investigación, establece las definiciones operativas de los conceptos clave y articula las relaciones teóricas que guiarán el diseño metodológico del estudio.

#### 2.1.4 Fundamentos teóricos de la investigación

##### Objetivo de la subsección

Identificar los principios teóricos fundamentales que sustentan el problema de investigación, estableciendo las corrientes de pensamiento y teorías principales que constituyen la base conceptual del estudio.

Los fundamentos teóricos representan el conjunto de conocimientos científicamente validados que dan sustento al problema de investigación. Estos conocimientos incluyen teorías, leyes, principios y modelos que han sido desarrollados a lo largo del tiempo en el campo de estudio correspondiente. La identificación y selección de estos fundamentos requiere un análisis profundo de la literatura especializada, con énfasis en aquellas teorías que explican las variables y relaciones presentes en el fenómeno estudiado [25].

La construcción de los fundamentos teóricos inicia con la identificación de las disciplinas científicas relacionadas con el problema de investigación. Un problema puede involucrar conocimientos de diversas áreas, por lo que se debe establecer con claridad el enfoque interdisciplinario cuando corresponda. Por ejemplo, un estudio sobre materiales inteligentes para dispositivos biomédicos podría involucrar fundamentos de ciencia de materiales, bioingeniería y electrónica.

El proceso de selección de teorías debe guiarse por su relevancia para explicar el problema y por su validez científica actual. Es importante distinguir entre teorías generales y específicas, construyendo un marco que vaya de lo general a lo particular. Las teorías generales proporcionan una visión amplia del campo de estudio, mientras que las específicas abordan aspectos concretos del problema investigado.

### Ejemplos de fundamentos teóricos por área

En ingeniería estructural: Una investigación sobre comportamiento dinámico de estructuras altas necesitaría incluir fundamentos sobre teoría de vibraciones, mecánica de materiales, dinámica estructural y teoría de elementos finitos. El modelo matemático de Timoshenko para vigas sería un fundamento teórico específico a considerar.

En ingeniería biomédica: Un estudio sobre filtrado adaptativo de señales de ECG se fundamentaría en teorías de procesamiento digital de señales, estadística aplicada y modelos fisiológicos cardíacos. La transformada wavelet y sus propiedades constituirían un fundamento específico relevante.

En ingeniería en computación: Una investigación sobre sistemas de reconocimiento de patrones utilizaría fundamentos de inteligencia artificial, aprendizaje profundo y teoría de la información. Modelos específicos como las redes neuronales convolucionales formarían parte de los fundamentos teóricos.

La revisión de los fundamentos teóricos debe ser selectiva y crítica. No se trata de acumular información, sino de identificar aquellas teorías que realmente aportan a la comprensión del problema. Esta revisión permite formular definiciones operacionales de los conceptos clave y establecer el sistema de relaciones entre variables que servirá como guía para el diseño metodológico [78].

Al desarrollar los fundamentos teóricos, se debe mantener un equilibrio entre la profundidad y la amplitud. La profundidad implica examinar con detalle las teorías más relevantes para el problema específico, mientras que la amplitud asegura que se consideren las diferentes perspectivas teóricas sobre el fenómeno estudiado. Este balance evita tanto la superficialidad como el exceso de información poco relevante para los objetivos del estudio.

### Fundamentos teóricos sin conexión clara

Al desarrollar los fundamentos teóricos, evita:

- Incluir teorías que no tienen relación directa con tu problema de investigación
- Presentar definiciones contradictorias sin analizarlas críticamente
- Omitir la evolución histórica de conceptos fundamentales cuando ésta es relevante
- Ignorar las limitaciones conocidas de las teorías que utilizas
- Mezclar indiscriminadamente perspectivas teóricas incompatibles

La documentación de los fundamentos teóricos debe presentar una estructura lógica y coherente. Se recomienda iniciar con los conceptos más generales para luego avanzar hacia los más específicos, estableciendo las conexiones entre ellos. Cada concepto debe definirse con precisión, citando adecuadamente las fuentes consultadas. Las definiciones deben ser operativas y orientadas al contexto específico de la investigación.

El uso de modelos gráficos o diagramas puede facilitar la comprensión de las relaciones entre los distintos elementos teóricos. Estos recursos visuales sintetizan la información y permiten visualizar la estructura conceptual del estudio. Sin embargo, estos diagramas deben acompañarse siempre de explicaciones textuales que profundicen en los aspectos representados.

La actualidad de los fundamentos teóricos resulta especialmente relevante en campos de rápida evolución como la ingeniería y la tecnología. Se recomienda priorizar las fuentes publicadas en los últimos cinco años, complementándolas con obras clásicas o seminales cuando estas mantienen su vigencia explicativa. Esta combinación asegura que se incorporen tanto los avances recientes como los conocimientos consolidados en el campo [52].

### 2.1.5 Modelos conceptuales aplicables



#### Objetivo de la subsección

Analizar los modelos conceptuales relevantes para el problema de investigación, evaluando su aplicabilidad y determinando las adaptaciones necesarias para construir un marco conceptual apropiado al estudio.

Los modelos conceptuales constituyen representaciones simplificadas de la realidad que permiten comprender, analizar y predecir fenómenos complejos. A diferencia de las teorías generales, estos modelos suelen estar orientados a explicar aspectos específicos de un fenómeno, estableciendo relaciones entre conceptos clave. La selección y aplicación de modelos conceptuales adecuados facilita la orientación metodológica de la investigación y la interpretación de los resultados [11].

La identificación de modelos conceptuales aplicables requiere una revisión sistemática de la literatura especializada. Esta revisión debe centrarse en aquellos modelos que han demostrado validez para explicar fenómenos similares al estudiado. El investigador debe evaluar la pertinencia de cada modelo, considerando el contexto específico de su investigación y las características particulares del problema abordado.

La aplicación de modelos conceptuales existentes puede requerir adaptaciones para ajustarse a las condiciones específicas del estudio. Estas adaptaciones deben fundamentarse teóricamente y justificarse con base en las características del problema investigado. En algunos casos, el investigador puede proponer un modelo conceptual propio, integrando elementos de diversos modelos existentes o introduciendo nuevos componentes que respondan a las particularidades de su objeto de estudio [103].

Los modelos conceptuales pueden clasificarse según diversos criterios, como su nivel de abstracción, su alcance explicativo o su orientación disciplinar. Es importante seleccionar modelos cuyo nivel de abstracción sea adecuado para el problema estudiado. Los modelos demasiado abstractos podrían dificultar su operacionalización, mientras que los excesivamente específicos podrían limitar su capacidad explicativa en contextos diferentes.

#### Ejemplos de modelos conceptuales por disciplina

En ingeniería estructural: El modelo conceptual de Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) puede aplicarse para analizar la sostenibilidad de sistemas estructurales. Este modelo integra aspectos ambientales, económicos y sociales desde el diseño hasta la demolición de la estructura.

En ingeniería biomédica: El modelo de Pan-Tompkins para detección de complejos QRS en señales ECG representa un marco conceptual que integra etapas de preprocesamiento, transformación, detección de picos y decisión lógica para identificar eventos cardíacos.

En ingeniería en computación: El modelo conceptual de arquitectura cliente-servidor en computación distribuida establece las relaciones entre componentes de software, protocolos de comunicación y mecanismos de seguridad en sistemas de información.

La evaluación de los modelos conceptuales debe considerar varios criterios. La solidez teórica examina la consistencia interna del modelo y su fundamentación en teorías validadas. La validez empírica evalúa si el modelo ha sido respaldado por evidencia empírica en contextos similares. La parsimonia considera si el modelo logra explicar el fenómeno de manera simple y elegante, sin elementos superfluos. La aplicabilidad práctica analiza si el modelo puede implementarse efectivamente en el contexto específico de la investigación [83].

En la ingeniería, los modelos conceptuales suelen representar procesos, sistemas o interacciones. Estos modelos permiten visualizar flujos de información, transferencias de energía, transformaciones de materiales o interacciones entre componentes. La selección del tipo de modelo debe alinearse con la naturaleza del fenómeno estudiado y con los objetivos específicos de la investigación.



### Errores comunes en la selección de modelos conceptuales

Al seleccionar y aplicar modelos conceptuales, evita:

- Adoptar modelos simplemente porque son populares, sin evaluar su pertinencia
- Forzar tu problema de investigación para que encaje en un modelo preestablecido
- Ignorar las limitaciones conocidas del modelo en contextos similares al tuyo
- Mezclar elementos de modelos incompatibles sin una integración coherente
- Aplicar un modelo desarrollado para un contexto radicalmente diferente sin adaptaciones

La representación gráfica de los modelos conceptuales constituye una herramienta valiosa para comunicar su estructura y funcionamiento. Esta representación puede adoptar diversas formas, como diagramas de flujo, mapas conceptuales, redes semánticas o modelos de ecuaciones estructurales. El formato elegido debe permitir visualizar claramente los componentes del modelo y las relaciones entre ellos, facilitando la comprensión global del marco conceptual propuesto.

### Cómo seleccionar un modelo conceptual adecuado

Para elegir el modelo conceptual más apropiado para tu investigación:

1. Identifica los modelos utilizados en estudios similares recientes
2. Evalúa la capacidad de cada modelo para explicar las variables de tu estudio
3. Verifica la validez empírica del modelo en contextos similares al tuyo
4. Considera la posibilidad de integrar elementos de diferentes modelos
5. Asegúrate que el modelo seleccionado sea coherente con tu enfoque metodológico

La documentación de los modelos conceptuales debe incluir una descripción detallada de sus componentes, las relaciones entre ellos y los supuestos subyacentes. Es importante señalar tanto las fortalezas como las limitaciones de cada modelo, así como las razones por las cuales se considera apropiado para el estudio específico. Esta documentación completa permite a otros investigadores comprender y evaluar la base conceptual del trabajo [78].

El desarrollo de un modelo conceptual propio, cuando resulta necesario, debe seguir un proceso sistemático. Este proceso inicia con la identificación de los conceptos clave relacionados con el problema de investigación. Posteriormente, se establecen las relaciones entre estos conceptos, definiendo su naturaleza (causal, correlacional, jerárquica, etc.) y su dirección. Finalmente, se integran estos elementos en un modelo coherente, que debe ser validado teóricamente y, cuando sea posible, mediante datos empíricos preliminares.

La aplicación efectiva de un modelo conceptual trasciende su mera descripción en el marco teórico. El modelo debe guiar decisiones metodológicas como la definición de variables, el diseño de instrumentos y la selección de técnicas de análisis. Asimismo, debe proporcionar un marco para la interpretación de los resultados, facilitando la contrastación entre los hallazgos empíricos y las predicciones teóricas derivadas del modelo [103].

## 2.1.6 Actividad: Desarrollo del marco teórico

### Objetivo de la actividad

Elaborar el marco teórico del protocolo de investigación mediante la identificación y articulación de teorías, conceptos y modelos relevantes para el problema de estudio, estableciendo las relaciones entre estos elementos y su aplicación específica al proyecto.

El desarrollo del marco teórico representa una actividad fundamental en la preparación del protocolo de investigación. Esta tarea exige capacidad de análisis, síntesis y pensamiento crítico para construir un funda-

mento conceptual coherente y pertinente para el problema estudiado. A continuación, se presentan los pasos para realizar esta actividad de manera efectiva.

El primer paso consiste en elaborar un mapa conceptual preliminar que identifique las teorías, conceptos y modelos potencialmente relevantes para el problema de investigación. Este mapa debe visualizar las posibles conexiones entre estos elementos y servir como guía inicial para la búsqueda de información. Se recomienda utilizar herramientas digitales como CmapTools o MindMeister para crear estos mapas, facilitando su actualización conforme avanza la revisión bibliográfica.

El segundo paso implica realizar una búsqueda bibliográfica exhaustiva sobre las teorías y modelos identificados en el mapa conceptual. Esta búsqueda debe priorizar fuentes académicas de calidad, como libros especializados, artículos en revistas indexadas y tesis doctorales. La información recopilada debe organizarse sistemáticamente, registrando para cada fuente los datos bibliográficos completos, los conceptos clave y las relaciones con el problema de investigación [39].

La búsqueda de información debe apoyarse en bases de datos especializadas como IEEE Xplore, Scopus, Web of Science o Engineering Village. El uso de operadores booleanos y filtros avanzados permite refinar los resultados y localizar las fuentes más pertinentes. Se recomienda explorar tanto la literatura reciente (últimos cinco años) como las obras seminales que establecieron los fundamentos del campo de estudio.

#### Errores frecuentes en el desarrollo del marco teórico

Al elaborar tu marco teórico, evita estas prácticas:

- Convertirlo en un simple glosario de términos sin establecer conexiones teóricas
- Incluir excesiva información histórica sin relevancia directa para el problema
- Copiar marcos teóricos de otros estudios sin adaptarlos a tu investigación
- Presentar teorías contradictorias sin un análisis crítico de sus diferencias
- Desconectar el marco teórico de los objetivos e hipótesis de tu investigación

El tercer paso consiste en analizar críticamente la información recopilada, evaluando la validez y aplicabilidad de cada teoría o modelo en el contexto específico del estudio. Este análisis debe considerar aspectos como la vigencia de las teorías, su respaldo empírico, las limitaciones identificadas por otros autores y su capacidad para explicar el fenómeno estudiado. El resultado de este análisis permitirá seleccionar las teorías y modelos más pertinentes para construir el marco teórico [103].

La lectura analítica de las fuentes seleccionadas requiere técnicas específicas. Se recomienda realizar una primera lectura exploratoria para identificar la estructura y las ideas principales del texto. Posteriormente, se debe efectuar una lectura profunda, elaborando fichas de contenido que sintetizen la información relevante. Estas fichas deben incluir citas textuales importantes, paráfrasis de ideas clave y comentarios críticos del investigador. Las herramientas de gestión bibliográfica como Zotero o Mendeley facilitan la organización de estas fichas y su posterior integración en el documento.

El cuarto paso implica construir el esquema detallado del marco teórico, organizando los contenidos en una estructura lógica y coherente. Este esquema debe reflejar las relaciones entre conceptos y teorías, así como su conexión con el problema de investigación. Se recomienda organizar los contenidos de lo general a lo específico, presentando primero las teorías más amplias y avanzando gradualmente hacia los conceptos particulares relacionados con las variables del estudio.

### Estructura recomendada para el marco teórico

Una estructura efectiva para el marco teórico de un estudio sobre «sistemas de monitoreo estructural con sensores inalámbricos» podría incluir:

1. Teorías generales sobre monitoreo de salud estructural
2. Fundamentos de redes de sensores inalámbricos
3. Modelos de transmisión de datos en tiempo real
4. Algoritmos de detección de daños estructurales
5. Integración de sistemas de monitoreo con modelos de elementos finitos

Para un estudio sobre «procesamiento de señales ECG con aprendizaje profundo», la estructura podría ser:

1. Fundamentos de electrocardiografía clínica
2. Teoría de procesamiento digital de señales biomédicas
3. Modelos matemáticos para caracterización de señales ECG
4. Principios de aprendizaje profundo aplicado a señales temporales
5. Arquitecturas neuronales para clasificación de patrones cardíacos

Para una investigación sobre «seguridad en sistemas de Internet de las Cosas», se podría estructurar:

1. Arquitectura y principios de Internet de las Cosas (IoT)
2. Modelos de amenazas en sistemas conectados
3. Teorías de criptografía y autenticación para dispositivos con recursos limitados
4. Protocolos de comunicación segura en IoT
5. Marcos de evaluación de vulnerabilidades en sistemas IoT

El quinto paso consiste en redactar el borrador inicial del marco teórico, siguiendo el esquema elaborado previamente. La redacción debe ser clara, precisa y mantener un hilo conductor evidente entre las diferentes secciones. Cada concepto debe definirse con precisión y cada teoría debe describirse adecuadamente, destacando sus componentes principales y su relevancia para el estudio. Es fundamental establecer conexiones explícitas entre los elementos teóricos y su aplicación al problema específico de investigación [82].

La redacción del marco teórico debe adoptar un estilo académico, caracterizado por la precisión conceptual, la objetividad en la presentación de ideas y el uso adecuado de terminología especializada. Se recomienda utilizar oraciones y párrafos bien estructurados, evitando tanto la excesiva simplificación como la complejidad innecesaria. El texto debe fluir naturalmente, con transiciones claras entre secciones y subsecciones que faciliten la comprensión del contenido.

Finalmente, se debe revisar y refinar el borrador, verificando la coherencia interna, la precisión conceptual y la adecuada citación de fuentes. Esta revisión debe asegurar que el marco teórico proporciona una base sólida para el desarrollo metodológico del estudio y para la posterior interpretación de los resultados.

### Recomendaciones para un marco teórico efectivo

Para desarrollar un marco teórico que realmente aporte valor a tu investigación:

1. Conecta explícitamente cada teoría o concepto con tu problema de investigación
2. Mantén un balance entre profundidad y extensión, evitando la sobrecarga de información
3. Actualiza constantemente tu marco teórico a medida que avanza tu comprensión del tema
4. Integra perspectivas complementarias cuando sea pertinente para tu estudio
5. Construye un modelo teórico propio que sintetice las teorías revisadas y se adapte a tu problema específico

La extensión del marco teórico debe ser proporcional a la complejidad del problema investigado y a los requerimientos del protocolo. En general, para un protocolo de investigación de posgrado, el marco teórico podría ocupar entre 15 y 25 páginas, aunque esta extensión puede variar según los lineamientos institucionales específicos. Lo más importante no es la cantidad de páginas, sino la calidad y relevancia del contenido para fundamentar adecuadamente el estudio.

Para evaluar la calidad del marco teórico desarrollado, se pueden utilizar los siguientes criterios: relevancia (pertinencia de las teorías y conceptos para el problema específico), actualidad (incorporación de conocimientos recientes), profundidad (nivel de análisis de las teorías), coherencia (articulación lógica entre los elementos), integración (síntesis efectiva de diversas fuentes) y aplicabilidad (conexión con la metodología y los objetivos del estudio) [25].

Al finalizar esta actividad, el estudiante habrá desarrollado un marco teórico sólido que proporciona el

fundamento conceptual para su investigación, establece las definiciones operativas de los conceptos clave y articula las relaciones teóricas que guiarán el diseño metodológico del estudio.

## 2.2 Alcances y limitaciones

### 2.2.1 Definición del alcance del proyecto

#### Objetivo de la subsección

Desarrollar la capacidad para establecer límites claros y realistas para el proyecto de investigación, identificando los aspectos específicos que serán abordados y las dimensiones conceptuales, temporales, espaciales y metodológicas que definirán el estudio.

El alcance de un proyecto de investigación define su cobertura y profundidad, estableciendo con precisión qué se estudiará y hasta qué punto. Una delimitación adecuada del alcance previene la dispersión de esfuerzos y recursos, facilitando el desarrollo de un estudio coherente y viable. La definición del alcance debe considerar diversos elementos, incluyendo dimensiones conceptuales, temporales, espaciales y metodológicas [63].

La delimitación conceptual establece qué variables, fenómenos o relaciones específicas serán estudiados. Esta delimitación debe ser coherente con el problema de investigación y los objetivos planteados. Por ejemplo, en un estudio sobre eficiencia energética en edificaciones, la delimitación conceptual podría especificar que se analizarán aspectos térmicos y lumínicos, excluyendo consideraciones acústicas o de calidad del aire interior.

La definición del alcance conceptual requiere un análisis detallado del problema de investigación para identificar sus componentes esenciales. Este análisis permite distinguir entre aspectos centrales que deben incluirse en el estudio y elementos periféricos que pueden excluirse sin comprometer los objetivos. La precisión en esta delimitación es fundamental para mantener el enfoque de la investigación y evitar la dispersión en temas secundarios [86].

La delimitación temporal define el período durante el cual se desarrollará el estudio o el intervalo histórico que abarcará la investigación. Esta dimensión resulta particularmente relevante en estudios longitudinales o en aquellos que implican análisis de series históricas de datos. La delimitación temporal debe justificarse en función de los objetivos del estudio y de la disponibilidad de información.

En proyectos de ingeniería, la dimensión temporal puede referirse al período de recolección de datos, a la duración de pruebas experimentales o al horizonte de tiempo considerado en simulaciones o proyecciones. Esta delimitación debe ser realista, considerando tanto los requerimientos metodológicos como las restricciones prácticas relacionadas con plazos académicos, disponibilidad de recursos o acceso a instalaciones.

#### Ejemplos de delimitación en tres áreas de ingeniería

En ingeniería estructural: «Este estudio evaluará el comportamiento sísmico de edificios de concreto reforzado de mediana altura (4-10 pisos) construidos entre 2000 y 2020 en la zona metropolitana de la Ciudad de México, considerando únicamente su respuesta a sismos con aceleraciones horizontales, sin incluir efectos de torsión o comportamiento no lineal de materiales.»

En ingeniería biomédica: «La investigación se limitará al desarrollo de algoritmos para detección de arritmias ventriculares en señales ECG de 12 derivaciones obtenidas de pacientes adultos (18-65 años) sin marcapasos implantados. El estudio no abordará otras patologías cardíacas ni incluirá técnicas de monitoreo invasivo.»

En ingeniería en computación: «El sistema de reconocimiento facial propuesto será evaluado exclusivamente en condiciones de iluminación controlada (300-500 lux), con imágenes frontales de sujetos adultos sin accesorios faciales, utilizando únicamente técnicas basadas en redes neuronales convolucionales. No se abordarán casos de reconocimiento en condiciones adversas ni se implementarán métodos basados en geometría facial.»

La delimitación espacial o geográfica determina la región, localidad o entorno físico donde se desarrollará la investigación. Esta dimensión resulta especialmente importante en estudios de campo o en aquellos que analizan fenómenos con variabilidad geográfica significativa. La delimitación espacial debe considerar la accesibilidad de los lugares seleccionados y su representatividad respecto al problema estudiado [124].

En algunos casos, la delimitación espacial puede referirse a entornos virtuales o digitales, como en estudios sobre plataformas web, redes sociales o sistemas informáticos específicos. En otros casos, puede delimitar espacios físicos como laboratorios, instalaciones industriales o áreas urbanas. Esta delimitación debe describirse con precisión, especificando las características relevantes del entorno seleccionado.

La delimitación metodológica establece las técnicas, instrumentos y procedimientos que se utilizarán para obtener y analizar los datos. Esta dimensión define el enfoque metodológico general (cuantitativo, cualitativo o mixto) y las estrategias específicas para el abordaje del problema. Por ejemplo, un estudio sobre usabilidad de interfaces podría delimitar metodológicamente que utilizará pruebas con usuarios y evaluación heurística, excluyendo análisis de eye-tracking o electroencefalografía.

La definición del alcance metodológico implica especificar no solo las técnicas que se emplearán, sino también aquellas que se excluirán deliberadamente. Esta exclusión debe justificarse en función de los objetivos del estudio, las características del problema investigado y las restricciones prácticas existentes. La claridad en esta delimitación facilita la evaluación de la pertinencia y suficiencia de la metodología propuesta [88].

#### Errores comunes en la definición del alcance

Al establecer el alcance de tu investigación, evita:

- Definir un alcance demasiado amplio que resulte inabarcable con los recursos disponibles
- Establecer límites ambiguos que generen confusión sobre qué está incluido en el estudio
- Omitir alguna de las dimensiones clave (conceptual, temporal, espacial o metodológica)
- Definir el alcance de forma inconsistente con los objetivos planteados
- Modificar el alcance durante el desarrollo sin documentar y justificar los cambios

La definición del alcance debe considerar también los recursos disponibles para la investigación. Estos recursos incluyen tiempo, presupuesto, equipamiento, acceso a información y capacidades técnicas del investigador o equipo de trabajo. Un alcance realista debe ser factible con los recursos existentes, evitando planteamientos ambiciosos que excedan las posibilidades prácticas de implementación.

La relación entre el alcance y los objetivos de investigación debe ser de absoluta coherencia. Cada elemento incluido en el alcance debe contribuir al logro de al menos uno de los objetivos, y cada objetivo debe estar cubierto por el alcance definido. Esta alineación garantiza que todos los esfuerzos y recursos se orienten efectivamente hacia los propósitos del estudio [116].

La documentación del alcance debe ser precisa y explícita, evitando ambigüedades que puedan generar confusión. Se recomienda utilizar un lenguaje directo y específico, empleando términos técnicos apropiados para el campo de estudio. El alcance debe presentarse como una sección coherente que delimite claramente las fronteras de la investigación en todas sus dimensiones relevantes [86].

Es importante recordar que la definición del alcance no solo establece lo que se incluirá en el estudio, sino también lo que se excluirá explícitamente. Esta exclusión deliberada debe justificarse adecuadamente para demostrar que no responde a omisiones arbitrarias, sino a decisiones metodológicas fundamentadas que contribuyen a la coherencia y viabilidad del proyecto.

#### Preguntas clave para definir el alcance

Para establecer un alcance claro y preciso, responde a estas preguntas:

1. ¿Qué aspectos específicos del problema estudiaré y cuáles no?
2. ¿Durante qué período se desarrollará la investigación?
3. ¿En qué entorno físico o virtual se realizará el estudio?

4. ¿Qué metodologías, técnicas e instrumentos utilizaré?
5. ¿Son coherentes estas delimitaciones con mis objetivos?
6. ¿Es factible este alcance con los recursos disponibles?
7. ¿Cómo afectarán estas delimitaciones a la validez y generalización de los resultados?

La delimitación adecuada del alcance contribuye significativamente a la calidad y viabilidad del proyecto de investigación. Un alcance bien definido orienta eficientemente los esfuerzos, optimiza el uso de recursos, facilita la gestión del tiempo y establece expectativas realistas sobre los resultados. Asimismo, permite evaluar con mayor precisión el avance del proyecto y gestionar adecuadamente los riesgos asociados a su desarrollo.

### 2.2.2 Identificación de limitaciones técnicas y prácticas

#### Objetivo de la subsección

Reconocer y documentar adecuadamente las restricciones técnicas, metodológicas y prácticas que condicionan el desarrollo de la investigación, evaluando su impacto potencial y estableciendo estrategias para mitigar sus efectos en los resultados del estudio.

Las limitaciones de una investigación son aquellas restricciones o condicionantes que influyen en el desarrollo del estudio y pueden afectar la validez, alcance o generalización de sus resultados. La identificación y documentación adecuada de estas limitaciones fortalece la transparencia metodológica y permite una valoración realista de los hallazgos. Contrario a lo que podría pensarse, reconocer explícitamente las limitaciones no debilita la investigación, sino que demuestra rigor científico y conciencia crítica por parte del investigador [13].

Las limitaciones técnicas se refieren a restricciones relacionadas con la tecnología, equipamiento, software o infraestructura disponible para la investigación. Estas limitaciones pueden afectar la precisión de las mediciones, la capacidad de procesamiento de datos o la implementación de determinados procedimientos. Por ejemplo, en un estudio sobre simulación de fluidos complejos, una limitación técnica podría ser la capacidad computacional disponible, que restringe el nivel de detalle o la escala de los modelos analizados.

La identificación de limitaciones técnicas requiere un análisis honesto de las capacidades y carencias del equipamiento e infraestructura accesibles para el estudio. Este análisis debe considerar aspectos como precisión de los instrumentos, capacidad de procesamiento, compatibilidad entre sistemas, obsolescencia tecnológica y confiabilidad de los equipos. La evaluación temprana de estas limitaciones permite ajustar el diseño metodológico para optimizar los recursos disponibles o buscar alternativas viables [99].

Las limitaciones metodológicas involucran restricciones relacionadas con los diseños, técnicas o procedimientos utilizados para recopilar y analizar datos. Estas limitaciones pueden afectar aspectos como la representatividad de la muestra, la validez de los instrumentos o la capacidad para establecer relaciones causales. La identificación de estas limitaciones permite contextualizar adecuadamente los resultados y evitar generalizaciones inapropiadas.

El reconocimiento de limitaciones metodológicas implica evaluar críticamente el diseño de investigación seleccionado, identificando sus fortalezas y debilidades inherentes. Por ejemplo, un estudio experimental de laboratorio puede tener alta validez interna pero limitada validez ecológica, mientras que un estudio observacional en entornos naturales puede ofrecer mayor realismo pero menor control sobre variables extrañas. La documentación de estas limitaciones debe indicar cómo podrían afectar a los resultados y qué precauciones deben tomarse en su interpretación [40].

Las limitaciones prácticas se relacionan con restricciones de recursos, tiempo, acceso a información o participantes, aspectos éticos o regulatorios que condicionan el desarrollo de la investigación. Estas limitaciones suelen ser externas al diseño metodológico pero igualmente influyentes en la ejecución del estudio. Por ejemplo, las restricciones presupuestarias pueden limitar el tamaño de la muestra o la duración del estudio, mientras

que las dificultades de acceso a determinados entornos pueden restringir el alcance de la investigación.

#### Ejemplos de limitaciones en proyectos de ingeniería

En ingeniería estructural: «Las pruebas de carga se limitarán a cargas estáticas debido a la falta de equipamiento para aplicar cargas dinámicas controladas. Los modelos numéricos utilizarán elementos tipo shell con integración reducida debido a las restricciones computacionales, lo que podría afectar la precisión en zonas de concentración de esfuerzos.»

En ingeniería biomédica: «La base de datos disponible contiene principalmente registros de pacientes masculinos (85 %), lo que limita la generalización de los resultados a la población femenina. La resolución temporal de los sensores utilizados (100 Hz) podría ser insuficiente para detectar eventos transitorios de alta frecuencia en las señales analizadas.»

En ingeniería en computación: «El entrenamiento del algoritmo de aprendizaje profundo se realizará con un máximo de 5000 iteraciones debido a limitaciones de tiempo de procesamiento disponible, lo que podría resultar en una convergencia subóptima. Las pruebas de usuario se limitarán a interacciones de laboratorio y no evaluarán el desempeño del sistema en condiciones reales de uso.»

La identificación de limitaciones debe ser específica y contextualizada al estudio particular, evitando mencionar restricciones genéricas aplicables a cualquier investigación. Cada limitación identificada debe describirse con precisión, explicando en qué consiste, cómo afecta al estudio y qué implicaciones tiene para la interpretación de los resultados. Esta descripción detallada permite a los lectores valorar adecuadamente el alcance y validez de las conclusiones.

Una práctica recomendable consiste en clasificar las limitaciones según su origen o naturaleza, distinguiendo entre aquellas inherentes al diseño metodológico, las derivadas de restricciones prácticas y las relacionadas con el contexto específico del estudio. Esta clasificación facilita su análisis y contribuye a una mejor comprensión de sus posibles efectos en la investigación.

#### Errores comunes al documentar limitaciones

Al identificar y documentar las limitaciones de tu investigación, evita:

- Omitir limitaciones evidentes por temor a que debiliten la percepción del trabajo
- Presentar como limitaciones aspectos que en realidad son delimitaciones intencionales
- Enumerar limitaciones genéricas sin explicar su relevancia específica para el estudio
- Sobredimensionar limitaciones menores como estrategia defensiva anticipada
- Ignorar el impacto potencial de las limitaciones en la interpretación de resultados

La documentación de limitaciones debe complementarse con estrategias para mitigar sus efectos cuando sea posible. Estas estrategias pueden incluir ajustes metodológicos, controles estadísticos, técnicas de validación cruzada, triangulación de datos o consideraciones especiales en el análisis e interpretación de resultados. La presentación de estas estrategias demuestra que, a pesar de las restricciones existentes, se han tomado medidas para maximizar la validez y confiabilidad del estudio [70].

Es importante distinguir entre limitaciones evitables e inevitables. Las primeras podrían superarse mediante cambios en el diseño o asignación adicional de recursos, mientras que las segundas son inherentes a la naturaleza del problema o al contexto de la investigación. Esta distinción resulta útil para evaluar la calidad metodológica del estudio y para orientar futuras investigaciones. Las limitaciones evitables identificadas durante la fase de planeación pueden abordarse mediante ajustes en el diseño, mientras que aquellas detectadas durante la ejecución suelen documentarse como lecciones aprendidas.



### Estrategias para mitigar limitaciones

Cuando identifiques limitaciones en tu investigación, considera estas estrategias para reducir su impacto:

1. Para limitaciones de muestra: Utiliza técnicas de muestreo estratificado o aplica correcciones estadísticas
2. Para restricciones de equipamiento: Calibra cuidadosamente los instrumentos y documenta márgenes de error
3. Para limitaciones temporales: Prioriza aspectos críticos y optimiza procedimientos
4. Para limitaciones de acceso a datos: Busca fuentes alternativas o complementarias
5. Para limitaciones metodológicas: Emplea triangulación de métodos cuando sea posible

La identificación de limitaciones no debe verse como un ejercicio pasivo de reconocimiento de restricciones, sino como un proceso activo que contribuye a la mejora continua de la investigación. Cada limitación identificada puede generar ajustes metodológicos, estimular el desarrollo de soluciones innovadoras o establecer direcciones para futuras investigaciones. Este enfoque proactivo transforma las limitaciones en oportunidades para el crecimiento científico y tecnológico.

La documentación de limitaciones en el protocolo de investigación debe ser honesta y detallada, pero también equilibrada. No se trata de enfatizar excesivamente las restricciones hasta el punto de socavar la validez del estudio, sino de presentarlas como condicionantes que han sido considerados en el diseño y que serán tomados en cuenta en la interpretación de los resultados. Este equilibrio fortalece la credibilidad del trabajo y demuestra madurez investigativa [13].

### 2.2.3 Actividad: Delimitación del alcance y limitaciones

#### Objetivo de la actividad

Desarrollar la sección de alcances y limitaciones del protocolo de investigación, estableciendo con precisión las fronteras conceptuales, metodológicas, temporales y espaciales del estudio, e identificando las restricciones que condicionarán su desarrollo.

La definición adecuada de alcances y limitaciones representa un aspecto determinante para la viabilidad y consistencia interna del protocolo de investigación. Esta actividad guiará el proceso de elaboración de esta sección, estableciendo los pasos necesarios para una delimitación efectiva del estudio.

El primer paso consiste en revisar y analizar los objetivos de investigación previamente establecidos. Los alcances deben ser coherentes con estos objetivos, asegurando que la delimitación propuesta permita alcanzar las metas planteadas. Esta revisión debe prestar especial atención a los verbos utilizados en los objetivos, pues estos indican el nivel de profundidad que se espera lograr en cada aspecto del estudio.

La coherencia entre objetivos y alcance constituye un requisito fundamental para la solidez metodológica del protocolo. Un objetivo que pretenda «evaluar» requerirá un alcance que permita la aplicación de criterios valorativos, mientras que uno orientado a «describir» precisará un alcance que facilite la caracterización detallada del fenómeno. Esta alineación garantiza que la delimitación del estudio sea congruente con sus propósitos fundamentales [116].

El segundo paso implica identificar las dimensiones relevantes para la delimitación del estudio. Dependiendo de la naturaleza de la investigación, estas dimensiones podrían incluir: conceptual (variables, constructos o fenómenos), temporal (período de estudio), espacial (ubicación geográfica o entorno), poblacional (sujetos o elementos de estudio) y metodológica (enfoques, técnicas e instrumentos). Para cada dimensión, se debe establecer con claridad qué se incluye y qué se excluye del alcance [88].

### Preguntas guía para delimitar el alcance

Para establecer claramente los límites de tu investigación, pregúntate:

1. ¿Qué variables o aspectos específicos del fenómeno estudiaré?
2. ¿Cuál es el período temporal que abarca mi estudio?
3. ¿En qué contexto geográfico o espacial se desarrollará la investigación?
4. ¿Qué población o tipos de elementos constituirán mi objeto de estudio?
5. ¿Qué enfoques metodológicos, técnicas e instrumentos utilizaré?
6. ¿Qué aspectos relacionados quedarán explícitamente fuera del estudio?

El tercer paso consiste en analizar sistemáticamente los recursos disponibles y las restricciones existentes para el desarrollo de la investigación. Este análisis debe considerar aspectos como presupuesto, tiempo, acceso a equipamiento e instalaciones, disponibilidad de datos, permisos y autorizaciones, entre otros. La comparación entre los requerimientos del estudio y los recursos disponibles permitirá identificar posibles limitaciones que deberán documentarse [70].

La evaluación de recursos debe ser exhaustiva y realista, considerando tanto los aspectos materiales como los intangibles. Los recursos materiales incluyen equipamiento, instalaciones, financiamiento y materiales diversos. Los recursos intangibles abarcan tiempo disponible, capacidades técnicas, acceso a información o participantes, apoyo institucional y asesoría especializada. La disponibilidad o carencia de estos recursos determinará en gran medida las limitaciones prácticas del estudio.

### Ejemplo de análisis de recursos y limitaciones

Para un proyecto de «monitoreo estructural con sensores inalámbricos»:

Recursos disponibles: - Presupuesto: \$50,000 MXN - Tiempo: 8 meses - Equipamiento: 20 sensores acelerómetros, 5 unidades de adquisición - Acceso: Permiso para instalar sensores en un edificio de 5 niveles

Limitaciones identificadas: - El presupuesto restringe el número de sensores a utilizar, limitando la resolución espacial del monitoreo - El período de monitoreo (3 meses) podría ser insuficiente para registrar eventos sísmicos significativos - La capacidad de transmisión inalámbrica se ve afectada por los muros de concreto del edificio - Los sensores disponibles tienen un rango de frecuencia limitado (0.1-100 Hz)

El cuarto paso implica redactar la sección de alcances y limitaciones siguiendo un formato estructurado y preciso. Para los alcances, se recomienda presentar primero una descripción general del ámbito de la investigación, seguida por la delimitación específica en cada dimensión relevante. Para las limitaciones, se sugiere organizarlas por categorías (técnicas, metodológicas, prácticas), describiendo cada restricción, su posible impacto y, cuando sea pertinente, las estrategias previstas para mitigar sus efectos [116].

La redacción de esta sección debe caracterizarse por su precisión y claridad, evitando ambigüedades o generalizaciones vagas. Se recomienda utilizar un lenguaje técnico apropiado para el campo de estudio, definiendo con exactitud los términos especializados cuando sea necesario. La estructura debe ser coherente, con transiciones lógicas entre las diferentes dimensiones del alcance y categorías de limitaciones.

### Inconsistencias comunes en alcances y limitaciones

Evita estas incongruencias frecuentes al elaborar esta sección:

- Alcance demasiado ambicioso en relación con los recursos documentados
- Objetivos que mencionan aspectos que luego se excluyen en la delimitación
- Metodología incompatible con el alcance declarado
- Limitaciones técnicas insuperables que imposibilitan lograr los objetivos
- Confusión entre delimitaciones intencionales y limitaciones involuntarias

El quinto paso consiste en revisar críticamente la sección elaborada, verificando su coherencia interna y su alineación con el resto del protocolo. Esta revisión debe garantizar que los alcances sean consistentes con los objetivos, el marco teórico y la metodología propuesta. Asimismo, debe asegurar que las limitaciones identificadas sean relevantes y estén documentadas con suficiente detalle para contextualizar adecuadamente los futuros resultados.

La revisión crítica puede beneficiarse significativamente de la retroalimentación externa. Compartir el borrador con colegas, asesores o especialistas en el área permite identificar inconsistencias, omisiones o ambigüedades que podrían pasar desapercibidas para el autor. Esta retroalimentación contribuye a refinar la delimitación del estudio y a fortalecer la presentación de sus limitaciones.

Para verificar la consistencia del alcance con otras secciones del protocolo, se sugiere elaborar una matriz de congruencia. Esta matriz debe relacionar explícitamente cada componente del alcance con los objetivos correspondientes, asegurando que todos los aspectos estén debidamente alineados. Asimismo, debe establecer la conexión entre las limitaciones identificadas y sus implicaciones para la interpretación de los resultados esperados [47].

#### Estructura sugerida para la sección de alcances y limitaciones

1. Alcance del estudio a. Descripción general del ámbito de la investigación b. Delimitación conceptual (variables, constructos, fenómenos) c. Delimitación temporal (período de investigación) d. Delimitación espacial (contexto geográfico o entorno) e. Delimitación metodológica (enfoques, técnicas, instrumentos)
2. Limitaciones del estudio a. Limitaciones técnicas (equipamiento, tecnología, infraestructura) b. Limitaciones metodológicas (diseño, técnicas, procedimientos) c. Limitaciones prácticas (recursos, tiempo, acceso) d. Estrategias para mitigar el impacto de las limitaciones

Al concluir esta actividad, el investigador habrá establecido con claridad las fronteras de su estudio y reconocido las restricciones que condicionarán su desarrollo. Esta definición precisa contribuirá significativamente a la viabilidad del proyecto y a la adecuada interpretación de sus resultados.

La calidad de la sección de alcances y limitaciones puede evaluarse mediante varios criterios: precisión (delimitación clara y específica), exhaustividad (consideración de todas las dimensiones relevantes), coherencia (alineación con objetivos y metodología), realismo (factibilidad con los recursos disponibles) y transparencia (reconocimiento honesto de las restricciones). Una sección que satisfaga estos criterios fortalecerá significativamente la solidez metodológica del protocolo [124].

## 2.3 Diseño metodológico

### 2.3.1 Tipos de metodologías en la investigación en ingeniería

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de:

- Identificar los diferentes tipos de metodologías aplicables a proyectos de ingeniería
- Seleccionar la metodología más adecuada según la naturaleza del problema de investigación
- Comprender las ventajas y limitaciones de cada enfoque metodológico

La selección de una metodología adecuada constituye uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de investigaciones en ingeniería. La metodología representa el camino sistemático que el investigador seguirá para alcanzar los objetivos planteados y verificar la hipótesis o cumplir la meta de ingeniería propuesta.

Las investigaciones en el campo de la ingeniería se caracterizan por su diversidad y complejidad, lo que requiere diferentes enfoques metodológicos adaptados a la naturaleza específica de cada problema. A continuación se

presentan los principales tipos de metodologías utilizadas en este ámbito.

La metodología experimental se centra en la manipulación controlada de variables para establecer relaciones causa-efecto. En este enfoque, el investigador modifica deliberadamente una o más variables independientes para observar y medir su efecto sobre variables dependientes, mientras mantiene controladas otras variables que podrían influir en los resultados. El control riguroso de las condiciones experimentales permite obtener datos con alta validez interna.

#### Aplicación del método experimental

En ingeniería estructural, un investigador podría diseñar un experimento para evaluar la resistencia a la flexión de un nuevo compuesto de concreto reforzado con fibras. Para esto, prepara varias muestras con diferentes concentraciones de fibras, las somete a cargas controladas mediante una máquina universal y registra el punto de ruptura. El análisis posterior de los datos permite determinar la concentración óptima para maximizar la resistencia del material.

La metodología de simulación computacional permite modelar sistemas complejos y predecir su comportamiento bajo diferentes escenarios sin necesidad de implementarlos físicamente. Este enfoque resulta especialmente útil cuando los experimentos físicos son costosos, peligrosos o técnicamente imposibles de realizar. La simulación se basa en modelos matemáticos que representan el sistema estudiado y se ejecutan mediante software especializado.

#### Errores comunes en simulaciones

Al realizar simulaciones computacionales, se debe tener cuidado con:

- Asumir que el modelo virtual representa perfectamente la realidad
- Omitir la validación del modelo con datos experimentales
- Ignorar el análisis de sensibilidad de los parámetros
- Extraer conclusiones más allá del rango de validez del modelo

La metodología de diseño e implementación se enfoca en el desarrollo de soluciones tecnológicas para problemas específicos. Esta metodología sigue un proceso iterativo que abarca desde la identificación de requerimientos hasta la evaluación del producto final. Se caracteriza por ciclos de diseño, implementación, prueba y refinamiento. El producto resultante puede ser un dispositivo físico, un sistema informático o un proceso optimizado.

#### Ejemplo de metodología de diseño

En ingeniería biomédica, un equipo investigador desarrolla un sistema para monitoreo continuo de señales bioeléctricas en pacientes con arritmias cardíacas. La metodología incluye: análisis de requerimientos con especialistas médicos, diseño de circuitos de adquisición de señales, desarrollo de algoritmos de procesamiento, implementación del prototipo, pruebas con señales simuladas, refinamiento del sistema y finalmente validación clínica con casos reales.

La metodología analítica se basa en la formulación matemática de fenómenos físicos y la resolución de estas ecuaciones para predecir el comportamiento del sistema estudiado. Este enfoque permite obtener soluciones exactas o aproximadas para problemas bien definidos. Se apoya en herramientas matemáticas como ecuaciones diferenciales, álgebra lineal, métodos numéricos y teoría de probabilidad.

Las metodologías de investigación cualitativa también tienen cabida en ingeniería, especialmente cuando se estudian aspectos relacionados con la interacción humano-tecnología o la implementación de soluciones en contextos sociales complejos. Estas metodologías involucran técnicas como entrevistas, observación participante y análisis de casos, proporcionando información valiosa sobre aspectos difíciles de cuantificar.

### Investigación cualitativa en ingeniería

En ingeniería en computación, un investigador estudia la experiencia de usuario en sistemas de comercio electrónico mediante entrevistas semiestructuradas y pruebas de usabilidad. Los datos cualitativos obtenidos revelan patrones de comportamiento y frustraciones de los usuarios que no serían evidentes a través de métricas cuantitativas, permitiendo mejorar el diseño de la interfaz.

La metodología mixta combina enfoques cuantitativos y cualitativos para abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas. Esta integración metodológica permite obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado. Por ejemplo, se pueden utilizar métodos cuantitativos para medir el rendimiento técnico de un sistema y métodos cualitativos para evaluar su aceptación por parte de los usuarios [25].

La metodología de investigación-acción se orienta a resolver problemas prácticos mientras se genera conocimiento teórico. Este enfoque iterativo implica ciclos de planificación, acción, observación y reflexión, con la participación activa de los involucrados en el problema. Resulta especialmente valiosa para proyectos de ingeniería con impacto social directo.

### Consideraciones éticas

Al seleccionar la metodología de investigación, se debe reflexionar sobre:

- El impacto ambiental de las pruebas experimentales
- La confidencialidad de los datos cuando participan personas
- La gestión responsable de recursos limitados
- Los posibles riesgos asociados a la implementación de prototipos

La selección de la metodología más adecuada depende de diversos factores como la naturaleza del problema, los recursos disponibles, las limitaciones técnicas y el alcance del proyecto. En muchos casos, se adoptan enfoques híbridos que combinan elementos de diferentes metodologías para abordar la complejidad inherente a los problemas de ingeniería.

La tendencia actual en investigación de ingeniería apunta hacia metodologías más integradoras, colaborativas y orientadas a la sostenibilidad. Los enfoques interdisciplinarios ganan relevancia al permitir abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas, enriqueciendo tanto el proceso de investigación como sus resultados [21].

### Selección metodológica

Para elegir la metodología más adecuada para tu proyecto:

- Analiza la naturaleza del problema (teórico, práctico, social)
- Considera los recursos disponibles (equipos, software, tiempo)
- Evalúa tus fortalezas y experiencia en diferentes métodos
- Consulta investigaciones similares y sus enfoques metodológicos
- Reflexiona sobre la forma más directa de responder tu pregunta de investigación

## 2.3.2 Componentes de la metodología

### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de:

- Identificar los elementos esenciales que conforman una metodología de investigación
- Estructurar adecuadamente cada componente para formar un diseño metodológico coherente

- Comprender la interrelación entre los distintos elementos metodológicos

Una metodología de investigación bien estructurada constituye el esqueleto que sostiene todo proyecto científico en ingeniería. Más allá de la simple elección de un enfoque metodológico general, resulta fundamental comprender y articular de manera coherente los diversos componentes que integran el diseño metodológico. Estos elementos se relacionan entre sí de forma lógica y secuencial, garantizando que el camino para resolver el problema de investigación sea sistemático y verificable.

El primer componente fundamental de toda metodología es la definición del enfoque de investigación. Este puede ser cuantitativo, cualitativo o mixto, según la naturaleza del problema y los objetivos planteados. El enfoque cuantitativo se orienta hacia la medición numérica y el análisis estadístico, mientras que el cualitativo profundiza en la comprensión de fenómenos a través de la interpretación. La selección del enfoque determina en gran medida las decisiones metodológicas subsecuentes y debe alinearse con la pregunta de investigación [68].

#### Determinación del enfoque

En un proyecto de ingeniería estructural sobre el comportamiento sísmico de edificios altos, el enfoque cuantitativo resulta apropiado al medir desplazamientos y aceleraciones mediante sensores y analizar estos datos numéricamente. En contraste, un estudio en ingeniería biomédica sobre la experiencia de usuarios con prótesis de miembros superiores podría beneficiarse de un enfoque cualitativo, empleando entrevistas en profundidad para comprender aspectos como comodidad, adaptabilidad y percepción estética.

El diseño de investigación constituye otro componente esencial, definiendo el plan operativo para responder a las preguntas planteadas. Los diseños experimentales buscan establecer relaciones causales manipulando variables, los no experimentales observan fenómenos sin intervención directa, mientras que los longitudinales analizan cambios a través del tiempo. La elección del diseño debe considerar aspectos como validez interna y externa, confiabilidad y factibilidad técnica [131].

La población y muestra representan componentes críticos que delimitan el alcance del estudio. La población comprende todos los casos que cumplen con criterios específicos de inclusión, mientras que la muestra constituye un subconjunto representativo de esa población. En ingeniería, estos términos pueden referirse a dispositivos, materiales, sistemas o incluso usuarios. Las técnicas de muestreo, ya sean probabilísticas o no probabilísticas, deben seleccionarse según los objetivos de investigación y las limitaciones prácticas.

#### Errores en el muestreo

Al definir la población y muestra en tu investigación, evita:

- Seleccionar muestras demasiado pequeñas que comprometan la validez estadística
- Utilizar muestras sesgadas que no representen adecuadamente la población
- Omitir la justificación del tamaño muestral mediante cálculos apropiados
- Generalizar resultados más allá de la población representada por la muestra

Las variables e indicadores configuran elementos que requieren una definición precisa. Las variables representan las características o propiedades que se medirán, mientras que los indicadores constituyen las manifestaciones observables de dichas variables. La operacionalización de variables, proceso mediante el cual se definen conceptual y operacionalmente estos elementos, resulta indispensable para garantizar mediciones válidas y confiables.

### Operacionalización de variables

En un proyecto de ingeniería en computación sobre eficiencia energética en centros de datos, la variable «consumo energético» podría operacionalizarse mediante indicadores como: watts consumidos por servidor, relación entre energía utilizada y trabajo computacional realizado (PUE), y temperatura de operación del sistema. Cada indicador requiere instrumentos específicos para su medición, como medidores de potencia, software de monitoreo térmico y contadores de rendimiento.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos conforman el componente metodológico que define cómo se obtendrá la información necesaria. Estas técnicas abarcan desde mediciones directas mediante instrumentación especializada hasta encuestas, observaciones o análisis documental. Los instrumentos deben seleccionarse por su precisión, confiabilidad y adecuación a las variables estudiadas. En ingeniería, la calibración y validación de instrumentos cobra especial relevancia para garantizar mediciones exactas.

Los procedimientos experimentales o de campo detallan la secuencia de acciones que se ejecutarán para obtener los datos. Este componente debe describirse con suficiente detalle para permitir la replicabilidad del estudio. Se incluyen aspectos como condiciones ambientales, protocolos de medición, intervalos de muestreo y control de variables extrañas. La documentación rigurosa de estos procedimientos constituye una práctica fundamental del método científico.

### Descripciones procedimentales

Para redactar procedimientos claros y replicables:

- Utiliza diagramas de flujo para representar secuencias complejas
- Especifica condiciones ambientales (temperatura, humedad, presión)
- Detalla parámetros de configuración de equipos e instrumentos
- Incluye fotografías o ilustraciones de montajes experimentales
- Define claramente los criterios para determinar valores atípicos

Las técnicas de análisis de datos especifican cómo se procesará la información recolectada para obtener resultados interpretables. En enfoques cuantitativos, incluyen métodos estadísticos descriptivos e inferenciales, mientras que en aproximaciones cualitativas comprenden técnicas como análisis de contenido o teoría fundamentada. Las herramientas computacionales utilizadas para este análisis también deben especificarse, incluyendo software especializado y sus versiones.

### Análisis de datos en ingeniería

En un estudio de ingeniería estructural sobre fatiga de materiales compuestos, el análisis podría incluir pruebas estadísticas ANOVA para comparar el comportamiento de diferentes formulaciones, análisis de regresión para modelar la relación entre ciclos de carga y deformación, y técnicas de análisis de varianza para evaluar la influencia de factores ambientales. El investigador especificaría el uso de software como MATLAB R2023a para el procesamiento de señales y R 4.2.0 para los análisis estadísticos.

Las consideraciones éticas constituyen un componente metodológico frecuentemente subestimado pero fundamental. En ingeniería, abarcan aspectos como la seguridad en procedimientos experimentales, el manejo responsable de datos sensibles, la protección del medio ambiente y la transparencia en la comunicación de resultados. Todo proyecto de investigación debe explicitar cómo abordará estas cuestiones éticas, especialmente cuando involucra participantes humanos o puede generar impactos ambientales [59].

### ⚠ Aspectos éticos esenciales

No olvides incluir en tu metodología:

- Procedimientos para obtener consentimiento informado cuando corresponda



- Medidas para garantizar la confidencialidad de datos sensibles
- Protocolos de seguridad para procedimientos potencialmente riesgosos
- Estrategias para minimizar impactos ambientales negativos

El cronograma de actividades, aunque a menudo se presenta como un elemento separado del protocolo, constituye un componente metodológico que planifica temporalmente el desarrollo de la investigación. La secuenciación lógica de actividades, la asignación realista de tiempos y la identificación de hitos y productos intermedios permiten gestionar eficientemente el proyecto y monitorear su avance.

La integración coherente de todos estos componentes resulta esencial para construir una metodología sólida. Los elementos no deben considerarse de forma aislada sino como partes interrelacionadas de un sistema metodológico. La consistencia interna entre estos componentes fortalece la validez científica del estudio y facilita tanto su implementación como la posterior comunicación de resultados .

### 2.3.3 Selección de métodos según el tipo de investigación

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de:

- Identificar los métodos más adecuados para diferentes tipos de investigación en ingeniería
- Evaluar la compatibilidad entre métodos específicos y objetivos de investigación
- Comprender los criterios para combinar diversos métodos en diseños metodológicos integrados

La selección apropiada de métodos constituye una decisión estratégica determinante para el éxito de cualquier investigación en ingeniería. Esta elección no debe realizarse de manera arbitraria sino fundamentarse en la naturaleza del problema, los objetivos planteados y el tipo de investigación que se pretende desarrollar. La alineación coherente entre estos elementos incrementa significativamente las probabilidades de obtener resultados válidos y útiles.

Las investigaciones exploratorias se caracterizan por abordar problemas poco estudiados o desde perspectivas novedosas. En estos casos, los métodos deben permitir la familiarización con fenómenos relativamente desconocidos y la identificación de variables relevantes o patrones emergentes. Los estudios de caso, las entrevistas en profundidad y la observación directa resultan particularmente valiosos en esta etapa. También se emplean técnicas de análisis documental para revisar exhaustivamente la literatura existente, identificando brechas que justifiquen el carácter exploratorio del estudio .

#### Métodos para investigación exploratoria

En ingeniería biomédica, un investigador interesado en comprender los factores que afectan la biocompatibilidad de nuevos materiales para implantes podría comenzar con un estudio exploratorio. Este incluiría revisión sistemática de literatura, entrevistas con especialistas médicos, análisis de casos clínicos documentados y observación directa de procedimientos quirúrgicos. Estos métodos permitirían identificar variables críticas para posteriormente diseñar estudios más específicos y controlados.

Las investigaciones descriptivas buscan caracterizar fenómenos, procesos o sistemas, especificando sus propiedades y comportamientos significativos. Para este tipo de estudios, los métodos deben permitir mediciones precisas y sistematizadas. Las encuestas estructuradas, los protocolos de observación sistemática y los análisis instrumentales constituyen opciones metodológicas apropiadas. La selección de instrumentos con adecuadas propiedades psicométricas resulta particularmente importante para garantizar la validez y confiabilidad de las descripciones realizadas [48].

En el caso de las investigaciones correlacionales, orientadas a establecer relaciones entre variables sin necesariamente determinar causalidad, se requieren métodos que permitan cuantificar la fuerza y dirección de

dichas asociaciones. Los diseños observacionales con análisis estadísticos de correlación y regresión, los estudios transversales con muestreos representativos y las técnicas de análisis multivariado resultan especialmente útiles. La correcta identificación y control de variables confusoras representa un aspecto metodológico crítico en estos estudios .

### **A Limitaciones metodológicas en estudios correlacionales**

Al seleccionar métodos para investigaciones correlacionales, ten presente que:

- La correlación no implica causalidad, independientemente del método empleado
- La existencia de variables no consideradas puede explicar correlaciones aparentes
- El tamaño muestral inadecuado puede generar correlaciones espurias o no detectar las existentes
- Las técnicas estadísticas tienen supuestos matemáticos que deben verificarse

Las investigaciones explicativas o causales pretenden determinar las causas de los fenómenos estudiados. Los métodos experimentales, con asignación aleatoria y control riguroso de condiciones, ofrecen la aproximación más robusta para establecer relaciones causales. En contextos donde la experimentación resulta inviable, los diseños cuasi-experimentales, los estudios longitudinales y los análisis de ecuaciones estructurales proporcionan alternativas metodológicas valiosas, aunque con limitaciones respecto a la inferencia causal .

### **Métodos para investigación causal**

En ingeniería civil, un investigador que estudia las causas del deterioro acelerado en estructuras de concreto expuestas a ambientes marinos podría implementar un diseño experimental con muestras idénticas sometidas a diferentes condiciones controladas (concentración salina, humedad, temperatura, ciclos de mojado-secado). Las mediciones periódicas de indicadores como resistencia a compresión, porosidad y penetración de cloruros permitirían establecer relaciones causales entre factores ambientales específicos y mecanismos de deterioro.

Las investigaciones aplicadas o de desarrollo tecnológico se enfocan en resolver problemas prácticos mediante la creación o mejora de dispositivos, sistemas o procesos. Los métodos de prototipado iterativo, el diseño basado en modelos y las pruebas de laboratorio resultan fundamentales. Las metodologías ágiles, originarias del desarrollo de software pero adaptables a diversos campos de ingeniería, proporcionan marcos metodológicos estructurados para este tipo de investigaciones. La validación funcional mediante casos de prueba y el análisis de rendimiento constituyen componentes metodológicos esenciales .

La creciente complejidad de los problemas de ingeniería contemporáneos ha impulsado la adopción de enfoques metodológicos mixtos, que combinan diversos métodos para obtener una comprensión más completa y robusta. Esta integración metodológica puede seguir distintas estrategias: secuencial (un método proporciona insumos para otro), concurrente (diferentes métodos se aplican simultáneamente) o anidada (un método se integra dentro del marco de otro). La selección entre estas estrategias debe fundamentarse en la naturaleza del problema y los objetivos específicos [26].

### **Integración metodológica efectiva**

Para combinar métodos diversos en tu investigación:

- Asegura que cada método responda a aspectos específicos de tus objetivos
- Establece protocolos claros para integrar datos provenientes de diferentes fuentes
- Considera las fortalezas y debilidades complementarias de los métodos seleccionados
- Planifica cuidadosamente la secuencia temporal si utilizas un diseño secuencial
- Documenta minuciosamente los procedimientos de triangulación metodológica

Para las investigaciones que involucran sistemas complejos, como redes neuronales artificiales, ecosistemas tecnológicos o infraestructuras críticas, los métodos de modelado y simulación adquieren particular relevancia. Estos permiten estudiar comportamientos emergentes y evaluar escenarios hipotéticos imposibles de

implementar en entornos reales. La selección apropiada del nivel de abstracción, la validación contra datos empíricos y el análisis de sensibilidad constituyen aspectos metodológicos determinantes [122].

#### Simulación en ingeniería computacional

En un proyecto de ingeniería computacional sobre optimización de tráfico urbano, el investigador podría emplear simulaciones multiagente para modelar el comportamiento de miles de vehículos interactuando en tiempo real. Los métodos incluirían la parametrización del modelo con datos reales de tráfico, la implementación de diferentes algoritmos de control semafórico, y la evaluación comparativa mediante métricas como tiempo promedio de viaje, consumo energético y emisiones contaminantes. La validación inicial con datos históricos garantizaría la representatividad del modelo antes de explorar escenarios hipotéticos.

El contexto específico de la investigación también influye decisivamente en la selección metodológica. Las investigaciones de campo, realizadas en entornos naturales, requieren métodos adaptados a condiciones no controladas, como instrumentación resistente a factores ambientales y protocolos de muestreo que consideren la variabilidad espacial. En contraste, las investigaciones de laboratorio permiten utilizar métodos con mayor control pero deben abordar cuidadosamente la generalización de resultados a entornos reales.

#### ! Contextualización metodológica

Al seleccionar métodos según el contexto, considera que:

- Los métodos ideales en condiciones de laboratorio pueden resultar impracticables en campo
- Las escalas espaciales y temporales del fenómeno estudiado condicionan las técnicas viables
- Los aspectos logísticos y presupuestarios limitan las opciones metodológicas
- La disponibilidad tecnológica en diferentes contextos geográficos puede restringir la elección

La disponibilidad de recursos tecnológicos y humanos representa otro factor determinante en la selección metodológica. El acceso a equipamiento especializado, software avanzado o personal con competencias específicas puede facilitar o restringir ciertas opciones. Sin embargo, esta realidad no debe comprometer el rigor científico; ante limitaciones significativas, resulta preferible ajustar los objetivos de investigación para mantener la factibilidad metodológica que comprometer la validez mediante métodos inadecuados.

La tendencia contemporánea hacia la ciencia abierta ha incorporado nuevas consideraciones en la selección metodológica. Los métodos que facilitan la reproducibilidad, mediante protocolos detallados y transparentes, el uso de herramientas de código abierto y la documentación exhaustiva de procedimientos adquieren preferencia creciente. Esta orientación favorece la acumulación de conocimiento científico verificable y la colaboración entre investigadores de distintas instituciones.

### 2.3.4 Actividad: Diseño de metodología para proyectos específicos

#### 📖 Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta actividad, serás capaz de:

- Diseñar una metodología completa y coherente para un proyecto de investigación específico
- Justificar la selección de métodos en función del tipo de investigación y sus objetivos
- Evaluar críticamente fortalezas y limitaciones de un diseño metodológico

El diseño de una metodología adecuada constituye un proceso iterativo que requiere reflexión crítica y toma de decisiones fundamentadas. Esta actividad propone un ejercicio práctico para aplicar los conocimientos adquiridos sobre tipos de metodologías y sus componentes, adaptándolos a proyectos específicos de investigación en ingeniería. El proceso de diseño metodológico representa una oportunidad para desarrollar habilidades

analíticas y de planificación esenciales para todo investigador.

La actividad se estructura en fases progresivas que guían al estudiante desde la identificación del problema hasta la elaboración detallada del diseño metodológico. La secuencia propuesta simula el proceso real que sigue un investigador al planificar un estudio, permitiendo así familiarizarse con las consideraciones prácticas que surgen durante esta etapa clave de la investigación.

La primera fase consiste en la selección de un problema de investigación relevante dentro del campo específico de ingeniería del estudiante. Este problema debe ser lo suficientemente complejo para requerir un abordaje metodológico riguroso, pero también acotado para permitir su tratamiento en el marco de un proyecto académico. Se recomienda elegir temáticas vinculadas a intereses personales o profesionales que motiven un compromiso genuino con el proceso .

#### Ejemplos de problemas de investigación

Para estudiantes de ingeniería estructural: «¿Cómo afecta la incorporación de nanopartículas de sílice a las propiedades mecánicas del concreto bajo condiciones de exposición a ciclos de congelamiento-descongelamiento?»

Para estudiantes de ingeniería biomédica: «¿Qué algoritmos de procesamiento de señales electromiográficas permiten una clasificación más precisa de movimientos complejos de mano para el control de prótesis mioeléctricas?»

Para estudiantes de ingeniería en computación: «¿Cómo optimizar la distribución de recursos computacionales en entornos de niebla (fog computing) para aplicaciones IoT con requisitos heterogéneos de latencia?»

Una vez identificado el problema, la segunda fase implica la formulación clara de los objetivos de investigación. Estos objetivos deben expresarse mediante verbos de acción específicos que reflejen el nivel cognitivo apropiado según la taxonomía de Bloom. Cada objetivo debe responder claramente a las preguntas: ¿qué se pretende lograr?, ¿mediante qué medios o aproximaciones? y ¿para qué propósito? La coherencia entre el problema planteado y los objetivos formulados resulta fundamental para orientar adecuadamente el diseño metodológico .

La tercera fase consiste en la caracterización del tipo de investigación más apropiado para abordar el problema seleccionado. Se debe determinar si la investigación será principalmente exploratoria, descriptiva, correlacional, explicativa o aplicada, o si combinará elementos de varios tipos. Esta clasificación inicial proporciona el marco conceptual para las decisiones metodológicas subsiguientes, permitiendo focalizar los esfuerzos en las aproximaciones más pertinentes.

#### Errores comunes en la caracterización

Al definir el tipo de investigación, evita:

- Pretender alcanzar conclusiones causales definitivas con metodologías puramente descriptivas
- Clasificar como exploratoria una investigación sobre fenómenos ampliamente estudiados
- Ignorar la naturaleza acumulativa del conocimiento científico y las investigaciones previas
- Seleccionar un tipo de investigación por preferencia personal sin considerar la naturaleza del problema

La cuarta fase aborda la selección justificada de métodos específicos, considerando su adecuación al tipo de investigación previamente definido. Esta selección debe contemplar métodos para cada componente clave: recolección de datos, procesamiento, análisis e interpretación. Para cada método seleccionado, se debe proporcionar una justificación explícita que vincule sus características con los requerimientos del estudio y evalúe sus fortalezas y limitaciones en el contexto específico de la investigación propuesta .

### Justificación metodológica robusta

Para fundamentar sólidamente tu selección de métodos:

- Identifica investigaciones similares y analiza críticamente sus aproximaciones metodológicas
- Contrasta diferentes opciones metodológicas evaluando sus ventajas comparativas
- Considera la disponibilidad real de recursos necesarios para implementar cada método
- Explicita cómo cada método contribuye específicamente a responder las preguntas de investigación
- Reconoce abiertamente las limitaciones de los métodos elegidos y propón estrategias para mitigarlas

La quinta fase implica la elaboración detallada de los instrumentos y protocolos necesarios para la implementación de los métodos seleccionados. Esto incluye el diseño de hojas de recolección de datos, cuestionarios, guías de entrevista, protocolos experimentales o fichas de observación, según corresponda. Estos instrumentos deben presentarse como anexos del diseño metodológico, con las aclaraciones pertinentes sobre su forma de aplicación y procesamiento posterior.

### Componentes de un protocolo experimental

Para un estudio en ingeniería biomédica sobre el procesamiento de señales de EEG para interfaces cerebro-computadora, el protocolo experimental debería incluir: especificaciones del hardware de adquisición (número de canales, frecuencia de muestreo, filtros), posicionamiento preciso de electrodos según sistema internacional 10-20, instrucciones detalladas para los sujetos sobre las tareas mentales a realizar, duración y secuencia de los períodos de registro, y procedimientos para manejo de artefactos como parpadeos o movimientos musculares.

La sexta fase consiste en la integración de los diferentes componentes metodológicos en un diseño coherente y viable. Se debe prestar especial atención a la articulación lógica entre los métodos, garantizando que sus outputs e inputs sean compatibles y que la secuencia temporal de actividades resulte factible. Esta integración debe plasmarse en un diagrama de flujo metodológico que permita visualizar la estructura general del diseño y las interrelaciones entre sus componentes.

La fase final de la actividad propone una evaluación crítica del diseño metodológico elaborado. Los estudiantes deben identificar posibles debilidades, limitaciones o riesgos que podrían afectar la validez o factibilidad del estudio, y proponer estrategias para mitigarlos. Esta reflexión autocrítica desarrolla capacidades metacognitivas esenciales para el perfeccionamiento continuo como investigador y prepara para la defensa del diseño metodológico ante evaluadores externos.

Para la presentación del diseño metodológico, se debe elaborar un documento técnico que incluya todos los elementos desarrollados en las fases anteriores, utilizando un formato académico apropiado. Este documento debe caracterizarse por su precisión técnica, coherencia interna y justificación fundamentada de las decisiones metodológicas. La calidad de la presentación constituye un aspecto relevante, pues refleja la capacidad de comunicación científica del investigador.

### Consideraciones para la presentación

Al redactar tu diseño metodológico, presta atención a:

- La consistencia terminológica a lo largo de todo el documento
- La precisión en la descripción de procedimientos, evitando ambigüedades
- El balance entre exhaustividad y concisión, priorizando la claridad
- La correcta citación de fuentes metodológicas que respaldan tus decisiones

La actividad se desarrollará en modalidad individual, con sesiones de retroalimentación por pares que permitan el intercambio constructivo de perspectivas y sugerencias. Esta dinámica enriquece el proceso de aprendizaje.

dizaje mediante la exposición a diferentes aproximaciones y fomenta habilidades de evaluación crítica. Las revisiones por pares seguirán una rúbrica estructurada que guiará la atención hacia los aspectos metodológicos fundamentales que deben evaluarse.

El tiempo asignado para completar la actividad es de dos semanas, con entregas parciales programadas para facilitar la retroalimentación oportuna y permitir ajustes progresivos. Este cronograma considera la complejidad del proceso de diseño metodológico y la necesidad de períodos de reflexión entre las diferentes fases de desarrollo.

La evaluación del producto final considerará criterios como la coherencia interna del diseño, la justificación fundamentada de las decisiones metodológicas, la viabilidad técnica de la propuesta, la previsión de posibles limitaciones y la calidad de la presentación. Se valorará especialmente la capacidad para adaptar principios metodológicos generales a las particularidades del problema de investigación seleccionado.

## 2.4 Gestión bibliográfica con Zotero

### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, serás capaz de:

- Instalar y configurar Zotero para la gestión eficiente de referencias bibliográficas
- Recopilar y organizar sistemáticamente fuentes académicas para tu investigación
- Generar citas y bibliografías en diferentes formatos dentro de procesadores de texto
- Implementar estrategias de colaboración bibliográfica en proyectos de investigación

El manejo eficiente de las referencias bibliográficas constituye una competencia fundamental para todo investigador en ingeniería. La capacidad para localizar, organizar, citar y compartir fuentes académicas de manera sistemática no solo incrementa la productividad durante el proceso de investigación, sino que también garantiza el rigor académico y la integridad científica del trabajo resultante. En este contexto, los gestores bibliográficos como Zotero representan herramientas indispensables en el flujo de trabajo científico contemporáneo.

Zotero se ha posicionado como uno de los gestores bibliográficos más utilizados en el ámbito académico gracias a su naturaleza gratuita y de código abierto, su interfaz intuitiva y su amplia funcionalidad. Desarrollado inicialmente como una extensión para navegadores web, ha evolucionado hacia una aplicación independiente con capacidades avanzadas de integración, sincronización y colaboración. Su diseño facilita la recopilación, organización, citación y compartición de todo tipo de material bibliográfico, desde artículos científicos hasta recursos audiovisuales.

### Ventajas de Zotero frente a otros gestores

Zotero ofrece ventajas distintivas que lo hacen particularmente adecuado para estudiantes de ingeniería. Su capacidad para extraer metadatos automáticamente de páginas web técnicas como IEEE Xplore y arXiv facilita la recopilación de artículos especializados. La posibilidad de almacenar y anotar archivos PDF permite trabajar con diagramas y ecuaciones frecuentes en textos de ingeniería. Su interfaz simplificada reduce la curva de aprendizaje inicial, mientras que sus complementos especializados permiten adaptar su funcionalidad a necesidades específicas como la gestión de patentes o datasets.

La instalación de Zotero constituye el primer paso para implementar un sistema efectivo de gestión bibliográfica. El software está disponible para los principales sistemas operativos (Windows, macOS y Linux) a través del sitio oficial ([www.zotero.org](http://www.zotero.org)). El proceso de instalación incluye dos componentes fundamentales: la aplicación de escritorio, que funciona como repositorio central de referencias, y el conector para navegadores, que permite capturar información bibliográfica directamente desde sitios web. Para maximizar su funcionalidad, se recomienda también instalar el complemento para procesadores de texto, que facilita la inserción de citas

durante la redacción [9].

### Problemas comunes de instalación

Durante la instalación de Zotero, presta atención a estos aspectos:

- Verifica que tu versión del sistema operativo sea compatible con la versión más reciente de Zotero
- Asegúrate de tener permisos de administrador si la instalación lo requiere
- Comprueba la correcta instalación del conector en cada navegador que utilices
- Reinicia el procesador de texto después de instalar el complemento correspondiente

La configuración inicial de Zotero merece especial atención para optimizar su funcionamiento. Es recomendable crear una cuenta gratuita en el sitio oficial para habilitar la sincronización entre dispositivos. Las preferencias de almacenamiento deben ajustarse considerando el espacio disponible y el volumen esperado de archivos adjuntos. Los estilos de citación relevantes para ingeniería, como IEEE, APA o Vancouver, deben instalarse desde el repositorio de estilos. Asimismo, la configuración de las opciones de extracción automática de metadatos y de los directorios de almacenamiento garantiza un flujo de trabajo eficiente desde el inicio.

La recopilación sistemática de fuentes bibliográficas constituye una de las funcionalidades más potentes de Zotero. La herramienta ofrece múltiples métodos para incorporar referencias: captura automática desde páginas web mediante el conector del navegador; importación de archivos bibliográficos en formatos estándar como BibTeX, RIS o EndNote; adición manual de entradas para fuentes no digitales; y recuperación automática de metadatos a partir de identificadores como DOI, ISBN o PMID. Esta versatilidad permite adaptar el proceso de recopilación a los diversos tipos de fuentes utilizadas en investigación ingenieril.

### Recopilación desde bases de datos especializadas

Para proyectos en ingeniería estructural, Zotero simplifica la extracción bibliográfica desde la base de datos Scopus. Al visualizar resultados de búsqueda relacionados con «materiales compuestos para refuerzo sísmico», el icono del conector detecta automáticamente múltiples referencias. Al seleccionar las más relevantes, Zotero no solo captura los metadatos bibliográficos sino también, cuando están disponibles, los archivos PDF asociados, incorporando así tanto la referencia como el documento completo a la biblioteca personal con un solo clic.

La organización eficiente de la biblioteca bibliográfica resulta crucial cuando la cantidad de referencias aumenta significativamente durante el desarrollo de la investigación. Zotero ofrece diversas herramientas organizativas: colecciones y subcolecciones para agrupar referencias temáticamente; etiquetas para clasificación multidimensional; búsqueda avanzada con operadores booleanos; y colecciones inteligentes basadas en criterios predefinidos. La implementación de una estructura organizativa coherente desde las fases iniciales del proyecto facilita enormemente la localización y utilización posterior de las fuentes recopiladas [9].

### Estrategia organizativa eficiente

Para organizar efectivamente tu biblioteca en Zotero:

- Diseña una estructura jerárquica de colecciones que refleje las secciones de tu investigación
- Establece un sistema consistente de etiquetas para clasificar por tipo de documento, metodología o relevancia
- Utiliza colecciones inteligentes para identificar automáticamente referencias sin PDF o con metadatos incompletos
- Implementa un formato estándar para los nombres de archivos adjuntos que incluya autor y año
- Revisa periódicamente la consistencia de tu sistema organizativo y ajústalo según evoluciona tu investigación

La anotación y análisis de documentos dentro del entorno Zotero potencia significativamente el procesamiento intelectual de las fuentes bibliográficas. El lector PDF integrado permite subrayar pasajes relevantes, añadir



comentarios e incluso extraer anotaciones como notas independientes. Esta funcionalidad facilita la síntesis de información durante la revisión de literatura, permitiendo vincular directamente las anotaciones con las citas correspondientes durante la fase de redacción. Para textos técnicos en ingeniería, esta capacidad resulta particularmente valiosa al trabajar con ecuaciones, diagramas o datos experimentales [36].

La generación de citas y bibliografías representa una de las funcionalidades más utilizadas de Zotero. Mediante los complementos para procesadores de texto como Microsoft Word, LibreOffice o Google Docs, el investigador puede insertar citas en el formato requerido mientras redacta, sin interrumpir el flujo de escritura. El sistema permite seleccionar entre miles de estilos bibliográficos y modificar dinámicamente el formato de todas las citas con un solo clic. Adicionalmente, Zotero puede generar bibliografías independientes y exportarlas en diversos formatos, facilitando su integración en diferentes tipos de documentos académicos .

#### Errores comunes en citación

Al utilizar Zotero para generar citas y bibliografías, ten cuidado con:

- No verificar la exactitud de los metadatos capturados automáticamente
- Mezclar estilos de citación diferentes dentro del mismo documento
- Olvidar actualizar la bibliografía después de añadir o eliminar citas
- Manipular manualmente las citas insertadas, lo que puede causar errores de sincronización

La sincronización y respaldo de la biblioteca bibliográfica constituye un aspecto crítico para garantizar la seguridad de la información recopilada. Zotero ofrece sincronización automática de metadatos bibliográficos a través de sus servidores gratuitos y opciones para sincronizar archivos adjuntos mediante servicios de almacenamiento en la nube. Se recomienda implementar estrategias complementarias de respaldo, como exportaciones periódicas de la biblioteca completa en formatos estándar y copias de seguridad locales de la carpeta de datos. Estas prácticas previenen pérdidas de información potencialmente devastadoras para el progreso de la investigación [36].

#### Sincronización avanzada para proyectos complejos

En un proyecto de ingeniería biomédica sobre procesamiento de señales biomédicas, el volumen de artículos científicos y datos técnicos puede superar fácilmente el almacenamiento gratuito ofrecido por Zotero (300 MB). Una solución efectiva consiste en configurar Zotero para sincronizar solo los metadatos bibliográficos a través de sus servidores, mientras se utiliza un servicio como WebDAV o una carpeta compartida en Dropbox específicamente para los archivos PDF y adjuntos. Esta configuración híbrida permite mantener sincronizada la biblioteca completa entre múltiples dispositivos sin incurrir en costos adicionales por almacenamiento.

La colaboración bibliográfica se ha convertido en un aspecto fundamental del trabajo académico contemporáneo. Zotero facilita este proceso mediante grupos compartidos que permiten a varios investigadores acceder, contribuir y gestionar colectivamente una biblioteca común. Estos grupos pueden ser privados (solo accesibles para miembros invitados), públicos con membresía cerrada o completamente abiertos. La posibilidad de asignar diferentes niveles de permisos (lectura, escritura, administración) y de sincronizar tanto metadatos como archivos adjuntos convierte a Zotero en una herramienta valiosa para trabajos de investigación colaborativos, habituales en proyectos de ingeniería interdisciplinarios .

La integración de Zotero con otras herramientas de investigación expande significativamente su funcionalidad. Los complementos desarrollados por la comunidad permiten conectar Zotero con plataformas como LaTeX, Overleaf, sistemas de gestión de contenidos o incluso lenguajes de programación como R o Python. Estas integraciones facilitan flujos de trabajo avanzados, como la generación automática de revisiones sistemáticas, análisis bibliométricos o visualizaciones de redes de citación, ampliando las posibilidades analíticas más allá de la simple gestión bibliográfica .

## Integraciones útiles para ingeniería

Complementos especialmente valiosos para investigadores en ingeniería:

- Better BibTeX: mejora la compatibilidad con LaTeX, crucial para documentos con ecuaciones complejas
- ZotFile: gestión avanzada de archivos adjuntos, permitiendo automatizar el renombrado y organización
- Sci-Hub Plugin: facilita el acceso a artículos con restricciones (verifica siempre las políticas institucionales)
- Mdnates: exporta notas y referencias a formato Markdown para integración con sistemas de notas digitales
- Zotero Citation Counts: recupera automáticamente métricas de impacto de las referencias

Para maximizar el aprovechamiento de Zotero en el proceso de investigación, se recomienda desarrollar flujos de trabajo sistemáticos que integren la gestión bibliográfica en cada fase del proyecto. Durante la revisión inicial de literatura, priorizar la captura exhaustiva de fuentes potencialmente relevantes con metadatos completos. En fases intermedias, implementar sistemas de anotación y clasificación que faciliten la síntesis conceptual. Durante la redacción, utilizar las funcionalidades de citación integrada para mantener la coherencia bibliográfica. Este enfoque sistemático reduce significativamente el tiempo dedicado a tareas bibliográficas mecánicas y minimiza errores potenciales [36].

La adaptación de Zotero a las necesidades específicas de diferentes disciplinas de ingeniería requiere consideraciones particulares. Para ingeniería civil, la gestión de normativas técnicas y documentos gubernamentales; para ingeniería biomédica, la organización de literatura científica junto con información clínica; para ingeniería en computación, la integración de referencias a repositorios de código y documentación técnica. En cada caso, la flexibilidad de Zotero permite implementar estructuras organizativas y flujos de trabajo adaptados a los requerimientos particulares de cada área.

## ⚠ Limitaciones y alternativas

Debes conocer las limitaciones de Zotero para casos específicos:

- Manejo de conjuntos de datos extensos: considera herramientas complementarias como OSF
- Análisis bibliométricos complejos: puede requerir exportación a software especializado como VOSviewer
- Integración profunda con LaTeX: evalúa JabRef como alternativa especializada
- Almacenamiento masivo de PDFs: considera modelos de suscripción o soluciones alternativas de almacenamiento

### 2.4.1 Introducción a Zotero

## 📖 Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de:

- Comprender las funcionalidades principales de Zotero como gestor bibliográfico
- Instalar y configurar correctamente Zotero en tu equipo
- Navegar por la interfaz de Zotero identificando sus componentes esenciales
- Reconocer las ventajas de utilizar un gestor bibliográfico en proyectos de investigación

La gestión bibliográfica representa uno de los mayores desafíos en el desarrollo de proyectos de investigación académica. A medida que se profundiza en la literatura especializada, el número de referencias consultadas aumenta exponencialmente, generando dificultades para su organización, recuperación y citación adecuada.

Este problema se intensifica en campos técnicos como la ingeniería, donde la diversidad de fuentes incluye artículos científicos, patentes, normativas, manuales técnicos y recursos digitales especializados.

Zotero surge como respuesta a esta necesidad, ofreciendo una solución integral para la gestión de referencias bibliográficas. Desarrollado inicialmente por el Center for History and New Media de la Universidad George Mason en 2006, este software gratuito y de código abierto ha evolucionado hasta convertirse en una herramienta indispensable en el ámbito académico. Su diseño centrado en la simplicidad de uso, sin sacrificar funcionalidades avanzadas, lo posiciona como una opción especialmente adecuada para estudiantes que se inician en la investigación formal [61].

#### ¿Por qué Zotero?

Zotero ofrece ventajas significativas frente a la gestión manual de bibliografía. En un proyecto de ingeniería biomédica sobre interfaces cerebro-computadora, el investigador puede capturar instantáneamente referencias completas desde IEEE Xplore, PubMed y arXiv, incluyendo metadatos específicos como códigos DOI y PMID. Posteriormente, puede insertar citas en formato IEEE durante la redacción y, si el director del proyecto solicita un cambio a formato APA, transformar automáticamente todas las citas y la bibliografía con un solo clic. Esta flexibilidad ahorra horas de trabajo manual y elimina errores tipográficos frecuentes en la transcripción manual de referencias.

La instalación de Zotero sigue un proceso sencillo que puede completarse en pocos minutos. El software está disponible para los principales sistemas operativos (Windows, macOS y Linux) y puede descargarse gratuitamente desde el sitio oficial ([www.zotero.org](http://www.zotero.org)). El proceso de instalación incluye dos componentes fundamentales: la aplicación de escritorio, que funciona como repositorio central de referencias, y el conector para navegadores, disponible para Chrome, Firefox, Edge y Safari, que permite capturar información bibliográfica directamente desde sitios web.

#### Requisitos de sistema

Antes de instalar Zotero, verifica que tu equipo cumple con estos requisitos mínimos:

- Windows 10/11, macOS 10.14 o posterior, o Linux con interfaz gráfica
- Al menos 2 GB de RAM (recomendado 4 GB para bibliotecas extensas)
- 200 MB de espacio en disco para el programa (sin contar almacenamiento de PDFs)
- Navegador actualizado: Firefox 78+, Chrome 55+, Edge 88+ o Safari 14+

La configuración inicial después de la instalación merece especial atención para garantizar un funcionamiento óptimo. Al iniciar Zotero por primera vez, se recomienda crear una cuenta gratuita que permitirá sincronizar la biblioteca entre diferentes dispositivos. Las preferencias deben ajustarse según las necesidades específicas: ubicación de almacenamiento de archivos adjuntos (importante para gestionar el espacio en disco), ajustes de sincronización, opciones de extracción automática de metadatos y configuración del complemento para procesadores de texto como Microsoft Word o LibreOffice.

#### Configuración óptima para ingeniería

Para optimizar Zotero en proyectos de ingeniería:

- Instala estilos de citación relevantes como IEEE, APA, Vancouver o ISO 690
- Configura la extracción automática de PDF para artículos científicos
- Habilita la recuperación automática de metadatos por DOI, ISBN o PMID
- Configura el almacenamiento para mantener archivos adjuntos en la misma estructura de carpetas
- Instala el complemento ZotFile para gestión avanzada de archivos PDF

La interfaz de Zotero presenta un diseño intuitivo organizado en tres paneles principales: el panel izquierdo muestra la estructura organizativa con colecciones y etiquetas; el panel central lista las referencias contenidas en la colección seleccionada; y el panel derecho despliega la información detallada del ítem seleccionado. Esta

estructura facilita la navegación incluso en bibliotecas con miles de referencias. La barra de herramientas superior proporciona acceso a las funciones más frecuentes, como añadir nuevos ítems, búsqueda o sincronización [61].

Los tipos de ítems que Zotero puede gestionar abarcan prácticamente cualquier fuente bibliográfica relevante para la investigación en ingeniería. Además de los tradicionales artículos de revista, libros y capítulos, el sistema incluye categorías específicas para patentes, tesis, informes técnicos, documentos normativos, software, conjuntos de datos y recursos web. Cada tipo de ítem presenta campos de metadatos adaptados a sus características particulares, garantizando una descripción bibliográfica precisa independientemente del tipo de fuente consultada .

#### Gestión de normativas técnicas

En proyectos de ingeniería estructural, las normativas técnicas constituyen referencias fundamentales. Zotero permite catalogarlas correctamente utilizando el tipo de ítem «Documento», con campos específicos para número de documento, institución emisora y versión. Por ejemplo, para la norma ACI 318-19 (Building Code Requirements for Structural Concrete), el investigador puede registrar no solo la referencia bibliográfica completa sino también adjuntar el archivo PDF de la norma, añadir etiquetas como «hormigón armado» o «diseño sísmico», y agregar notas sobre secciones particularmente relevantes para su investigación.

La funcionalidad de captura automática de referencias representa una de las características más potentes de Zotero. Mediante el conector para navegadores, el sistema detecta automáticamente metadatos bibliográficos en páginas web, incluyendo bases de datos académicas, catálogos de bibliotecas, editoriales científicas y repositorios institucionales. Un simple clic permite transferir esta información a la biblioteca personal, junto con el archivo PDF completo cuando está disponible. Esta capacidad reduce drásticamente el tiempo necesario para compilar bibliografía y minimiza errores de transcripción manual .

#### Limitaciones en la captura automática

Al utilizar la captura automática, considera que:

- No todas las páginas web contienen metadatos bibliográficos estructurados
- Algunos sitios pueden presentar información incompleta o incorrecta
- Las restricciones de acceso pueden limitar la descarga automática de textos completos
- Siempre verifica y completa manualmente la información capturada cuando sea necesario

Los modos alternativos de incorporación de referencias complementan la captura automática. Para fuentes no disponibles en línea o cuando la captura automática falla, Zotero ofrece opciones como la adición manual de entradas, la importación desde archivos bibliográficos (BibTeX, RIS, EndNote), la recuperación por identificadores (DOI, ISBN, PMID) o incluso la captura desde archivos PDF mediante reconocimiento de metadatos. Esta versatilidad garantiza que cualquier referencia relevante pueda incorporarse a la biblioteca independientemente de su origen [61].

La organización de referencias mediante colecciones constituye la estructura vertebral de Zotero. Equivalentes a carpetas en un sistema de archivos, las colecciones permiten agrupar referencias según criterios temáticos, metodológicos o por capítulos del trabajo. Una característica distintiva es que una referencia puede pertenecer simultáneamente a múltiples colecciones sin duplicarse físicamente, facilitando esquemas organizativos multidimensionales. Las subcolecciones permiten crear estructuras jerárquicas que reflejan la organización conceptual del proyecto de investigación .

#### Estructura de colecciones eficiente

Para un proyecto de anteproyecto en ingeniería, considera esta estructura de colecciones:

- 1-Antecedentes (con subcolecciones por subtemas relevantes)

- 2-Marco teórico (organizado por conceptos fundamentales)
- 3-Estado del arte (clasificado por enfoques metodológicos)
- 4-Aspectos metodológicos (referencias sobre métodos aplicables)
- 5-Referencias por revisar (zona temporal para clasificación posterior)

El sistema de etiquetado complementa la organización por colecciones, añadiendo una dimensión adicional de clasificación. Las etiquetas funcionan como descriptores temáticos que pueden asignarse libremente a cualquier referencia. A diferencia de las colecciones, que suelen seguir una estructura planificada, las etiquetas permiten una clasificación emergente más flexible y detallada. El panel de etiquetas facilita la visualización y selección de referencias según estos descriptores, permitiendo filtros complejos mediante combinaciones de etiquetas .

La sincronización entre dispositivos representa una funcionalidad esencial para investigadores que trabajan en múltiples equipos. La cuenta gratuita de Zotero permite sincronizar automáticamente toda la estructura de colecciones y metadatos bibliográficos. Para los archivos adjuntos como PDFs, la versión gratuita ofrece 300 MB de almacenamiento, expandible mediante suscripción o mediante configuración con servicios externos de almacenamiento. Esta capacidad garantiza que la biblioteca completa esté accesible y actualizada desde cualquier dispositivo, facilitando el trabajo tanto en el ámbito académico como en desplazamientos .

Las capacidades colaborativas de Zotero adquieren especial relevancia en proyectos grupales, frecuentes en ingeniería. El sistema permite crear grupos compartidos donde múltiples usuarios pueden acceder, contribuir y gestionar colectivamente una biblioteca común. Estos grupos pueden configurarse con diferentes niveles de privacidad y permisos, desde completamente públicos hasta estrictamente privados. Esta funcionalidad facilita la colaboración académica, permitiendo que todos los miembros del equipo trabajen con la misma base bibliográfica actualizada en tiempo real [61].

#### Grupos colaborativos en acción

En un proyecto multidisciplinario de ingeniería computacional aplicada a problemas ambientales, el equipo compuesto por especialistas en algoritmos, ciencias ambientales y visualización de datos puede establecer un grupo Zotero compartido. Cada miembro contribuye con referencias desde su especialidad, añade anotaciones resaltando aspectos relevantes para el proyecto común, y utiliza etiquetas estandarizadas para clasificar las fuentes. El director del proyecto puede supervisar la evolución de la biblioteca compartida, sugerir lecturas prioritarias y garantizar que no se dupliquen esfuerzos en la revisión bibliográfica.

La integración con procesadores de texto constituye quizás la funcionalidad más visible durante la fase de redacción. Mediante complementos específicos, Zotero se integra con Microsoft Word, LibreOffice, Google Docs y otros editores, permitiendo insertar citas y generar bibliografías automáticamente mientras se escribe. El sistema gestiona todos los aspectos formales de la citación según el estilo seleccionado (orden, puntuación, formato), permitiendo incluso cambiar globalmente el estilo bibliográfico de todo el documento con un solo clic. Esta integración elimina una de las tareas más tediosas y propensas a errores en la redacción académica .

La evolución constante de Zotero se manifiesta en actualizaciones periódicas que incorporan nuevas funcionalidades y mejoras. La naturaleza de código abierto del proyecto ha facilitado el desarrollo de una amplia comunidad que contribuye con complementos, estilos bibliográficos y documentación. Esta vitalidad garantiza que la herramienta se adapte continuamente a las necesidades cambiantes del entorno académico y a las particularidades de diferentes disciplinas, incluyendo las distintas ramas de la ingeniería .

## 2.4.2 Recopilación y organización de referencias

### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de:

- Implementar diversas estrategias para capturar referencias bibliográficas con Zotero
- Diseñar una estructura organizativa eficiente para tu biblioteca de referencias
- Aplicar técnicas avanzadas de etiquetado y clasificación bibliográfica
- Gestionar archivos PDF y otros documentos adjuntos de manera sistemática

La recopilación eficiente de referencias bibliográficas constituye una competencia fundamental para el desarrollo de investigaciones rigurosas en ingeniería. La capacidad para identificar, capturar y almacenar sistemáticamente fuentes relevantes determina en gran medida la solidez del marco teórico y la revisión de literatura del proyecto. Zotero proporciona múltiples mecanismos para facilitar este proceso, adaptándose a diversos escenarios de investigación y tipos de fuentes documentales.

La captura automática mediante el conector de navegador representa el método más ágil para incorporar referencias a la biblioteca. Este complemento, disponible para los principales navegadores, detecta automáticamente cuando una página web contiene información bibliográfica estructurada. Al visitar bases de datos académicas como IEEE Xplore, Science Direct o Scopus, el icono del conector cambia para indicar la disponibilidad de metadatos. Un simple clic permite transferir la referencia completa a la biblioteca, incluyendo información detallada como autores, título, revista, volumen, páginas, DOI y palabras clave.

### Captura desde múltiples fuentes

El comportamiento del conector varía según el tipo de página visitada. En páginas de resultados de búsqueda en bases de datos como Scopus, el icono se transforma en una carpeta, permitiendo seleccionar múltiples referencias simultáneamente. En páginas de artículos individuales en IEEE Xplore, aparece un icono de documento que captura los metadatos específicos del artículo visualizado. En catálogos de bibliotecas, el icono de libro permite extraer información bibliográfica de obras físicas. Esta adaptabilidad garantiza una experiencia consistente independientemente del origen de las referencias.

La descarga automática de archivos PDF asociados a las referencias capturadas añade un valor significativo al proceso de recopilación bibliográfica. Cuando Zotero detecta la disponibilidad de un texto completo durante la captura de metadatos, intenta descargar automáticamente el PDF correspondiente, vinculándolo a la referencia en la biblioteca. Esta funcionalidad depende de los permisos de acceso disponibles a través de la institución académica o suscripciones personales. La configuración de proxies institucionales en las preferencias de Zotero facilita este proceso cuando se trabaja fuera de la red institucional.

### Consideraciones sobre acceso a textos completos

Al configurar la descarga automática de PDFs, ten presente que:

- La capacidad de acceso depende de las suscripciones de tu institución
- Configura correctamente el proxy institucional para acceso remoto
- Respeta siempre los términos de uso de las bases de datos
- No todos los artículos permiten descarga automática aunque tengas acceso

La importación desde archivos bibliográficos constituye un método valioso para incorporar conjuntos de referencias preexistentes o compartidas por colegas. Zotero soporta los principales formatos de intercambio bibliográfico como BibTeX (.bib), RIS (.ris), EndNote XML (.xml) y CSL JSON (.json). La opción "Importar" del menú "Archivo" permite seleccionar estos archivos para incorporar su contenido a la biblioteca actual. Esta capacidad facilita la migración desde otros gestores bibliográficos, la integración de bibliografías compartidas o la incorporación de referencias proporcionadas como material complementario en cursos académicos.

La recuperación de metadatos mediante identificadores estándar representa una alternativa precisa cuando se conoce información específica de una fuente. Zotero permite añadir referencias a partir de identificadores como DOI (Digital Object Identifier), ISBN (International Standard Book Number), arXiv ID o PMID (PubMed Identifier). Utilizando la opción **“Añadir elemento por identificador”**<sup>en</sup> el menú de la barra de herramientas, se puede introducir cualquiera de estos códigos para que Zotero recupere automáticamente los metadatos completos desde bases de datos autorizadas. Esta funcionalidad resulta particularmente útil cuando se trabaja con referencias citadas en documentos impresos o presentaciones .

#### Extracción eficiente de DOIs

Para agilizar la captura por identificadores:

- Copia una lista de DOIs separados por comas o saltos de línea
- Selecciona **“Añadir elemento por identificador”** pega la lista completa
- Zotero procesará secuencialmente todos los identificadores
- Verifica posteriormente si algún DOI no pudo ser resuelto correctamente
- Este método permite incorporar rápidamente bibliografías completas de artículos

La extracción de metadatos a partir de archivos PDF proporciona una alternativa valiosa cuando solo se dispone del documento sin información bibliográfica asociada. La función **Recuperar metadatos para PDF**<sup>analiza</sup> el documento para identificar título, autores y otros datos bibliográficos, consultando bases de datos en línea para completar la información. Aunque no siempre logra resultados perfectos, particularmente con documentos escaneados o mal estructurados, representa una notable mejora frente a la introducción manual de datos para colecciones extensas de PDFs acumulados .

#### Recuperación por lotes para ingeniería computacional

En un proyecto de investigación sobre algoritmos de aprendizaje profundo, un investigador ha acumulado una carpeta con más de 50 artículos en PDF descargados durante exploraciones preliminares. En lugar de procesar cada documento individualmente, puede utilizar la función de arrastrar y soltar para importar toda la carpeta a Zotero, creando entradas temporales basadas en los nombres de archivo. Posteriormente, seleccionando todos los PDFs y aplicando **Recuperar metadatos para PDFs seleccionados**, Zotero procesará automáticamente el lote completo, identificando y completando la información bibliográfica de cada documento, transformando una tarea potencialmente tediosa de horas en un proceso automatizado de minutos.

La introducción manual de referencias conserva su relevancia para fuentes que no disponen de metadatos digitales o no son accesibles en línea. Mediante la opción **“Nuevo elemento”**<sup>en</sup> la barra de herramientas, se puede seleccionar entre más de 30 tipos de documentos, desde los tradicionales libros y artículos hasta tipos especializados como patentes, normativas o software. Cada tipo presenta campos específicos adaptados a sus características particulares. Esta flexibilidad garantiza que cualquier fuente relevante para la investigación pueda incorporarse a la biblioteca con independencia de su disponibilidad digital .

Una estrategia eficaz para la recopilación bibliográfica implica combinar estos diversos métodos según las características de las fuentes. La captura automática para referencias en línea, la recuperación por identificadores para referencias citadas en textos, la importación para colecciones previamente compiladas, y la entrada manual como último recurso para fuentes sin representación digital. Este enfoque híbrido optimiza el equilibrio entre precisión, exhaustividad y eficiencia en el proceso de recopilación .

#### Errores comunes en la recopilación

Durante la fase de recopilación bibliográfica, evita:

- Confiar ciegamente en los metadatos capturados automáticamente sin verificación



- Posponer la organización hasta acumular un volumen inmanejable de referencias
- Ignorar fuentes relevantes por no estar disponibles en formato digital
- Descartar material potencialmente útil prematuramente sin un registro bibliográfico

La organización sistemática de la biblioteca bibliográfica adquiere importancia creciente a medida que aumenta el volumen de referencias. Una estructura organizativa bien diseñada facilita la localización de fuentes relevantes durante la fase de redacción, permite identificar patrones y relaciones entre diferentes trabajos, y proporciona una visión global del panorama bibliográfico del tema investigado. Zotero ofrece múltiples herramientas para implementar esquemas organizativos adaptados a las necesidades específicas de cada proyecto [98].

Las colecciones constituyen el mecanismo principal para estructurar jerárquicamente la biblioteca. Funcionando de manera similar a carpetas, permiten agrupar referencias según criterios temáticos, metodológicos, cronológicos o por secciones del documento final. Una característica distintiva frente a sistemas de archivos convencionales es que una referencia puede pertenecer simultáneamente a múltiples colecciones sin duplicarse, facilitando clasificaciones multidimensionales. Esta propiedad permite, por ejemplo, incluir un artículo tanto en la colección "Marco teórico" como en "Metodología" si resulta relevante para ambas secciones [98].

#### Estructura organizativa para anteproyectos

Estructura recomendada para organizar referencias en anteproyectos de ingeniería:

- Antecedentes (con subcolecciones por líneas de investigación previas)
- Marco teórico (organizado por constructos teóricos fundamentales)
- Estado del arte (clasificado por enfoques metodológicos o tecnológicos)
- Metodología (referencias sobre diseños metodológicos aplicables)
- Fuentes por clasificar (zona temporal para procesamiento posterior)
- Referencias clave (selección de fuentes fundamentales para el proyecto)

Las colecciones inteligentes amplían las capacidades organizativas mediante criterios dinámicos de inclusión. A diferencia de las colecciones estándar, donde las referencias se asignan manualmente, las colecciones inteligentes aplican filtros predefinidos que seleccionan automáticamente ítems que cumplen criterios específicos. Estos pueden incluir búsquedas por palabras clave, rangos de fechas, tipos de documento, etiquetas o cualquier combinación de estos atributos. Por ejemplo, se podría crear una colección inteligente que muestre automáticamente todos los artículos publicados en los últimos dos años con la etiqueta "revisión sistemática" [98].

El sistema de etiquetado complementa la organización por colecciones añadiendo una dimensión de clasificación más granular y flexible. Las etiquetas funcionan como descriptores temáticos que pueden asignarse libremente a cualquier referencia, permitiendo categorizaciones múltiples basadas en contenido, metodología, relevancia o cualquier criterio personalizado. A diferencia de las colecciones, que suelen seguir una estructura planificada, las etiquetas permiten una clasificación emergente que se desarrolla orgánicamente durante el proceso de investigación, adaptándose a patrones imprevistos inicialmente.

#### Taxonomía de etiquetas en ingeniería estructural

En un proyecto sobre comportamiento sísmico de estructuras, podría implementarse un sistema de etiquetas con varias dimensiones: por tipo de elemento estructural (columnas, vigas, conexiones, aisladores); por enfoque analítico (experimental, numérico, híbrido); por material constructivo (concreto, acero, compuestos); y por nivel de relevancia (esencial, importante, complementario). Este sistema multidimensional permitiría recuperar rápidamente, por ejemplo, todos los estudios experimentales sobre conexiones de acero clasificados como esenciales, simplemente combinando las etiquetas correspondientes en el panel de filtrado.

La gestión eficiente de archivos adjuntos, particularmente PDFs, representa un aspecto crucial de la organización bibliográfica. Zotero ofrece opciones flexibles para el almacenamiento de estos archivos: dentro de la propia base de datos (configuración predeterminada), en una ubicación personalizada dentro del sistema de archivos, o mediante vínculos a archivos externos. La opción "Preferencias > Avanzadas > Archivos y carpetas" permite configurar estas alternativas según las necesidades específicas de espacio y organización. El complemento ZotFile, desarrollado por la comunidad, expande significativamente estas capacidades, permitiendo renombrado automático, extracción de anotaciones y sincronización con dispositivos móviles.

#### Gestión de espacio para archivos adjuntos

Para gestionar eficientemente los archivos adjuntos, considera que:

- La cuenta gratuita de Zotero ofrece solo 300 MB para sincronización en la nube
- Los artículos científicos en ingeniería frecuentemente superan los 5 MB cada uno
- Configura almacenamiento basado en carpetas para bibliotecas extensas
- Considera servicios como WebDAV o almacenamiento institucional para sincronización

Las relaciones entre referencias constituyen un aspecto organizativo frecuentemente subestimado. Zotero permite establecer vínculos explícitos entre diferentes ítems, como relacionar un comentario o crítica con el artículo original, vincular diferentes ediciones de un mismo libro, o conectar artículos que representan extensiones de trabajos previos. Estas relaciones se establecen mediante la pestaña Relacionado.<sup>en</sup> el panel de información de cada ítem. La visualización de estas conexiones facilita la comprensión de la evolución conceptual dentro de un campo de investigación y enriquece el análisis bibliográfico [98].

Las notas vinculadas a referencias proporcionan un espacio para el análisis crítico y la síntesis conceptual. Cada ítem en Zotero puede incorporar múltiples notas independientes, accesibles desde el panel inferior de la interfaz. Estas notas admiten formato enriquecido, imágenes, tablas e incluso ecuaciones mediante sintaxis LaTeX. Resultan particularmente valiosas para registrar análisis personales, extractos significativos, críticas metodológicas o conexiones conceptuales con otros trabajos. La práctica de añadir notas estructuradas durante la revisión inicial de cada fuente facilita enormemente la posterior fase de síntesis bibliográfica [98].

#### Estructura recomendada para notas analíticas

Al crear notas analíticas para cada referencia relevante:

- Incluye un resumen conciso de la contribución principal (2-3 frases)
- Identifica explícitamente la metodología empleada y sus limitaciones
- Extrae literalmente definiciones clave o formulaciones teóricas importantes
- Anota conexiones específicas con tu proyecto de investigación
- Registra tu valoración crítica sobre la robustez y aplicabilidad de los resultados

La búsqueda avanzada dentro de la biblioteca representa una capacidad fundamental para bibliotecas extensas. Zotero implementa un sistema de búsqueda flexible accesible desde la barra superior, que permite localizar referencias por cualquier campo bibliográfico, contenido de notas o incluso texto dentro de PDFs indexados. La opción "Búsqueda avanzada."<sup>ex</sup> expande estas capacidades permitiendo construir consultas complejas con operadores booleanos, combinando múltiples criterios como autor, publicación, año, etiquetas o colecciones. Estas búsquedas pueden guardarse como colecciones inteligentes para acceso recurrente.

Un flujo de trabajo efectivo para la gestión bibliográfica integra estos diversos aspectos organizativos en un proceso coherente. Durante la fase exploratoria de la investigación, priorizar la captura exhaustiva de fuentes potencialmente relevantes, asignándolas a colecciones temporales para procesamiento posterior. A medida que se avanza en la revisión, implementar etiquetado sistemático, añadir notas analíticas y refinar la estructura de colecciones. Durante la fase de redacción, utilizar búsquedas avanzadas y colecciones inteligentes para recuperar eficientemente referencias específicas según las necesidades de cada sección.

### 2.4.3 Generación de citas y bibliografía

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de:

- Integrar Zotero con diferentes procesadores de texto para la citación dinámica
- Insertar y formatear citas durante el proceso de redacción académica
- Generar bibliografías completas con formato consistente
- Adaptar el estilo de citación según requerimientos específicos

La generación automática de citas y bibliografías constituye una de las funcionalidades más valiosas de Zotero durante el proceso de redacción académica. Esta capacidad permite al investigador concentrarse en el contenido sustantivo del documento mientras el sistema gestiona automáticamente los aspectos formales de la citación, garantizando precisión, consistencia y conformidad con los estilos académicos establecidos. La correcta implementación de estas funcionalidades no solo ahorra tiempo considerable sino que también minimiza errores tipográficos y omisiones accidentales frecuentes en la gestión manual de referencias.

La integración con procesadores de texto representa el primer paso para aprovechar estas capacidades. Zotero ofrece complementos específicos para Microsoft Word, LibreOffice Writer y Google Docs, los procesadores más utilizados en el ámbito académico. Estos complementos se instalan automáticamente durante la configuración inicial de Zotero, aunque también pueden instalarse posteriormente desde el menú **Editar > Preferencias > Citar**. Una vez instalados, aparece una nueva pestaña o barra de herramientas en el procesador, proporcionando acceso directo a las funciones de citación.

#### Problemas de integración

Si experimentas dificultades con los complementos para procesadores de texto:

- Verifica que utilizas versiones compatibles del procesador y Zotero
- Reinstala el complemento desde las preferencias de Zotero
- Comprueba que no existan conflictos con otros complementos instalados
- Reinicia tanto Zotero como el procesador de texto después de cambios

La inserción de citas durante la redacción sigue un flujo de trabajo intuitivo diseñado para minimizar interrupciones. Al alcanzar un punto del texto donde se requiere una citación, el investigador activa el diálogo de inserción mediante el botón correspondiente en la barra de herramientas o mediante atajos de teclado (generalmente Ctrl+Alt+C). Este diálogo permite buscar referencias por autor, título o cualquier otro campo entre todas las fuentes almacenadas en la biblioteca Zotero. Una vez seleccionada la referencia apropiada, se insertará automáticamente en el formato correspondiente al estilo bibliográfico configurado.

#### Citación en contexto de ingeniería civil

Al redactar un anteproyecto sobre técnicas innovadoras de reforzamiento sísmico para edificaciones existentes, el investigador necesita fundamentar la relevancia del problema citando estadísticas sobre vulnerabilidad estructural. Desde Word, activa el diálogo de Zotero, busca por autor «Morales» y selecciona el artículo relevante. Si utiliza estilo IEEE, Zotero inserta automáticamente «[1]»; si usa APA, insertará «(Morales et al., 2022)». Esta versatilidad permite adaptar instantáneamente el formato de citación según los requerimientos específicos, manteniendo la consistencia en todo el documento.

Las citas con paginación o comentarios adicionales representan una variante común que Zotero maneja eficientemente. El diálogo de inserción de citas permite añadir información como números de página específicos, prefijos, sufijos o supresiones de autor. Estas opciones resultan particularmente útiles para formular citas como Como señala Smith (2019, p. 45)...<sup>o</sup>. Esta metodología ha sido criticada por sus limitaciones (véase Johnson, 2020, para una revisión exhaustiva)”. La capacidad para personalizar cada citación individual sin

comprometer la consistencia global del estilo representa una ventaja significativa frente a la citación manual .

### Opciones avanzadas de citación

Para aprovechar las opciones avanzadas al insertar citas:

- Utiliza el campo «Página» para especificar números de página o secciones
- Añade texto en «Prefijo» para incluir frases como «Véase» o «Como indica»
- Emplea «Sufijo» para agregar comentarios breves después de la referencia
- Marca «Omitir autor» para citas como «... (2019)» cuando el nombre ya aparece en el texto
- Activa «Suprimir autor» para referencias en las que el autor no es relevante

Las citas múltiples, que agrupan varias referencias en una sola cita, se manejan mediante el mismo diálogo de inserción. En lugar de finalizar el proceso después de seleccionar una referencia, el botón "Múltiples fuentes" permite añadir referencias adicionales a la misma citación. Esta funcionalidad resulta especialmente valiosa cuando se presentan afirmaciones respaldadas por múltiples estudios o cuando se comparan hallazgos similares de diferentes investigadores. El sistema aplicará automáticamente las reglas de formato apropiadas según el estilo bibliográfico, como la separación mediante punto y coma en APA o la numeración secuencial en IEEE .

La edición posterior de citas ya insertadas constituye una operación frecuente durante el proceso de revisión. Zotero permite modificar cualquier cita existente haciendo clic derecho sobre ella y seleccionando «Editar cita» mediante el botón correspondiente en la barra de herramientas. Esta capacidad facilita ajustes como añadir números de página omitidos inicialmente, incluir referencias adicionales a una cita múltiple, o modificar prefijos y sufijos. Todos estos cambios se propagan automáticamente a la bibliografía, manteniendo la consistencia integral del documento .

### Manipulación manual de citas

Evita a toda costa editar manualmente el texto de las citas insertadas por Zotero:

- La edición manual rompe los campos dinámicos que conectan citas y bibliografía
- Los cambios manuales no se reflejarán en la bibliografía generada
- Cualquier actualización posterior del estilo no afectará a citas editadas manualmente
- Utiliza siempre las funciones «Editar cita» o «Editar bibliografía» de Zotero

La generación de la bibliografía completa representa el complemento natural del proceso de citación. Una vez insertadas todas las referencias necesarias en el texto, Zotero puede generar automáticamente la lista bibliográfica correspondiente mediante el botón Insertar bibliografía.<sup>en</sup> la barra de herramientas. El sistema incluirá exclusivamente las fuentes citadas en el documento, ordenadas según las convenciones del estilo seleccionado (alfabéticamente por autor en APA, por orden de aparición en IEEE, etc.). Esta bibliografía mantiene vinculación dinámica con las citas, actualizándose automáticamente cuando se añaden, eliminan o modifican referencias en el texto .

### Bibliografía para tesis de ingeniería biomédica

En una tesis sobre procesamiento digital de señales electroencefalográficas para interfaces cerebro-computadora, el documento final puede contener más de 80 referencias distribuidas en múltiples capítulos. Después de completar la redacción con citas insertadas mediante Zotero, el investigador simplemente coloca el cursor al final del documento, en la sección correspondiente, y selecciona «Insertar bibliografía». Instantáneamente se genera una lista completa de todas las fuentes citadas, perfectamente formateada según el estilo requerido por la institución, con cada referencia incluyendo todos los campos obligatorios (autores, año, título, revista, volumen, páginas, DOI) en el orden exacto y con la puntuación correcta.

La selección y modificación de estilos bibliográficos constituye un aspecto fundamental de la generación de citas. Zotero incluye por defecto los estilos más comunes como APA, Chicago, MLA e IEEE, pero permite acceder a un repositorio con más de 10,000 estilos adicionales específicos para diferentes revistas, instituciones y disciplinas. Estos estilos se pueden instalar directamente desde el menú **Editar > Preferencias > Citar > Estilos > Obtener estilos adicionales**. Una vez instalados, el cambio entre diferentes formatos se realiza con un simple clic en el menú desplegable de la barra de herramientas del procesador, transformando instantáneamente todas las citas y la bibliografía al nuevo formato [120].

#### Estilos relevantes para ingeniería

Estilos bibliográficos particularmente útiles en diferentes ramas de ingeniería:

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers): estándar para electricidad, electrónica y computación
- ASCE (American Society of Civil Engineers): utilizado en ingeniería civil y estructural
- ACS (American Chemical Society): común en ingeniería química y de materiales
- ASME (American Society of Mechanical Engineers): preferido en ingeniería mecánica
- Vancouver: frecuente en bioingeniería y campos relacionados con ciencias de la salud

La personalización de estilos bibliográficos permite ajustes específicos para cumplir con requerimientos particulares. Aunque Zotero no incluye un editor visual de estilos, permite modificar estilos existentes mediante el lenguaje CSL (Citation Style Language), un formato XML diseñado específicamente para definir formatos bibliográficos. Para modificaciones menores, la opción más sencilla consiste en duplicar un estilo existente y editar su código CSL. Para necesidades más específicas, el editor visual CSL (disponible en <https://editor.citationstyles.org>) facilita la creación o modificación de estilos sin conocimientos avanzados de programación [120].

Las bibliografías independientes representan una alternativa útil en escenarios donde no se requiere la vinculación dinámica con citas en texto. Desde la aplicación principal de Zotero, se pueden seleccionar referencias específicas y generar bibliografías mediante clic derecho y la opción **Crear bibliografía**. El sistema permite elegir entre diferentes formatos de salida (RTF, HTML, texto plano) y estilos bibliográficos. Esta funcionalidad resulta particularmente valiosa para generar listas de lecturas recomendadas, compartir referencias con colaboradores o preparar secciones bibliográficas para documentos que no admiten los complementos de integración.

#### Limitaciones de bibliografías independientes

Al trabajar con bibliografías independientes, ten presente que:

- No mantienen vinculación dinámica con el documento principal
- Cualquier cambio posterior en la biblioteca no se reflejará automáticamente
- Requieren regeneración manual si se modifican las referencias incluidas
- No permiten formatear citas en texto, solo la lista bibliográfica final

Las citas narrativas e integradas en el texto constituyen una variante estilística importante en la redacción académica. Zotero facilita ambas modalidades mediante opciones específicas durante la inserción. Las citas parentéticas estándar (por ejemplo, "La resistencia de materiales compuestos depende de múltiples factores (Smith, 2020)") se insertan normalmente. Para citas narrativas (por ejemplo, "Smith (2020) demostró que la resistencia de materiales compuestos..."), se utiliza la opción **Omitir autor** después de mencionar el nombre en el texto. Esta flexibilidad permite adaptar el estilo discursivo según las convenciones disciplinares y las preferencias retóricas del investigador.

La generación de citas y bibliografías en documentos colaborativos presenta desafíos particulares que Zotero aborda eficientemente. La integración con Google Docs permite que múltiples autores inserten referencias desde sus respectivas bibliotecas Zotero, manteniendo la consistencia del formato y la bibliografía unificada. Para documentos Word compartidos, aunque no existe integración simultánea, el sistema mantiene la inte-

gridad de los campos de cita cuando diferentes autores trabajan secuencialmente, siempre que utilicen los complementos oficiales para las modificaciones. Estas capacidades facilitan significativamente la colaboración académica en proyectos con múltiples contribuyentes [120].

#### Colaboración en ingeniería computacional

En un proyecto interdisciplinario sobre algoritmos de optimización para redes de distribución eléctrica, colaboran especialistas en inteligencia artificial, sistemas eléctricos y análisis de datos. Utilizando Google Docs con la integración de Zotero, cada investigador puede añadir citas desde su biblioteca personal especializada. El ingeniero eléctrico incorpora referencias sobre topologías de redes, el experto en IA añade fuentes sobre algoritmos genéticos, y el analista de datos contribuye con bibliografía sobre visualización de resultados complejos. Zotero mantiene una bibliografía unificada y consistente, independientemente de quién haya insertado cada referencia, facilitando la integración coherente de múltiples perspectivas disciplinarias.

La transición a diferentes formatos de documento final, como PDF o HTML, preserva la integridad de la bibliografía generada. Al exportar un documento Word con citas de Zotero a PDF, las referencias se convierten en texto estático pero mantienen su formato correcto. Para documentos LaTeX, aunque no existe integración directa con la interfaz estándar de Zotero, el complemento Better BibTeX permite exportar colecciones en formato .bib compatible con BibTeX/BibLaTeX, facilitando flujos de trabajo avanzados para documentos científicos con ecuaciones complejas, habituales en publicaciones de ingeniería [120].

El mantenimiento a largo plazo de documentos con citas dinámicas constituye un aspecto importante para trabajos académicos extensos o que requieren actualizaciones periódicas. La naturaleza dinámica de las referencias insertadas por Zotero permite revisar y actualizar contenido sin preocuparse por inconsistencias bibliográficas. Si durante la revisión se elimina una sección que contenía la única cita a una referencia específica, esta desaparecerá automáticamente de la bibliografía. Si se añaden nuevas citas, aparecerán inmediatamente en la lista bibliográfica. Esta gestión dinámica garantiza la integridad referencial del documento a lo largo de todo su ciclo de vida .

#### Mejores prácticas para documentos de larga duración

Para mantener la integridad bibliográfica en documentos extensos:

- Actualiza regularmente Zotero y sus complementos para procesadores de texto
- Realiza copias de seguridad periódicas que incluyan el documento y la biblioteca Zotero
- Documenta el estilo bibliográfico utilizado para futuras referencias
- Considera crear una copia con bibliografía estática antes de envíos finales
- Mantén un registro de cambios en referencias críticas que puedan afectar conclusiones

### 2.4.4 Actividad: Implementación de Zotero en su investigación

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta actividad, serás capaz de:

- Configurar un sistema personalizado de gestión bibliográfica para tu proyecto específico
- Implementar flujos de trabajo eficientes para la captura y organización de referencias
- Integrar Zotero en tu proceso de redacción académica
- Colaborar efectivamente mediante el intercambio de referencias bibliográficas

La implementación práctica de un sistema de gestión bibliográfica constituye una competencia fundamental que trasciende el conocimiento teórico para convertirse en un componente integral del flujo de trabajo académico. Esta actividad propone la aplicación inmediata de los conceptos y técnicas presentados sobre Zotero,

adaptándolos a las necesidades específicas del anteproyecto de investigación que cada estudiante desarrolla. El objetivo central consiste en establecer desde el inicio un sistema organizado que acompañe todo el ciclo de vida del proyecto, desde la revisión preliminar de literatura hasta la redacción final del documento.

La actividad se estructura en fases progresivas que simulan el desarrollo natural de un proyecto de investigación, permitiendo la familiarización gradual con las distintas funcionalidades de Zotero en contextos auténticos de aplicación. Este enfoque práctico facilita la transferencia de habilidades y la consolidación de hábitos eficientes de gestión bibliográfica que resultarán valiosos más allá del curso actual, extendiéndose a toda la trayectoria académica y profesional.

La primera fase consiste en la instalación personalizada y configuración inicial de Zotero según las necesidades específicas de cada proyecto. Los estudiantes deben descargar e instalar la versión más reciente del software, el conector para su navegador habitual y los complementos para su procesador de texto preferido. Se requiere la creación de una cuenta personal en el sitio oficial para habilitar funcionalidades de sincronización y respaldo. Las preferencias deben configurarse considerando aspectos como ubicación de almacenamiento de archivos adjuntos, comportamiento de captura automática y estilos de citación relevantes para su disciplina específica.

### Configuración para proyectos extensos

Si anticipas una biblioteca bibliográfica extensa:

- Configura una ubicación personalizada para archivos adjuntos en un disco con amplio espacio
- Considera servicios de almacenamiento en nube como WebDAV para sincronización
- Instala el complemento ZotFile para gestión avanzada de PDFs y renombrado automático
- Establece un formato consistente para nombres de archivo (p. ej.: Apellido\_Año\_Título)
- Configura copias de seguridad automáticas periódicas de tu base de datos

La segunda fase implica el diseño de una estructura organizativa adaptada al proyecto específico. Los estudiantes deben crear un sistema de colecciones que refleje la estructura conceptual de su investigación, considerando secciones como marco teórico, antecedentes, estado del arte y aspectos metodológicos. Complementariamente, deben desarrollar una taxonomía de etiquetas que permita clasificación multidimensional según criterios como relevancia, enfoque metodológico o constructos teóricos específicos. Esta estructura inicial podrá refinarse posteriormente, pero establece el andamiaje fundamental para la gestión sistemática de referencias.

### Estructura para investigación en ingeniería

En un proyecto de ingeniería computacional sobre algoritmos de aprendizaje profundo para detección de anomalías en señales biomédicas, la estructura podría incluir colecciones principales como «Marco teórico» (con subcolecciones para procesamiento de señales, machine learning y anomalías fisiológicas), «Estado del arte» (organizado por enfoques algorítmicos), «Metodología» (con subcolecciones para diseño experimental, métricas de evaluación y validación clínica) y «Herramientas computacionales» (frameworks, bibliotecas, datasets). Este marco organizativo refleja la estructura conceptual específica del proyecto mientras facilita la recuperación eficiente de referencias durante la redacción.

La tercera fase se centra en la recopilación inicial de fuentes bibliográficas relevantes para el proyecto. Utilizando las herramientas de captura de Zotero, los estudiantes deben identificar y recopilar un mínimo de 25 referencias directamente relacionadas con su tema de investigación. Esta colección debe incluir diversidad de tipos documentales (artículos científicos, libros, tesis, documentos técnicos) y representar adecuadamente tanto fundamentos teóricos como avances recientes en el campo específico. Para cada referencia capturada, se debe verificar la exactitud y completitud de los metadatos, corrigiendo manualmente cualquier información faltante o incorrecta.



### Errores comunes en la recopilación inicial

Durante la fase de recopilación bibliográfica, evita estos errores frecuentes:

- Limitarse a referencias fácilmente accesibles sin diversificar fuentes
- Capturar indiscriminadamente sin evaluar previamente la relevancia real
- Omitir la verificación de metadatos, especialmente en capturas automáticas
- Postergar la organización hasta acumular un volumen inmanejable de referencias

La cuarta fase involucra la organización y análisis preliminar del material recopilado. Los estudiantes deben clasificar todas las referencias dentro de la estructura de colecciones diseñada previamente, asignar etiquetas descriptivas según la taxonomía establecida y comenzar a documentar observaciones iniciales mediante notas vinculadas. Para las fuentes más relevantes, se requiere la lectura detallada y la elaboración de fichas analíticas que incluyan resumen, ideas principales, metodología empleada y posibles conexiones con el proyecto. Esta fase consolida la transición desde la mera acumulación de referencias hacia un procesamiento intelectual del material bibliográfico.

### Análisis efectivo mediante notas

Para maximizar el valor de las notas en Zotero:

- Crea una plantilla estándar con secciones predefinidas para análisis sistemático
- Utiliza formato enriquecido (negritas, listas, tablas) para estructurar la información
- Añade comillas exactas para pasajes significativos que podrías citar posteriormente
- Incluye evaluación crítica personal diferenciada claramente del contenido original
- Establece conexiones explícitas con otros trabajos mediante relaciones entre ítems

La quinta fase aborda la integración de Zotero en el proceso de redacción académica. Los estudiantes deben elaborar un documento preliminar (entre 3-5 páginas) correspondiente a alguna sección de su anteproyecto, como el marco teórico o la revisión de literatura. Durante este ejercicio, deben utilizar las funcionalidades de citación de Zotero para insertar referencias relevantes directamente desde su biblioteca, experimentando con diferentes tipos de citas (parentéticas, narrativas, con paginación) y generando automáticamente la bibliografía correspondiente. Este componente práctico permite familiarizarse con el flujo de trabajo integrado antes de abordar la redacción completa del anteproyecto.

### Ejercicio de redacción integrada

Para un proyecto en ingeniería biomédica sobre monitorización no invasiva de glucosa, el ejercicio de redacción podría enfocarse en la sección que revisa los fundamentos físicos de las técnicas espectroscópicas. El estudiante redactaría este segmento insertando citas mediante Zotero para fundamentar afirmaciones sobre principios de absorción infrarroja, dispersión Raman y fluorescencia inducida, alternando entre citas parentéticas para datos específicos y citas narrativas para introducir perspectivas teóricas influyentes. La bibliografía generada automáticamente reflejaría todas estas fuentes en formato consistente, demostrando la integración fluida entre contenido sustantivo y aparato bibliográfico.

La sexta fase explora las posibilidades colaborativas de Zotero. Los estudiantes formarán pequeños grupos (3-4 integrantes) preferentemente con temáticas afines, y crearán un grupo compartido en Zotero. Cada participante debe contribuir al menos 5 referencias relevantes relacionadas con aspectos metodológicos que podrían ser útiles para sus compañeros, añadiendo notas explicativas sobre su potencial aplicabilidad. Esta actividad simula la colaboración académica real mientras introduce las funcionalidades sociales de Zotero, como bibliotecas compartidas, etiquetado colaborativo y anotaciones visibles para todos los miembros del grupo.

### Consideraciones para grupos compartidos

Al trabajar con grupos colaborativos en Zotero, considera que:

- Los permisos de grupo deben configurarse explícitamente (solo lectura vs. edición)
- La sincronización de archivos adjuntos consume el almacenamiento gratuito disponible
- Las notas compartidas son visibles para todos los miembros del grupo
- Los cambios realizados en elementos del grupo afectan a todos los participantes

La fase final consiste en una reflexión integradora sobre la implementación de Zotero en el flujo de trabajo personal. Los estudiantes elaborarán un breve informe (1-2 páginas) documentando el sistema desarrollado, los retos encontrados durante la implementación, las soluciones adoptadas y un plan prospectivo para el mantenimiento del sistema a lo largo de todo el proyecto. Esta reflexión metacognitiva consolida el aprendizaje práctico mientras promueve la adopción consciente de hábitos eficientes de gestión bibliográfica como componente integral de la identidad académica profesional.

La evaluación de esta actividad considerará no solo los productos concretos generados en cada fase (biblioteca configurada, estructura organizativa, documento con citas, participación en grupo colaborativo), sino también aspectos cualitativos como la coherencia del sistema implementado, la adecuación a las necesidades específicas del proyecto y la integración fluida en el proceso general de investigación. La retroalimentación personalizada permitirá refinar aspectos particulares mientras se avanza hacia un sistema bibliográfico plenamente funcional.

### Evaluación continua del sistema bibliográfico

Para optimizar continuamente tu sistema de gestión bibliográfica:

- Revisa periódicamente la estructura de colecciones para reflejar la evolución del proyecto
- Refina la taxonomía de etiquetas para mejorar la precisión de la recuperación
- Identifica y elimina posibles cuellos de botella en tu flujo de trabajo
- Mantén actualizado Zotero y sus complementos para acceder a nuevas funcionalidades
- Dedica tiempo regular a organizar referencias recién añadidas antes de que se acumulen

Esta actividad práctica se desarrollará a lo largo de tres semanas, con entregas parciales programadas para facilitar retroalimentación oportuna. La implementación exitosa establecerá una infraestructura bibliográfica sólida que no solo respaldará el desarrollo inmediato del anteproyecto, sino que podrá expandirse y perfeccionarse durante toda la trayectoria investigativa, convirtiéndose en un activo intelectual de valor permanente para el estudiante.

## Capítulo 3

# Cronograma y redacción del protocolo

### 3.1 Elaboración de cronograma



#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta sección, serás capaz de:

- Diseñar un cronograma estructurado y realista para tu proyecto de investigación
- Identificar las fases críticas del proceso investigativo y estimar su duración
- Implementar herramientas de planificación temporal adecuadas para proyectos académicos
- Establecer mecanismos de seguimiento y control para garantizar el cumplimiento de plazos

La planificación temporal constituye un componente esencial en el desarrollo exitoso de todo proyecto de investigación. Un cronograma bien elaborado proporciona estructura y dirección al proceso investigativo, facilita la distribución eficiente de recursos y esfuerzos, y establece un marco para el seguimiento del progreso. En el contexto específico de los anteproyectos de investigación en ingeniería, la capacidad para diseñar cronogramas realistas y funcionales adquiere particular relevancia debido a la complejidad inherente de los proyectos técnicos, que frecuentemente involucran fases experimentales, desarrollo de prototipos o modelado computacional.

La elaboración de un cronograma efectivo no consiste simplemente en distribuir actividades a lo largo de un período determinado, sino que requiere un análisis profundo del proceso investigativo, comprendiendo la secuencia lógica de las actividades, sus interdependencias y los recursos necesarios para su ejecución. Este enfoque sistemático permite transformar la visión abstracta del proyecto en un plan operativo concreto que guiará todo el desarrollo de la investigación desde su concepción hasta la presentación de resultados.

Un cronograma bien diseñado cumple múltiples funciones en el contexto de un anteproyecto de investigación. Proporciona al investigador una hoja de ruta clara que facilita la organización del trabajo y la asignación de prioridades. Comunica a asesores, evaluadores y posibles colaboradores la estructura temporal del proyecto, facilitando la evaluación de su factibilidad. Establece puntos de control que permiten monitorear el avance real frente al planificado, habilitando ajustes oportunos cuando surgen desviaciones. Finalmente, contribuye a desarrollar disciplina investigativa y hábitos de trabajo sistemático, competencias fundamentales para el éxito académico y profesional.

### Impacto de un cronograma efectivo

En un proyecto de ingeniería estructural para desarrollar un sistema constructivo antisísmico con materiales compuestos, un cronograma detallado permite prever los tiempos necesarios para cada fase: revisión bibliográfica sobre sistemas similares, diseño conceptual, modelado por elementos finitos, fabricación de especímenes de prueba, ensayos de resistencia, análisis de resultados y optimización del diseño. Esta planificación anticipa necesidades como la disponibilidad de laboratorios para ensayos destructivos, identificando posibles cuellos de botella y permitiendo gestionar proactivamente los tiempos de espera para acceso a equipamiento especializado, evitando así retrasos significativos en etapas avanzadas del proyecto.

La estructura temporal de un proyecto de investigación típico en ingeniería sigue un patrón relativamente consistente que puede adaptarse a las particularidades de cada disciplina y tema específico. Aunque cada proyecto presenta características únicas, esta estructura general proporciona un marco referencial útil para la planificación. La comprensión de estas fases típicas y su secuenciación lógica constituye el fundamento para la elaboración de cronogramas efectivos adaptados a necesidades específicas.

La fase inicial de conceptualización incluye la definición del problema de investigación, la revisión preliminar de literatura, la formulación de preguntas u objetivos, y el desarrollo del anteproyecto. Esta etapa establece los cimientos conceptuales y metodológicos del estudio, y su duración varía considerablemente según la familiaridad del investigador con el tema y la complejidad del problema abordado. Aunque frecuentemente subestimada en la planificación, esta fase resulta crítica para la solidez del proyecto y merece una asignación temporal adecuada.

### Errores comunes en la planificación inicial

Al planificar la fase conceptual del proyecto, evita estos errores frecuentes:

- Subestimar el tiempo necesario para refinar la pregunta de investigación
- Asignar períodos insuficientes para la revisión bibliográfica comprehensiva
- Ignorar el tiempo requerido para consultas con asesores y expertos
- Planificar sin considerar procedimientos institucionales como aprobaciones o registros

La fase de diseño metodológico abarca la definición detallada de los procedimientos de investigación, la selección o desarrollo de instrumentos, la determinación de técnicas de análisis, y en muchos casos, el diseño experimental o de prototipos. Para proyectos de ingeniería, esta fase puede incluir actividades específicas como diseño de simulaciones computacionales, desarrollo de algoritmos, definición de protocolos de laboratorio o diseño de sistemas experimentales. La duración de esta fase depende significativamente de la complejidad metodológica y la disponibilidad de instrumentos o métodos estandarizados aplicables al problema [81].

La fase de preparación logística involucra la adquisición de recursos necesarios como equipamiento, materiales, software especializado o acceso a instalaciones. También incluye actividades como reclutamiento de participantes para estudios que involucren usuarios, obtención de permisos institucionales, o establecimiento de colaboraciones externas. Esta fase frecuentemente se subestima en cronogramas preliminares, pero puede implicar periodos considerables debido a procesos administrativos, tiempos de entrega de proveedores o disponibilidad limitada de recursos especializados.

### Consideraciones logísticas en ingeniería biomédica

En un proyecto de ingeniería biomédica para desarrollar un sistema de monitorización cardiovascular no invasivo, la fase logística debe contemplar aspectos como la adquisición de componentes electrónicos específicos (que pueden tener largos tiempos de entrega si provienen del extranjero), la obtención de permisos del comité de ética para pruebas con voluntarios, el acceso a equipamiento de calibración especializado en laboratorios institucionales, y la instalación y configuración de software para análisis de señales biomédicas. La subestimación de estos aspectos puede resultar en retrasos significativos que afecten la viabilidad del proyecto dentro del marco temporal establecido.

La fase de ejecución o recolección de datos constituye frecuentemente el núcleo operativo del proyecto. Dependiendo de la naturaleza de la investigación, puede incluir realización de experimentos, implementación de simulaciones, conducción de entrevistas o encuestas, desarrollo y prueba de prototipos, o análisis de conjuntos de datos existentes. La duración de esta fase varía enormemente según el diseño metodológico, pudiendo extenderse considerablemente en estudios longitudinales o que requieran múltiples iteraciones experimentales. La planificación realista debe considerar no solo el tiempo ideal de ejecución sino también margen para repeticiones, ajustes o ampliaciones que habitualmente surgen durante el proceso [81].

### Estimación realista para fase de ejecución

Para estimar adecuadamente la duración de la fase experimental:

- Realiza un experimento piloto a pequeña escala y extrapola su duración
- Consulta con investigadores con experiencia en metodologías similares
- Incrementa en 30-50 % el tiempo teórico calculado para absorber imprevistos
- Considera explícitamente el tiempo para configuración de equipos y calibraciones
- Incluye períodos para análisis preliminares que pueden motivar ajustes metodológicos

La fase de análisis e interpretación comprende el procesamiento de los datos obtenidos, la aplicación de técnicas analíticas, la interpretación de resultados y la contrastación con la literatura existente. En proyectos de ingeniería, puede involucrar análisis estadísticos complejos, procesamiento computacional intensivo, o evaluación de rendimiento de prototipos. La duración de esta fase depende tanto del volumen de datos como de la complejidad de los análisis requeridos, y puede extenderse considerablemente si surgen resultados inesperados que requieran análisis adicionales o replanteamientos metodológicos [81].

La fase final de documentación y disseminación incluye la redacción del informe o tesis, la preparación de presentaciones, y potencialmente la elaboración de artículos científicos o solicitudes de patentes. Esta fase requiere tiempo suficiente para múltiples iteraciones de revisión y refinamiento, y su duración efectiva se extiende frecuentemente más allá de las estimaciones iniciales, especialmente para investigadores con limitada experiencia en comunicación científica formal.

### No subestimes la fase de documentación

Al planificar la fase final de tu proyecto, considera que:

- La redacción académica formal requiere múltiples revisiones y refinamientos
- El proceso de revisión por asesores puede implicar varios ciclos de retroalimentación
- La preparación de figuras, tablas y anexos técnicos consume tiempo considerable
- Los requisitos formales institucionales pueden añadir complejidad al documento final

Las herramientas para la elaboración de cronogramas varían desde opciones simples hasta sistemas sofisticados de gestión de proyectos. La selección apropiada depende de la complejidad del proyecto, las preferencias personales y los requerimientos institucionales específicos. Independientemente de la herramienta utilizada, lo fundamental es que el cronograma represente adecuadamente la estructura temporal del proyecto, facilite la visualización de secuencias e interdependencias, y permita el seguimiento efectivo del progreso .

El diagrama de Gantt constituye probablemente la representación más extendida para cronogramas de investigación. Su formato visual, que muestra actividades como barras horizontales distribuidas a lo largo de una línea temporal, facilita la comprensión inmediata de la estructura del proyecto. Herramientas como Microsoft Project, GanttProject (software libre) o plantillas específicas en Excel permiten crear estos diagramas con diferentes niveles de complejidad. La principal ventaja del formato Gantt es su capacidad para representar simultáneamente la duración de actividades, su secuenciación y sus solapamientos potenciales, proporcionando una visión global del proyecto .

#### Estructura de un diagrama de Gantt efectivo

En un proyecto de ingeniería computacional para desarrollar un sistema de análisis predictivo aplicado a mantenimiento industrial, el diagrama de Gantt podría estructurarse con fases principales como columna vertebral (revisión bibliográfica, diseño arquitectónico, desarrollo de algoritmos, integración con sistemas existentes, validación y pruebas, documentación) y desagregarse en actividades específicas dentro de cada fase. La representación visual mostraría, por ejemplo, cómo ciertas actividades de desarrollo pueden iniciarse mientras continúa la revisión bibliográfica, o cómo se solapan parcialmente el desarrollo de módulos independientes. Esta visualización facilita la optimización de la secuencia para reducir el tiempo total requerido.

El método del camino crítico (CPM) proporciona un enfoque más sofisticado para proyectos con interdependencias complejas entre actividades. Esta técnica identifica la secuencia de actividades que determina la duración mínima del proyecto (camino crítico) y distingue entre actividades críticas, cuyo retraso impacta directamente en la duración total, y actividades con holgura, que permiten cierta flexibilidad temporal. Aunque inicialmente más complejo de implementar, este enfoque resulta valioso para proyectos de ingeniería con múltiples componentes paralelos y dependencias secuenciales explícitas, como desarrollo de sistemas complejos o investigaciones multidisciplinarias .

Las herramientas digitales de gestión de proyectos como Asana, Trello o Microsoft Planner ofrecen alternativas más dinámicas y colaborativas para la planificación temporal. Estas plataformas integran funcionalidades para asignación de responsabilidades, seguimiento de progreso, establecimiento de recordatorios y comunicación entre miembros del equipo. Resultan particularmente útiles para proyectos colaborativos o cuando se requiere flexibilidad para ajustes frecuentes del cronograma, permitiendo adaptaciones ágiles sin perder la estructura organizativa fundamental [132].

#### Selección de herramientas según contexto

Para elegir la herramienta de planificación más adecuada:

- Para proyectos individuales sencillos: calendarios digitales o plantillas básicas de Excel
- Para visualización clara en documentos formales: diagramas de Gantt en Project o GanttProject
- Para proyectos colaborativos: plataformas como Asana, Trello o Microsoft Planner
- Para proyectos complejos con múltiples dependencias: software con soporte para CPM
- Para integración con gestión bibliográfica: considera herramientas compatibles con Zotero

La estimación realista de duraciones representa quizás el aspecto más desafiante en la elaboración de cronogramas efectivos. La tendencia natural hacia el optimismo (sesgo de planificación) lleva frecuentemente a subestimar el tiempo requerido, especialmente en actividades que involucran factores externos o procesos creativos. Técnicas como la estimación por tres valores (optimista, más probable, pesimista) o el juicio comparativo basado en experiencias previas similares pueden mejorar la precisión de estas estimaciones. Adicionalmente, la incorporación deliberada de márgenes de seguridad en actividades críticas o particularmente inciertas proporciona amortiguación frente a imprevistos inevitables [132].

### Factores que afectan duraciones estimadas

Al calcular la duración de actividades, ten presente factores como:

- La inevitable curva de aprendizaje para metodologías o técnicas nuevas
- Restricciones institucionales como horarios de laboratorios o períodos académicos
- Disponibilidad limitada de recursos compartidos como equipamiento especializado
- Dependencias externas como entregas de proveedores o aprobaciones administrativas

El establecimiento de hitos intermedios constituye una estrategia efectiva para estructurar y monitorear el avance del proyecto. Estos puntos de control, asociados a entregables o logros específicos, fragmentan el proyecto en segmentos manejables y proporcionan oportunidades regulares para evaluación y reajuste. En el contexto académico, pueden alinearse con fechas institucionales como presentaciones preliminares, o definirse internamente como completamiento de fases metodológicas clave. La distribución estratégica de hitos a lo largo del cronograma facilita además la percepción de progreso, factor motivacional importante especialmente en proyectos de larga duración .

La gestión de riesgos temporales complementa la planificación básica mediante la identificación proactiva de factores que podrían afectar el cumplimiento del cronograma. Este análisis implica considerar explícitamente eventos potenciales como fallos de equipamiento, resultados experimentales inesperados, cambios en disponibilidad de recursos o enfermedad del investigador, evaluando su probabilidad e impacto potencial. La definición anticipada de planes de contingencia para los riesgos significativos proporciona adaptabilidad estructurada frente a imprevistos, reduciendo su impacto sobre el cronograma global [132].

#### Contingencias en investigación experimental

En un proyecto de ingeniería civil centrado en el comportamiento de un nuevo material compuesto bajo cargas dinámicas, el análisis de riesgos temporales podría identificar amenazas como: fallo de la máquina de ensayos (mitigación: programar mantenimiento preventivo y localizar instalaciones alternativas de respaldo), resultados anómalos que requieran repetición de pruebas (mitigación: incluir explícitamente tiempo para validación preliminar), o retrasos en fabricación de especímenes por problemas de curado (mitigación: programar producción escalonada con margen para ajustes). Para cada riesgo identificado, se establece tanto la estrategia preventiva como el plan alternativo si el evento efectivamente ocurre.

La flexibilidad y adaptabilidad del cronograma adquieren particular relevancia en el contexto de la investigación, donde la incertidumbre inherente al proceso de descubrimiento puede requerir modificaciones sustanciales de la planificación inicial. Un cronograma efectivo no debe concebirse como una estructura rígida sino como un documento vivo que evoluciona con el proyecto. La implementación de revisiones periódicas programadas, combinada con mecanismos ágiles para ajustes cuando surgen desviaciones significativas, mantiene la utilidad del cronograma como herramienta de orientación incluso frente a cambios sustanciales en el rumbo del proyecto [81].

La comunicación efectiva del cronograma a todos los involucrados representa un aspecto frecuentemente subestimado pero fundamental para su funcionalidad. Esto implica tanto la claridad visual en su representación como la explicitación de supuestos, restricciones y dependencias críticas. En contextos académicos, resulta particularmente importante la alineación del cronograma con expectativas y plazos institucionales, así como su comunicación transparente a asesores o directores de tesis, facilitando la sincronización de actividades de supervisión y retroalimentación con las fases proyectadas del trabajo .

#### Presentación efectiva del cronograma

Para comunicar eficazmente tu cronograma:

- Utiliza representaciones visuales intuitivas como diagramas de Gantt
- Incluye una leyenda clara para códigos de color o símbolos utilizados



- Proporciona dos niveles de detalle: visión general y desglose por actividades
- Destaca explícitamente hitos críticos y fechas institucionales relevantes
- Complementa el diagrama con notas sobre supuestos clave y posibles contingencias

La planificación temporal realista constituye un factor determinante en la factibilidad global del proyecto de investigación. Un cronograma bien elaborado no solo distribuye actividades sino que garantiza la viabilidad del estudio dentro de las restricciones temporales existentes, sean estas académicas, financieras o personales. La habilidad para desarrollar cronogramas efectivos, monitorear su cumplimiento y adaptarlos estratégicamente cuando sea necesario representa una competencia metodológica fundamental que trasciende el proyecto específico para convertirse en un activo profesional perdurable.

### 3.1.1 Establecimiento de hitos y entregables

#### Objetivo de esta sección

Comprender la importancia de los hitos y entregables en el cronograma de investigación, aprender a definirlos adecuadamente y desarrollar criterios para su distribución estratégica a lo largo del proyecto, facilitando el seguimiento del progreso y la evaluación de resultados.

Los hitos y entregables conforman elementos estructurales en la planificación temporal de una investigación. Estos componentes permiten fragmentar el proceso investigativo en unidades manejables, facilitando el seguimiento del avance y proporcionando puntos de control para evaluar los resultados parciales. Su correcta definición contribuye significativamente a mantener el proyecto dentro de los plazos establecidos.

Un hito representa un punto de referencia que marca un evento importante en el proyecto. A diferencia de las actividades, los hitos no consumen tiempo ni recursos, sino que señalan momentos específicos donde se completa una fase, se toma una decisión relevante o se alcanza un logro significativo. Los hitos actúan como anclas temporales que estructuran el cronograma y permiten visualizar el progreso general del proyecto.

Los entregables, por su parte, constituyen productos tangibles o verificables que resultan del trabajo realizado. Estos pueden ser documentos, prototipos, conjuntos de datos, algoritmos implementados o cualquier otro resultado concreto que demuestre el avance del proyecto. La definición clara de los entregables permite establecer expectativas precisas sobre los resultados de cada fase de la investigación.

#### Ejemplo: Hitos y entregables en investigación estructural

En un proyecto de evaluación sísmica de estructuras existentes, los hitos podrían incluir: finalización del modelo matemático, validación del algoritmo de simulación y conclusión del análisis comparativo. Los entregables asociados incluirían respectivamente: documento de especificaciones del modelo, informe de validación con resultados de pruebas y reporte técnico con gráficos comparativos de comportamiento estructural bajo diferentes condiciones sísmicas.

La distribución estratégica de hitos a lo largo del cronograma potencia su función como mecanismo de control. Se recomienda establecer hitos al finalizar fases principales, antes de transiciones importantes y en puntos intermedios de etapas prolongadas. Esta distribución permite detectar desviaciones temporales cuando aún existe margen para implementar acciones correctivas [96]. La frecuencia óptima depende de la duración total del proyecto, aunque generalmente se sugiere que los hitos no estén separados por más de 4-6 semanas en investigaciones académicas.

### Errores comunes al establecer hitos

- Definir hitos demasiado ambiguos o generales
- Establecer una cantidad excesiva de hitos que burocratiza el proceso
- Confundir actividades continuas con hitos puntuales
- No vincular los hitos con criterios verificables de cumplimiento
- Distribuirlos irregularmente, concentrándolos al inicio o al final

La calidad de los entregables debe especificarse mediante criterios claros de aceptación. Estos criterios definen las características mínimas que debe cumplir cada producto para considerarse completo y satisfactorio. La definición previa de estos estándares evita ambigüedades en la evaluación y reduce la necesidad de reelaboración. Los criterios pueden incluir aspectos técnicos, metodológicos, formales o cualquier otro parámetro relevante según la naturaleza del entregable.

Los hitos pueden clasificarse según su función dentro del proyecto. Los hitos de decisión marcan puntos donde se evalúan alternativas y se determina la dirección futura. Los hitos de revisión permiten examinar el progreso y la calidad del trabajo realizado. Los hitos de entrega señalan la finalización de productos significativos. Los hitos administrativos se relacionan con aspectos de gestión como reuniones con asesores o presentaciones de avance.

#### Ejemplo: Tipos de hitos en investigación biomédica

En un proyecto de procesamiento de señales para diagnóstico cardíaco, los hitos de decisión podrían incluir la selección del enfoque algorítmico después de evaluar diferentes técnicas. Los hitos de revisión incluirían la verificación del rendimiento del algoritmo con datos de prueba. Los hitos de entrega marcarían la finalización del prototipo funcional. Los hitos administrativos señalarían las reuniones de seguimiento con el comité de bioética.

La estructura de desglose del trabajo (EDT) proporciona una base sólida para identificar entregables. Esta herramienta descompone jerárquicamente el proyecto en componentes más pequeños, hasta llegar a unidades de trabajo manejables con productos asociados. La EDT permite visualizar la totalidad del proyecto y garantiza que ningún entregable importante se omita en la planificación [97]. El nivel más bajo de la EDT debe corresponder a paquetes de trabajo que generen entregables verificables.

#### Ejemplo: EDT en proyecto de ingeniería computacional

En el desarrollo de un sistema de reconocimiento de patrones, la EDT podría descomponer el proyecto en: adquisición de datos, preprocesamiento, extracción de características, selección de algoritmos, entrenamiento, evaluación y documentación. Cada componente se subdividiría hasta llegar a entregables concretos como el conjunto de datos etiquetado, el código de preprocesamiento documentado o el informe de métricas de rendimiento.

La dependencia entre entregables debe reflejarse en el cronograma. Algunos entregables requieren insumos de productos anteriores, estableciendo relaciones secuenciales que afectan la planificación temporal. Estas dependencias pueden ser obligatorias, cuando existe imposibilidad técnica de avanzar sin el entregable previo, o discrecionales, cuando representan la secuencia preferida aunque existan alternativas. La identificación precisa de estas relaciones permite optimizar la distribución de trabajo y recursos.

La responsabilidad sobre cada entregable debe asignarse claramente. En proyectos individuales, esta asignación parece obvia, pero conviene especificar qué partes requieren aprobación del asesor o involucran colaboración externa. En investigaciones colaborativas, la matriz de responsabilidades RACI (Responsable, Aprobador, Consultado, Informado) proporciona un marco útil para definir los roles respecto a cada entregable.

### Definición efectiva de hitos y entregables

1. Formula los hitos como eventos específicos y verificables
2. Utiliza la convención SMART para los entregables (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes, Temporales)
3. Conecta los hitos con los objetivos específicos del proyecto
4. Establece criterios de aceptación cuantitativos cuando sea posible
5. Documenta tanto el entregable como el proceso para obtenerlo

La flexibilidad controlada en la gestión de hitos y entregables permite adaptarse a las circunstancias cambiantes de la investigación. Si bien estos elementos proporcionan estructura, su modificación justificada no debe verse como fracaso sino como parte del proceso adaptativo inherente a la investigación científica. La documentación de cambios y sus razones facilita el aprendizaje para futuros proyectos y mantiene la transparencia del proceso.

La celebración del cumplimiento de hitos importantes contribuye a mantener la motivación durante el proyecto. El reconocimiento del progreso, aunque sea mediante pequeñas acciones personales como tomar un descanso planificado o compartir el logro con el asesor, refuerza positivamente el avance y ayuda a mantener el impulso en fases posteriores. Los hitos proporcionan momentos naturales para estas celebraciones y para reflexionar sobre lo aprendido hasta ese punto.

### 3.1.2 Actividad: Desarrollo de cronograma para proyecto individual

#### Objetivo de esta sección

Aplicar los conocimientos adquiridos sobre planificación temporal mediante el desarrollo de un cronograma personalizado para el anteproyecto de investigación, estableciendo actividades, hitos y entregables acordes con los objetivos específicos del trabajo propuesto.

La elaboración del cronograma para el proyecto individual representa la aplicación práctica de los conceptos revisados en las secciones previas. Esta actividad implica trasladar las ideas generales sobre planificación temporal a un contexto específico, considerando las características particulares del tema de investigación seleccionado, los recursos disponibles y las restricciones temporales existentes.

El proceso de desarrollo del cronograma comienza con la identificación exhaustiva de las actividades necesarias para completar el proyecto. Estas actividades deben derivarse directamente de los objetivos específicos planteados y abarcar desde la revisión bibliográfica inicial hasta la presentación final del trabajo. La descomposición detallada de cada objetivo en tareas concretas permite asegurar que ningún aspecto importante quede excluido de la planificación [55].

Para cada actividad identificada se debe estimar su duración realista. Esta estimación requiere considerar la complejidad inherente de la tarea, la experiencia previa en actividades similares, la disponibilidad de recursos y las posibles contingencias. Se recomienda utilizar la técnica PERT para actividades con mayor incertidumbre, calculando la duración esperada mediante la fórmula:  $(\text{tiempo optimista} + 4 \times \text{tiempo más probable} + \text{tiempo pesimista}) \div 6$  [41].

#### Ejemplo: Estimación PERT en proyecto estructural

Para la actividad «Realizar ensayos de resistencia en probetas de concreto» en un proyecto de ingeniería civil, podríamos estimar: - Tiempo optimista: 14 días (si el laboratorio está disponible inmediatamente) - Tiempo más probable: 21 días (considerando tiempos típicos de espera) - Tiempo pesimista: 35 días (contemplando posibles fallas en equipos)

Duración estimada =  $(14 + 4 \times 21 + 35) \div 6 = 22.2$  días 23 días

El establecimiento de las relaciones de precedencia entre actividades constituye el siguiente paso. Es necesario identificar qué tareas deben completarse antes de iniciar otras, cuáles pueden realizarse simultáneamente y qué actividades tienen flexibilidad temporal. Estas relaciones determinan la estructura lógica del cronograma y afectan directamente la duración total del proyecto. Se distinguen cuatro tipos de relaciones: fin-inicio, inicio-inicio, fin-fin e inicio-fin, siendo la primera la más común en proyectos de investigación académica .

#### Ejemplo: Relaciones de precedencia en proyecto biomédico

En una investigación sobre procesamiento de señales electrocardiográficas, podemos establecer estas relaciones: - Fin-Inicio: El diseño del algoritmo debe finalizar antes de iniciar la implementación del código - Inicio-Inicio: La revisión bibliográfica puede iniciarse simultáneamente con la definición del problema - Fin-Fin: La elaboración de gráficos de resultados debe finalizar junto con el análisis estadístico - Inicio-Fin: La adquisición de datos de pacientes debe iniciar al menos dos meses antes de finalizar el proyecto

La distribución de los hitos a lo largo del cronograma requiere atención especial. Estos puntos de control deben ubicarse estratégicamente para marcar la conclusión de fases importantes y permitir la evaluación oportuna del avance. Se recomienda establecer al menos un hito al finalizar cada fase principal del proyecto (planificación, ejecución, análisis, documentación) y añadir hitos intermedios en etapas prolongadas. Los hitos deben vincularse con entregables concretos que permitan verificar objetivamente su cumplimiento [57].

#### ⚠ Errores frecuentes en la actividad

- Omitir tiempos de revisión y retroalimentación del asesor
- Subestimar la duración de la fase de análisis de resultados
- No considerar tiempos administrativos (trámites, permisos)
- Planificar sin margen para contratiempos o ajustes
- Ignorar compromisos académicos paralelos (exámenes, cursos)

La representación visual del cronograma facilita su comprensión y comunicación. Se recomienda elaborar un diagrama de Gantt utilizando alguna de las herramientas discutidas previamente, asignando diferentes colores a las distintas fases o tipos de actividades. Esta visualización debe incluir claramente las fechas de inicio y fin de cada tarea, los hitos establecidos y las relaciones de precedencia entre actividades. La escala temporal debe ajustarse a la duración total del proyecto, permitiendo un nivel de detalle adecuado .

El análisis de la ruta crítica identifica la secuencia de actividades que determina la duración mínima del proyecto. Las tareas que forman parte de esta ruta carecen de holgura temporal, por lo que cualquier retraso en ellas afectará directamente la fecha de finalización del proyecto. La identificación de la ruta crítica permite priorizar recursos y atención en las actividades que realmente pueden comprometer los plazos establecidos .

#### Ejemplo: Ruta crítica en proyecto computacional

En el desarrollo de un sistema de inteligencia artificial para reconocimiento de patrones, la ruta crítica podría incluir: recopilación del conjunto de datos, limpieza y preprocesamiento, diseño del modelo, entrenamiento (que requiere semanas de procesamiento) y evaluación de rendimiento. Actividades como la elaboración de la interfaz de usuario podrían tener holgura y realizarse en paralelo sin afectar la fecha final.

La asignación de recursos debe reflejarse en el cronograma, especialmente cuando existen limitaciones importantes. Esto incluye el tiempo personal disponible, equipos de laboratorio, espacios de trabajo, recursos computacionales o cualquier otro elemento necesario para ejecutar las actividades. La distribución equilibrada de la carga de trabajo a lo largo del tiempo evita periodos de sobrecarga que podrían comprometer la calidad o los plazos [121].

La validación del cronograma con el asesor académico constituye un paso fundamental. Esta revisión conjunta

permite identificar posibles omisiones, estimaciones poco realistas o incongruencias en la planificación. El asesor, desde su experiencia, puede proporcionar retroalimentación valiosa sobre aspectos específicos del área de investigación que podrían afectar los tiempos estimados. Esta validación debe ocurrir antes de comprometerse formalmente con fechas específicas [38].

#### Recomendaciones para el desarrollo del cronograma

1. Elabora primero un borrador esquemático antes de detallar cada actividad
2. Consulta cronogramas de proyectos similares como referencia
3. Considera tu ritmo personal de trabajo y otras responsabilidades
4. Reserva al menos 15-20 % del tiempo total para imprevistos
5. Revisa periódicamente el cronograma y ajústalo según el avance real

La documentación del cronograma debe incluir no solo el diagrama visual sino también notas explicativas sobre las estimaciones realizadas, supuestos considerados y potenciales riesgos identificados. Esta información contextual facilita la comprensión del razonamiento detrás de la planificación y proporciona bases para posibles ajustes futuros. El documento debe presentarse en un formato accesible y fácilmente actualizable [84].

La actividad concluye con la integración del cronograma en el documento del anteproyecto. Esta sección debe presentar claramente la planificación temporal, explicando brevemente la metodología utilizada para su elaboración y destacando los hitos principales. El cronograma debe alinearse coherentemente con los objetivos, la metodología y los recursos descritos en otras secciones del documento, mostrando la viabilidad temporal del proyecto propuesto.

## 3.2 Redacción e integración del protocolo

### 3.2.1 Estilo y formato académico para protocolos

#### Objetivo de esta sección

Conocer las convenciones de estilo y formato propias de los documentos académicos, específicamente de los protocolos de investigación, para producir un texto que cumpla con los estándares de comunicación científica en ingeniería y facilite la comprensión precisa de la propuesta.

La comunicación efectiva de una propuesta de investigación requiere adherirse a convenciones de estilo y formato académico establecidas. Estas normas no representan meras formalidades, sino que facilitan la transmisión clara y precisa de las ideas, permitiendo que los evaluadores se centren en el contenido sustantivo sin distracciones por inconsistencias en la presentación. El protocolo de investigación, como documento formal, debe reflejar el rigor metodológico y la seriedad académica del trabajo propuesto.

El lenguaje académico en ingeniería se caracteriza por su precisión, objetividad y claridad. Se recomienda utilizar oraciones directas con estructura sujeto-verbo-complemento, evitando construcciones rebuscadas o excesivamente largas que puedan dificultar la comprensión. La terminología técnica debe emplearse con propiedad, definiendo los conceptos especializados cuando se introducen por primera vez en el texto. Esta práctica resulta especialmente importante en campos interdisciplinarios donde los mismos términos pueden tener significados diferentes según la especialidad [1].

#### Ejemplo: Precisión terminológica

En un protocolo sobre modelación estructural en ingeniería civil, el término «rigidez» debe definirse matemáticamente cuando aparece por primera vez: «La rigidez ( $k$ ), definida como la relación entre la fuerza aplicada y el desplazamiento resultante ( $k = F/\delta$ ), determina la respuesta dinámica de la estructura ante cargas variables». Esta definición explícita evita ambigüedades interpretativas al establecer el parámetro exacto al que se refiere el investigador.

La impersonalidad constituye una característica distintiva del estilo académico. Se prefiere el uso de la tercera persona y construcciones pasivas que enfatizan los procesos y resultados por encima de quien los ejecuta. Esta convención refuerza la objetividad del texto y desplaza la atención desde el investigador hacia los fenómenos estudiados. Sin embargo, en secciones como la justificación o la metodología, puede resultar apropiado utilizar la primera persona del plural (nosotros) cuando se describen decisiones metodológicas específicas [43].

La estructura sintáctica debe mantener un equilibrio entre formalidad y accesibilidad. Las oraciones complejas con múltiples subordinaciones dificultan la comprensión, especialmente para lectores no nativos del español. Se recomienda alternar oraciones simples con otras de complejidad moderada, manteniendo una longitud media de 15-25 palabras por oración. Los párrafos deben desarrollar una idea principal y mantener una extensión razonable, generalmente entre 100-150 palabras en documentos académicos de ingeniería.

#### Problemas comunes de estilo

- Uso excesivo de gerundios en posiciones sintácticas incorrectas
- Abuso de nominalizaciones que reducen la claridad y dinamismo
- Redundancias léxicas que no aportan información adicional
- Concatenación excesiva de complementos nominales
- Abuso de anglicismos innecesarios cuando existen términos equivalentes en español

El formato visual del documento influye significativamente en su legibilidad. La tipografía debe seleccionarse considerando criterios de legibilidad y neutralidad estilística. Para el cuerpo del texto, se recomiendan fuentes serif como Times New Roman, Latin Modern Roman o Computer Modern con tamaño entre 11-12 puntos. Los encabezados deben diferenciarse claramente mediante tamaño, negrita o ambos, manteniendo una jerarquía visual coherente. El interlineado de 1.5 facilita la lectura y permite añadir anotaciones durante la revisión.

La organización de párrafos y secciones debe facilitar la navegación por el documento. Cada párrafo debe contener una idea principal identificable, preferentemente expresada en la primera oración. Las transiciones entre párrafos deben ser fluidas, utilizando conectores lógicos apropiados que expliciten las relaciones entre ideas. Las secciones principales deben identificarse mediante encabezados informativos que anticipen su contenido, evitando títulos genéricos o ambiguos.

#### Ejemplo: Organización en investigación biomédica

En un protocolo sobre procesamiento de señales electroencefalográficas, la sección metodológica podría estructurarse con encabezados como: «Adquisición de señales EEG», «Preprocesamiento y filtrado», «Extracción de características mediante transformada wavelet» y «Clasificación mediante redes neuronales convolucionales». Esta estructura permite al lector ubicar rápidamente la información específica de interés y comprender la secuencia lógica del proceso.

Las citas y referencias constituyen elementos fundamentales del texto académico. Estas deben seguir consistentemente un sistema reconocido, siendo los estilos APA, IEEE y Vancouver los más utilizados en ingeniería según la especialidad. Las citas integradas en el texto deben proporcionar contexto suficiente para comprender su relevancia sin necesidad de consultar inmediatamente la referencia. Se recomienda evitar citas innecesarias o excesivas que interrumpan el flujo del texto, así como párrafos contruidos enteramente con citas concatenadas [3].

La presentación de ecuaciones, fórmulas y unidades debe seguir convenciones estandarizadas. Las ecuaciones importantes deben numerarse para facilitar su referencia posterior en el texto. Las variables deben identificarse claramente cuando aparecen por primera vez, explicando su significado físico. Las unidades deben expresarse preferentemente en el Sistema Internacional (SI), incluyendo los espacios apropiados entre valores y unidades. La notación matemática debe ser consistente a lo largo de todo el documento .

#### Ejemplo: Presentación de ecuaciones en ingeniería computacional

En un protocolo sobre optimización de algoritmos, una ecuación podría presentarse así:

$$E(f) = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 + \lambda \int [f''(x)]^2 dx \quad (3.1)$$

donde  $E(f)$  representa la función de error a minimizar,  $y_i$  son los valores observados,  $f(x_i)$  son los valores predichos,  $n$  es el número total de observaciones,  $f''(x)$  es la segunda derivada de la función  $f$ , y  $\lambda$  es un parámetro de regularización que controla el equilibrio entre ajuste y suavidad.

La presentación de tablas y figuras debe optimizar la transmisión visual de información. Cada elemento gráfico debe tener un propósito claro, evitando redundancias con el texto. Las tablas deben diseñarse con encabezados informativos y estructura simple, minimizando líneas divisorias. Las figuras deben tener resolución adecuada, etiquetas legibles y escalas apropiadas. Tanto tablas como figuras requieren numeración secuencial, títulos descriptivos y, cuando proceda, notas explicativas a pie de imagen [107].

#### Consejos para mejorar tu estilo académico

1. Lee en voz alta tu texto para identificar construcciones poco naturales
2. Utiliza herramientas de revisión gramatical como complemento (no sustituto) de la revisión humana
3. Crea un glosario personal de términos técnicos para mantener consistencia
4. Revisa específicamente las transiciones entre párrafos y secciones
5. Pide a colegas de diferentes especialidades que revisen la claridad de tu texto

El uso de apéndices permite descargar el cuerpo principal del documento de detalles técnicos extensos que, aunque importantes, podrían interrumpir el flujo argumentativo. Los apéndices resultan ideales para incluir demostraciones matemáticas, códigos de programación, cuestionarios, formularios de consentimiento o especificaciones técnicas detalladas. Estos elementos deben referenciarse adecuadamente en el texto principal y organizarse con la misma rigurosidad que el resto del documento [30].

La revisión lingüística final representa una etapa imprescindible antes de la presentación. Esta revisión debe abordar aspectos ortográficos, gramaticales, de puntuación y de consistencia terminológica. Se recomienda realizar múltiples revisiones con objetivos específicos: una centrada en la estructura argumentativa, otra en aspectos formales del lenguaje, y una final para verificar la consistencia de elementos como numeración, referencias y formato. La implementación de listas de verificación específicas facilita este proceso sistemático de revisión .

### 3.2.2 Coherencia interna del documento

#### Objetivo de esta sección

Comprender la importancia de la coherencia interna en el protocolo de investigación, identificar los elementos que deben mantener una relación lógica entre sí y aplicar estrategias para asegurar la consistencia argumental, metodológica y formal a lo largo de todo el documento.



La coherencia interna constituye una cualidad fundamental de todo documento académico efectivo. En el contexto del protocolo de investigación, la coherencia se refiere a la interrelación lógica y armónica entre todos los componentes del documento, desde el título hasta las referencias bibliográficas. Esta propiedad textual asegura que cada elemento contribuya significativamente al propósito central del texto y mantenga relaciones consistentes con los demás componentes.

La alineación entre título, objetivos y metodología representa el núcleo de la coherencia interna. Estos tres elementos deben mantener una correspondencia exacta, de modo que los objetivos operacionalicen lo anunciado en el título, y la metodología proporcione los medios específicos para alcanzar cada objetivo. Cualquier desajuste entre estos componentes genera confusión sobre el propósito real de la investigación y puede comprometer la viabilidad percibida del proyecto .

#### Ejemplo: Alineación en investigación estructural

En un protocolo titulado «Evaluación del comportamiento sísmico de edificaciones escolares en zonas de alta vulnerabilidad mediante análisis dinámico no lineal», el objetivo general debe abordar específicamente la evaluación sísmica de las edificaciones escolares mencionadas usando el método de análisis dinámico no lineal. La metodología, consecuentemente, debe detallar los procedimientos para modelar estructuralmente los edificios escolares, aplicar el análisis dinámico no lineal y determinar su comportamiento bajo diferentes escenarios sísmicos.

La congruencia conceptual implica utilizar términos y definiciones de manera consistente a lo largo del documento. Los conceptos clave deben definirse claramente cuando aparecen por primera vez y mantenerse invariables en todas las secciones. El uso fluctuante de términos o la introducción de conceptos no definidos previamente genera ambigüedad interpretativa y dificulta la evaluación de la propuesta. Se recomienda elaborar un glosario operativo durante la redacción para asegurar esta uniformidad conceptual .

La coherencia argumentativa se refiere a la progresión lógica del razonamiento a través del documento. Cada sección debe construirse sobre las anteriores, evitando saltos conceptuales o argumentos desconectados. La justificación debe conducir naturalmente a los objetivos, estos deben reflejarse en la metodología propuesta, y el cronograma debe contemplar el tiempo necesario para ejecutar los procedimientos descritos. Esta progresión lógica debe mantenerse también dentro de cada sección, con párrafos que desarrollen ideas conectadas entre sí [16].

#### Indicadores de incoherencia interna

- Objetivos que no se relacionan con el título del trabajo
- Metodología que no permite alcanzar alguno de los objetivos específicos
- Referencias a conceptos o variables no definidos previamente
- Cronograma que omite actividades necesarias según la metodología
- Contradicciones entre afirmaciones en diferentes secciones del documento

La coherencia metodológica asegura que los métodos propuestos sean compatibles entre sí y adecuados para el problema investigado. Los instrumentos de recolección de datos, técnicas de análisis y procedimientos de validación deben formar un sistema integrado orientado hacia los objetivos establecidos. Cualquier incompatibilidad metodológica, como proponer análisis estadísticos inapropiados para el tipo de datos a recolectar, compromete la validez del diseño de investigación .

#### Ejemplo: Coherencia metodológica en investigación biomédica

En un protocolo sobre detección temprana de arritmias cardíacas mediante procesamiento de señales, debe existir coherencia entre el método de adquisición de señales (por ejemplo, electrocardiograma de 12 derivaciones), los algoritmos de procesamiento propuestos (como la transformada wavelet continua), y las métricas de evaluación seleccionadas (sensibilidad y especificidad diagnóstica). La inconsistencia entre estos elementos, como proponer métricas de evaluación imposibles de calcular con los datos adquiridos, revelaría una falta de coherencia metodológica.

La consistencia formal abarca aspectos como el estilo de redacción, formato de citas, numeración de ecuaciones y figuras, y convenciones tipográficas. Estos elementos deben seguir patrones uniformes a lo largo del documento, conforme a las normas académicas adoptadas. La variación en el sistema de citación o en la estructuración de elementos similares no solo afecta la estética del documento, sino que puede generar confusión y percepción de descuido, perjudicando la credibilidad del trabajo [115].

La coherencia temporal se manifiesta en la consistencia entre la magnitud de los objetivos propuestos, la metodología planteada y el cronograma establecido. Los tiempos asignados deben ser realistas considerando la complejidad de cada actividad, y la secuencia temporal debe respetar las dependencias lógicas entre tareas. Un cronograma que comprima excesivamente actividades complejas o que no contemple tiempos adecuados para procedimientos descritos en la metodología evidencia una ruptura en la coherencia interna del documento .

#### Ejemplo: Coherencia temporal en investigación computacional

En un protocolo para desarrollar un sistema de reconocimiento de imágenes basado en aprendizaje profundo, sería incoherente proponer la recolección y etiquetado manual de 100,000 imágenes, el entrenamiento de múltiples arquitecturas de redes neuronales y la validación exhaustiva del sistema en aplicaciones reales, todo en un cronograma de seis semanas. Esta desconexión entre la magnitud de las tareas propuestas y el tiempo asignado sugiere una falta de comprensión sobre los requisitos reales del proyecto.

La verificación sistemática de la coherencia interna requiere examinar las relaciones bidireccionales entre componentes. Se recomienda elaborar matrices de consistencia que expliciten las conexiones entre título, problema, objetivos, hipótesis, variables, métodos y cronograma. Esta visualización facilita la identificación de posibles desconexiones o inconsistencias que podrían pasar desapercibidas en una revisión lineal del documento [45].

#### Matriz de coherencia para verificación

1. Crea una tabla con columnas para cada objetivo específico
2. Para cada objetivo, identifica los métodos correspondientes que permitirán alcanzarlo
3. Verifica que cada método esté descrito adecuadamente en la sección metodológica
4. Confirma que cada método tenga asignado tiempo suficiente en el cronograma
5. Revisa que los recursos necesarios para cada método estén considerados

La revisión por pares constituye una estrategia efectiva para detectar incoherencias. Colegas no familiarizados con el proyecto pueden identificar más fácilmente desconexiones lógicas, omisiones o contradicciones que podrían resultar invisibles para el autor debido a su proximidad con el texto. Se recomienda solicitar revisiones específicamente orientadas a verificar la coherencia entre componentes predeterminados, proporcionando a los revisores preguntas concretas sobre las relaciones entre elementos del documento .

El uso de herramientas visuales como mapas conceptuales o diagramas de flujo facilita la verificación de la coherencia estructural. Estas representaciones permiten visualizar las interconexiones entre conceptos, métodos y objetivos, revelando posibles desarticulaciones. La elaboración de estos esquemas durante el proceso de planificación, antes de la redacción detallada, permite establecer una estructura coherente desde el inicio,

reduciendo la necesidad de reorganizaciones posteriores .

La coherencia bibliográfica implica que las referencias citadas sean pertinentes y suficientes para respaldar los argumentos presentados. Las fuentes deben abarcar los conceptos fundamentales, metodologías propuestas y técnicas analíticas mencionadas en el documento. La omisión de referencias clave relacionadas con aspectos centrales del trabajo, o la inclusión de citas irrelevantes para el tema de estudio, indica deficiencias en la fundamentación teórico-metodológica del proyecto .

### 3.2.3 Revisión y refinamiento del protocolo

#### **Objetivo de esta sección**

Comprender la importancia del proceso de revisión sistemática y refinamiento del protocolo de investigación, identificar estrategias efectivas para la detección de áreas de mejora y aplicar técnicas específicas para fortalecer la calidad del documento final.

El proceso de revisión y refinamiento constituye una fase determinante en el desarrollo del protocolo de investigación. Esta etapa trasciende la simple corrección de errores ortográficos o gramaticales para convertirse en una evaluación integral de todos los aspectos del documento. Un protocolo adecuadamente revisado aumenta significativamente sus probabilidades de aprobación y establece bases sólidas para la ejecución exitosa del proyecto.

La revisión efectiva debe abordarse como un proceso sistemático y multinivel. Se recomienda establecer varias rondas de revisión, cada una con objetivos específicos y enfocada en diferentes aspectos del documento. Esta aproximación estructurada evita la sobrecarga cognitiva de intentar evaluar simultáneamente contenido, estructura, claridad y formato, lo que podría llevar a pasar por alto problemas importantes .

La primera fase debe centrarse en la revisión conceptual y estructural. Durante esta etapa, se evalúa si el protocolo presenta una argumentación coherente y completa desde el planteamiento del problema hasta la metodología propuesta. Se debe verificar que cada sección cumple su función específica dentro del documento y que existe una progresión lógica entre ellas. La elaboración de un esquema retrospectivo del contenido actual puede revelar inconsistencias estructurales o argumentos incompletos [113].

#### **Ejemplo: Revisión estructural en ingeniería civil**

Al revisar un protocolo sobre análisis de vulnerabilidad sísmica, se puede crear un mapa de contenido que represente la estructura actual. Este mapa podría revelar que la sección de metodología detalla extensamente los procedimientos de modelación computacional, pero omite explicar cómo se validarán los resultados del modelo contra datos empíricos. Esta detección permite complementar la metodología con un apartado sobre validación experimental o comparativa.

La revisión metodológica requiere particular atención. Durante esta fase se debe evaluar la viabilidad, pertinencia y suficiencia de los métodos propuestos para alcanzar los objetivos planteados. Es fundamental considerar si los métodos seleccionados son los más adecuados, si se han descrito con suficiente detalle para ser replicables, y si se han contemplado posibles dificultades y sus soluciones. La consulta con expertos en metodologías específicas resulta especialmente valiosa en esta etapa .

#### **Errores metodológicos frecuentes**

- Proponer métodos sin detallar procedimientos específicos de implementación
- Seleccionar técnicas inapropiadas para el tipo de datos a analizar
- Omitir procedimientos de validación o verificación de resultados
- Ignorar limitaciones conocidas de los métodos seleccionados

- Describir equipos o software sin especificar versiones o parámetros de configuración

La revisión de precisión y claridad constituye otra fase fundamental. Esta revisión se centra en la expresión adecuada de las ideas, asegurando que cada oración comunique exactamente lo que el autor pretende. Se debe prestar especial atención a la eliminación de ambigüedades, la definición precisa de términos técnicos y la adecuación del lenguaje al nivel de especificidad requerido. La lectura en voz alta del texto puede revelar construcciones poco naturales o confusas que podrían pasar desapercibidas en una revisión silenciosa [129].

#### Ejemplo: Mejora de claridad en ingeniería biomédica

Versión original: «Se aplicará procesamiento de señales para extraer características relevantes».

Versión mejorada: «Se aplicará la transformada wavelet discreta con una wavelet madre Daubechies-4 para extraer características tiempo-frecuencia de las señales electrocardiográficas, específicamente para identificar complejos QRS anormales indicativos de arritmias ventriculares».

La versión mejorada elimina la ambigüedad al especificar exactamente qué tipo de procesamiento se aplicará, sobre qué señales y con qué propósito.

La revisión de formato y estilo verifica la adherencia a las normas académicas establecidas. Esta fase incluye la revisión de citas y referencias, formato de tablas y figuras, numeración de secciones, uso consistente de mayúsculas en títulos, y demás aspectos formales. Se recomienda utilizar listas de verificación específicas que contemplen todos los requisitos formales relevantes para la institución o publicación a la que se someterá el protocolo [4].

La lectura crítica por pares representa una estrategia invaluable para el refinamiento del protocolo. Colegas no familiarizados con el proyecto pueden identificar aspectos poco claros, inconsistencias o debilidades que el autor podría pasar por alto debido a su proximidad con el texto. Para maximizar el beneficio de esta revisión, se recomienda proporcionar a los revisores pautas específicas sobre los aspectos a evaluar y preguntas concretas sobre el documento .

#### Guía para revisores externos

1. Solicita a tu revisor que primero identifique el objetivo principal y la metodología según su comprensión del texto
2. Pide retroalimentación específica sobre la claridad de la justificación del problema
3. Solicita que identifique la sección más débil o menos desarrollada
4. Pregunta si la propuesta le parece factible con los recursos y tiempo descritos
5. Pide sugerencias concretas para fortalecer el aspecto más vulnerable del protocolo

El refinamiento basado en retroalimentación debe abordarse sistemáticamente. No todas las sugerencias recibidas deben implementarse automáticamente, sino evaluarse considerando su contribución a la calidad global del documento. Se recomienda categorizar la retroalimentación según su naturaleza (conceptual, metodológica, estructural, estilística) y priorizar las modificaciones que abordan aspectos fundamentales del protocolo antes de dedicar tiempo a mejoras menores o cosméticas [90].

La revisión del cronograma y recursos requiere verificar su realismo y completitud. Durante esta fase se debe evaluar si los tiempos asignados son suficientes para cada actividad, si se han contemplado todas las tareas necesarias y si los recursos descritos permitirán ejecutar la metodología propuesta. La consulta con investigadores experimentados en el área específica resulta particularmente valiosa para calibrar estas estimaciones basándose en experiencias previas similares [53].

#### Ejemplo: Refinamiento de cronograma en informática

En un protocolo sobre desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial, la revisión podría revelar que se han asignado solo dos semanas para la recolección y etiquetado de datos de entrenamiento, cuando proyectos similares típicamente requieren entre uno y dos meses para esta tarea. Este hallazgo permitiría ajustar el cronograma para reflejar tiempos más realistas o proponer estrategias alternativas como el uso de conjuntos de datos pre-etiquetados disponibles públicamente.

La verificación de alineación entre componentes constituye un aspecto central del refinamiento. Se debe confirmar que existe correspondencia directa entre el título, los objetivos, la metodología, el cronograma y los resultados esperados. Cualquier discrepancia detectada requiere ajustes para asegurar la coherencia interna del documento. Esta verificación puede facilitarse mediante matrices de alineación que expliciten las conexiones entre los diferentes componentes [35].

La preparación de la versión final implica no solo incorporar las mejoras sustantivas identificadas sino también asegurar la uniformidad en aspectos formales y la eliminación de errores involuntarios. Se recomienda realizar una revisión final dedicada exclusivamente a verificar la consistencia en formato, numeración, referencias, uso de abreviaturas y demás elementos formales. La implementación de un control de cambios documentado facilita el seguimiento de las modificaciones realizadas y sus justificaciones .

#### 3.2.4 Actividad: Integración de los componentes del protocolo

##### Objetivo de esta sección

Aplicar los conocimientos adquiridos sobre redacción académica para integrar coherentemente todos los componentes del protocolo de investigación, asegurando la consistencia interna del documento y produciendo una versión final lista para su presentación.

La integración de los componentes del protocolo representa la culminación del proceso de elaboración del anteproyecto. Esta actividad implica ensamblar las secciones desarrolladas previamente en un documento cohesivo, verificando las interrelaciones entre ellas y asegurando que funcionen como un sistema integrado. El resultado debe ser un texto fluido que presente el proyecto de manera clara, convincente y académicamente rigurosa.

El proceso de integración comienza con la organización lógica de las secciones. Aunque la estructura básica del protocolo suele estar predeterminada (título, introducción, justificación, objetivos, metodología, cronograma, referencias), la distribución interna de cada sección debe reflejar la naturaleza específica del proyecto. Esta organización debe facilitar la comprensión progresiva de la propuesta, conduciendo al lector desde el planteamiento del problema hasta los detalles operativos de su abordaje .

La elaboración de un documento maestro facilita la integración ordenada de componentes. Este enfoque permite trabajar independientemente en cada sección manteniendo el control sobre la estructura global. Se recomienda utilizar un sistema de procesamiento de textos con capacidades de gestión de documentos extensos, como  $\text{\LaTeX}$  o las funciones avanzadas de Microsoft Word, que permiten la numeración automática de secciones, la generación de tablas de contenido y la gestión consistente de referencias [87].

#### Ejemplo: Estructura de documento maestro para ingeniería civil

En un protocolo sobre análisis de vulnerabilidad sísmica de edificaciones históricas, el documento maestro podría organizarse con los siguientes archivos independientes: - Archivo principal con preámbulo y estructura general - Archivo de introducción y antecedentes sísmicos regionales - Archivo de justificación con datos de patrimonio en riesgo - Archivo de objetivos generales y específicos - Archivo de metodología con subsecciones para modelación, análisis y validación - Archivo de cronograma y recursos necesarios - Archivo de referencias bibliográficas Esta estructura modular facilita la edición independiente y la revisión de secciones específicas.

La verificación de transiciones entre secciones resulta fundamental para la fluidez del documento. Cada sección debe conectarse naturalmente con la siguiente, evitando saltos abruptos que dificulten la comprensión. Se recomienda elaborar párrafos de transición que resuman lo presentado y anticipen el contenido siguiente, estableciendo puentes conceptuales que guíen al lector a través del documento .

#### Problemas comunes de integración

- Redundancia excesiva entre secciones que repiten información innecesariamente
- Inconsistencias terminológicas al referirse a los mismos conceptos en diferentes secciones
- Desconexión entre secciones que parecen documentos independientes yuxtapuestos
- Desequilibrio en la extensión de secciones, con algunas sobredesarrolladas y otras insuficientes
- Referencias cruzadas incorrectas o desactualizadas entre secciones del documento

La armonización del estilo de redacción constituye otro aspecto esencial de la integración. Es común que diferentes secciones se redacten en momentos distintos o incluso por diferentes colaboradores, lo que puede generar variaciones en el tono, nivel de formalidad o estructuras sintácticas preferidas. La revisión estilística debe homogeneizar estos aspectos para presentar un documento con voz consistente, manteniendo el registro académico apropiado a lo largo de todo el texto [24].

La elaboración de elementos preliminares y complementarios debe realizarse una vez integrado el contenido principal. Estos incluyen la portada, resumen, tabla de contenidos, lista de figuras y tablas, y posibles apéndices. El resumen merece especial atención, pues debe sintetizar efectivamente todo el protocolo en aproximadamente 250-300 palabras, incluyendo el problema, objetivos, metodología y resultados esperados. Su redacción debe ser precisa y autosuficiente, pues frecuentemente constituye el primer contacto del evaluador con el proyecto [29].

#### Ejemplo: Estructura de resumen para ingeniería biomédica

En un protocolo sobre desarrollo de algoritmos para detección temprana de patologías cardíacas, el resumen podría estructurarse así:

«Las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de mortalidad global, con el 80 % de casos detectados en etapas avanzadas. Este proyecto propone desarrollar un sistema automático de detección temprana basado en el análisis de señales electrocardiográficas mediante aprendizaje profundo. Se implementará una arquitectura de red neuronal convolucional optimizada para identificar patrones subclínicos no perceptibles mediante análisis convencional. La metodología incluye la recopilación de una base de datos de 1,000 electrocardiogramas clasificados, el diseño e implementación del algoritmo de aprendizaje, y su validación mediante técnicas de validación cruzada con métricas de sensibilidad, especificidad y área bajo la curva ROC. Se espera lograr una mejora del 15 % en la detección temprana respecto a los métodos actuales, contribuyendo potencialmente a la reducción de la mortalidad cardiovascular».

La verificación de la coherencia interna entre todas las secciones representa un paso crítico. Debe confirmarse que los objetivos específicos están alineados con el objetivo general y el título, que la metodología proporciona medios para alcanzar todos los objetivos planteados, que el cronograma contempla todas las actividades

metodológicas, y que las referencias respaldan adecuadamente el marco teórico y metodológico. Esta revisión integral asegura que el documento funcione como un sistema coherente .

#### Lista de verificación para coherencia interna

1. Verifica que cada objetivo específico contribuya directamente al objetivo general
2. Confirma que la metodología describa procedimientos para cada objetivo específico
3. Asegura que el cronograma incluya todas las actividades mencionadas en la metodología
4. Comprueba que los recursos descritos sean suficientes para implementar los métodos
5. Revisa que las referencias citadas respalden efectivamente todos los aspectos teóricos y metodológicos

La implementación de un sistema consistente de referencias cruzadas facilita la navegación interna del documento. Estas referencias permiten conectar elementos relacionados dentro del protocolo, como cuando se menciona que un objetivo específico se abordará mediante una metodología descrita posteriormente. En documentos extensos, este sistema ayuda a mantener la coherencia conceptual sin necesidad de repetir información. Las herramientas de procesamiento de textos avanzadas facilitan la gestión automatizada de estas referencias .

La elaboración de tablas y figuras integradoras puede potenciar significativamente la comprensión del protocolo. Elementos como un diagrama que muestre la interrelación entre objetivos y metodología, una tabla que asocie cada objetivo con sus actividades correspondientes en el cronograma, o un esquema visual del diseño experimental propuesto, proporcionan representaciones sintéticas que complementan el texto y facilitan la comprensión de las relaciones entre componentes [106].

#### Ejemplo: Tabla integradora en ingeniería computacional

En un protocolo sobre desarrollo de algoritmos para ciberseguridad, una tabla integradora podría tener columnas para: (1) Objetivo específico, (2) Metodología correspondiente, (3) Recursos necesarios, (4) Resultados esperados, (5) Periodo de ejecución según cronograma, y (6) Parámetros de evaluación. Esta tabla permitiría visualizar rápidamente cómo cada componente del proyecto se relaciona con los demás, proporcionando una perspectiva integrada de la propuesta.

La revisión final holística debe realizarse una vez completada la integración. Esta revisión difiere de las anteriores por su enfoque en el documento como totalidad, evaluando aspectos como balance entre secciones, flujo argumentativo general, y consistencia global. Idealmente, esta revisión debe realizarse tras un breve periodo de distanciamiento del texto, lo que permite abordarlo con mayor objetividad. Se recomienda también la lectura completa por parte de un revisor externo que pueda evaluar el documento sin estar condicionado por el conocimiento previo del proyecto [58].

La preparación de la versión definitiva incluye la verificación de aspectos formales como paginación, márgenes, interlineado, numeración de secciones, figuras y tablas, así como la presentación adecuada de anexos. La atención meticulosa a estos detalles refleja el rigor académico del investigador y facilita la evaluación del documento. La versión final debe cumplir estrictamente con todos los requisitos formales establecidos por la institución o entidad evaluadora .





## Capítulo 4

# Presentación y defensa del protocolo

### 4.1 Diseño de presentaciones efectivas

#### 4.1.1 Principios de diseño visual para presentaciones académicas

##### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de aplicar los principios fundamentales de diseño visual para crear presentaciones académicas efectivas, identificar los elementos visuales que mejoran la comunicación de ideas complejas y evaluar la calidad visual de presentaciones académicas.

El diseño visual de una presentación académica constituye un elemento determinante para la transmisión efectiva del protocolo de investigación. Una presentación bien diseñada facilita la comprensión del contenido y mantiene el interés del público durante la exposición. La comunicación visual complementa el discurso oral y permite transmitir información compleja de manera más accesible.

La simplicidad representa uno de los principios básicos del diseño visual académico. Se recomienda utilizar un número limitado de elementos por diapositiva, generalmente entre 5 y 7 puntos de información. Esto evita la sobrecarga cognitiva del público y permite centrar la atención en los aspectos más relevantes. El espacio en blanco, lejos de ser un área vacía, funciona como un elemento organizador que da respiro visual al contenido y establece jerarquías de información .

##### Ejemplo de simplicidad en diferentes disciplinas

En una presentación sobre análisis estructural (Ingeniería Civil), cada diapositiva podría mostrar un solo modelo de estructura con sus ecuaciones principales, evitando incluir todas las derivaciones matemáticas.

Para un proyecto de procesamiento de señales biomédicas (Ingeniería Biomédica), se puede mostrar una sola gráfica de señal electrocardiográfica con sus componentes principales etiquetados, en lugar de múltiples señales superpuestas.

En un proyecto de arquitectura de software (Ingeniería en Computación), es preferible presentar un diagrama simplificado de los módulos principales con sus interacciones, en lugar de mostrar todo el diagrama UML con cada clase y método.

La consistencia visual establece patrones reconocibles que ayudan al público a seguir la presentación sin distracciones. Se sugiere mantener una paleta de colores limitada, generalmente entre 3 y 5 tonos que se repitan a lo largo de todas las diapositivas. Del mismo modo, es recomendable utilizar entre 1 y 3 tipos de fuente como máximo, asignando cada una a funciones específicas como títulos, subtítulos y contenido [33].

El contraste ayuda a establecer jerarquías visuales y dirigir la atención del público hacia los elementos más importantes. Se puede crear contraste mediante el uso de diferentes tamaños, colores, formas o posiciones. Por ejemplo, un título puede destacarse utilizando un tamaño mayor y un color diferente al del texto principal. El elemento más importante de cada diapositiva debe tener el mayor peso visual para captar la atención inmediatamente .

#### **⚠ Errores comunes en el diseño visual**

- Usar fuentes menores a 24 puntos que resultan ilegibles desde el fondo de la sala
- Emplear fondos con patrones o imágenes que compiten con el texto
- Abusar de las animaciones y transiciones que distraen del contenido
- Utilizar gráficos decorativos sin valor informativo
- Incluir tablas completas copiadas directamente de documentos de texto
- Mezclar más de 5 colores diferentes creando una apariencia caótica

La alineación de los elementos crea orden visual y facilita el seguimiento de la información. Se aconseja establecer una cuadrícula invisible para organizar textos e imágenes de manera coherente. Por ejemplo, alinear todos los títulos a la izquierda y mantener los márgenes constantes en todas las diapositivas. La proximidad entre elementos indica relación conceptual, por lo que los elementos relacionados deben ubicarse cercanos entre sí [127].

El uso de elementos visuales como gráficos, diagramas e imágenes permite transmitir conceptos complejos de forma más eficiente que el texto. Un diagrama bien diseñado puede explicar un proceso complejo en segundos, mientras que su descripción textual requeriría varios minutos y resultaría más difícil de recordar. Se recomienda que cada imagen tenga un propósito específico y esté directamente relacionada con el contenido [37].

#### **Visualización efectiva de datos**

Para un análisis de resistencia de materiales (Ingeniería Civil), utiliza una simulación de elementos finitos con código de colores que muestre las áreas de mayor estrés en una estructura, en lugar de tablas numéricas.

En un estudio de procesamiento de señales (Ingeniería Biomédica), emplea gráficos comparativos antes/después de aplicar un filtro, con áreas sombreadas que destaquen las regiones de interés.

Para presentar el rendimiento de un algoritmo (Ingeniería en Computación), usa gráficos de barras que comparen el tiempo de ejecución con soluciones alternativas, en lugar de mostrar sólo datos numéricos.

La tipografía influye significativamente en la legibilidad y el tono de la presentación. Las fuentes sans serif como Arial, Calibri o Helvetica son preferibles para presentaciones digitales por su mejor legibilidad en pantalla. El tamaño mínimo recomendado es de 24 puntos para el texto principal y 36 puntos para títulos. El uso de mayúsculas debe limitarse a palabras clave o títulos cortos, ya que los textos largos en mayúsculas reducen la velocidad de lectura [23].

Los colores transmiten significados y emociones, además de facilitar la organización visual de la información. La selección de colores debe considerar el contraste para garantizar la legibilidad, especialmente entre texto y fondo. Es recomendable elegir colores que tengan alguna relación con el tema de investigación o la institución académica, y considerar a personas con daltonismo utilizando combinaciones que no dependan exclusivamente de la distinción rojo-verde .

#### **Herramientas para selección de colores**

Para crear paletas de colores armónicas puedes utilizar:

- Adobe Color: permite crear esquemas de color con relaciones armónicas
- Coolers.co: genera paletas aleatorias que puedes ajustar

- ColorBrewer: específicamente diseñado para visualización de datos
- Paletton: crea esquemas de color basados en teoría del color
- Color Oracle: simula diferentes tipos de daltonismo para verificar la accesibilidad

El ritmo visual establece patrones predecibles que ayudan al público a procesar la información gradualmente. La introducción de elementos nuevos debe seguir una secuencia lógica, presentando primero lo conocido y después lo desconocido. Las transiciones entre diapositivas deben ser sutiles y corresponder con transiciones conceptuales en el discurso. Un cambio abrupto en el diseño visual puede indicar un cambio importante en el tema [7].

La adaptación al contexto de presentación resulta esencial para garantizar la efectividad visual. Se debe considerar el tamaño y las condiciones de iluminación de la sala donde se realizará la presentación. En salas con mucha luz, el contraste entre texto y fondo debe ser mayor. Para presentaciones en espacios grandes, los elementos visuales deben ser más grandes y con menos detalle para ser apreciados correctamente desde lejos .

#### Verificación previa a la presentación

- Probar la presentación en el equipo y sala donde se realizará
- Verificar que las fuentes se muestren correctamente
- Comprobar que los colores se vean como se diseñaron
- Revisar la legibilidad desde el punto más alejado de la sala
- Asegurar que las imágenes y gráficos tengan resolución adecuada
- Confirmar que cualquier video o animación funcione correctamente

La accesibilidad en el diseño visual permite que la presentación sea comprensible para personas con diferentes capacidades. Se recomienda proporcionar descripciones verbales de los elementos visuales importantes, usar combinaciones de colores que sean distinguibles para personas con daltonismo y mantener un tamaño de texto legible. Estas consideraciones no solo benefician a personas con discapacidades visuales, sino que mejoran la experiencia para todos los asistentes [60].

### 4.1.2 Estructura de una presentación de protocolo

#### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de organizar la información de tu protocolo de investigación en una estructura lógica y coherente para su presentación, identificar las secciones esenciales de una presentación académica y distribuir adecuadamente el tiempo y los recursos visuales en cada apartado.

La estructura de una presentación de protocolo define la organización lógica de los contenidos y establece un recorrido coherente para la audiencia. Una estructura bien planificada facilita la comprensión, mantiene el interés del comité evaluador y demuestra el dominio del tema por parte del expositor. La Figura 4.4 muestra un esquema general de las secciones fundamentales de una presentación de protocolo de investigación.

La presentación comienza con una diapositiva de portada que incluye el título del proyecto, el nombre del investigador y, cuando corresponde, los datos de la institución académica. Esta diapositiva inicial debe permanecer visible durante la breve presentación personal del expositor. El título debe ser idéntico al del protocolo escrito, sin modificaciones que puedan generar confusión en el comité evaluador .

### Tiempo de exposición

La mayoría de las presentaciones académicas de protocolos tienen una duración asignada entre 15 y 20 minutos. Esta restricción temporal influye directamente en la cantidad de diapositivas y la profundidad del contenido. Una estimación general sugiere:

- 1-2 minutos para introducción y contextualización
- 2-3 minutos para planteamiento del problema y justificación
- 2-3 minutos para objetivos e hipótesis/metás
- 5-6 minutos para la metodología propuesta
- 2-3 minutos para cronograma y resultados esperados
- 1-2 minutos para conclusiones y preguntas preliminares

Esto equivale aproximadamente a 12-15 diapositivas en total, considerando un promedio de 1-1.5 minutos por diapositiva.

La introducción y contextualización sitúa la investigación en su campo disciplinar y establece los antecedentes relevantes. En esta sección se destacan las brechas de conocimiento o problemáticas que motivan el estudio. Para ingeniería, resulta particularmente importante relacionar el proyecto con problemas reales y aplicaciones prácticas. Se recomienda incluir 2-3 diapositivas para esta sección, utilizando imágenes o diagramas que ilustren la problemática [1].

El planteamiento del problema constituye el corazón de la presentación y debe expresarse de manera clara y concisa. Se recomienda formular el problema como una pregunta o conjunto de preguntas de investigación. La justificación debe responder por qué es importante resolver este problema y cuáles serían las implicaciones prácticas o teóricas de su solución. En conjunto, estas secciones requieren aproximadamente 2-3 diapositivas [34].

### Ejemplo de planteamiento del problema en diferentes disciplinas

En Ingeniería Civil (Estructuras): ¿Cómo se comportan las uniones soldadas en estructuras metálicas sometidas a cargas sísmicas cuando se utiliza el acero A36 modificado con nanopartículas de carbono?

En Ingeniería Biomédica (Procesamiento de señales): ¿Es posible detectar anomalías cardíacas tempranas mediante el análisis de variabilidad de frecuencia cardíaca utilizando algoritmos de aprendizaje profundo con datos limitados de ECG?

En Ingeniería en Computación (Sistemas): ¿Cómo se puede optimizar el rendimiento de bases de datos NoSQL en aplicaciones de comercio electrónico con alto volumen de transacciones sin comprometer la integridad de los datos?

La presentación de objetivos e hipótesis/metás sigue los mismos principios de formulación del documento escrito, pero con un énfasis en la claridad visual. El objetivo general debe destacarse visualmente y los objetivos específicos pueden presentarse en una secuencia lógica. Las hipótesis o metas de ingeniería deben expresarse de forma concisa y relacionarse explícitamente con los objetivos. Para esta sección se recomienda utilizar 1-2 diapositivas .

La metodología representa la sección más extensa de la presentación y requiere una cuidadosa selección de contenidos. A diferencia del documento escrito, no es necesario incluir todos los detalles procedimentales. En su lugar, se recomienda presentar un diagrama de flujo o esquema visual del proceso metodológico y destacar los aspectos más innovadores o relevantes. Los métodos estadísticos o analíticos pueden mencionarse brevemente sin profundizar en fórmulas complejas. Esta sección generalmente ocupa 4-5 diapositivas .

### ⚠ Errores comunes en la presentación de metodología

- Presentar cada paso del procedimiento con el mismo nivel de detalle
- Incluir fórmulas o ecuaciones complejas que no pueden ser procesadas rápidamente
- Mostrar tablas extensas con datos preliminares o de calibración

- Describir minuciosamente el funcionamiento de equipos o software estándar
- Omitir aspectos innovadores o adaptaciones metodológicas originales
- Presentar diagramas metodológicos excesivamente complejos o con texto ilegible

El cronograma y presupuesto se presentan de forma sintética, preferentemente mediante gráficos de Gantt simplificados o diagramas temporales. No es necesario incluir todos los detalles presupuestarios, sino destacar las principales categorías de gastos y fuentes de financiamiento. Esta sección generalmente requiere 1-2 diapositivas .

### Representación visual del cronograma

Para presentar el cronograma de manera efectiva:

- Utiliza un diagrama de Gantt simplificado con solo las actividades principales
- Agrupa tareas relacionadas por colores según la fase del proyecto
- Destaca visualmente los hitos principales y entregables
- Incluye solo los meses o trimestres, no fechas específicas
- Señala claramente la fase actual del proyecto (si ya se ha iniciado)
- Evita incluir demasiado texto explicativo junto al cronograma

Los resultados esperados y las implicaciones del estudio se presentan como proyecciones fundamentadas. Es importante vincular claramente estos resultados con los objetivos e hipótesis planteados inicialmente. Se pueden incluir visualizaciones preliminares o esquemas que ilustren el tipo de resultados que se espera obtener. Para esta sección se recomiendan 1-2 diapositivas [37].

Las referencias bibliográficas no suelen presentarse como una lista exhaustiva en la presentación. Se recomienda incluir únicamente las 3-5 referencias más relevantes o fundamentales para el trabajo. Alternativamente, se pueden integrar citas breves en las diapositivas correspondientes. Es importante mantener el formato consistente con el documento escrito .

### Estrategia de transición entre secciones

Para mantener la coherencia narrativa durante la presentación:

- Usa frases de transición que conecten las secciones (por ejemplo, “Una vez definido el problema, podemos establecer los siguientes objetivos...”)
- Emplea diapositivas de transición con títulos claros que anuncien la nueva sección
- Utiliza un esquema visual simplificado que muestre el progreso en la presentación
- Mantén elementos visuales constantes (colores, iconos) que identifiquen cada sección
- Recapitula brevemente antes de pasar a una nueva sección principal

La diapositiva final de agradecimiento funciona como cierre y debe incluir información de contacto. Algunas instituciones requieren una diapositiva específica de “preguntas” para marcar el inicio de la sesión de preguntas y respuestas. En cualquier caso, es recomendable tener preparadas diapositivas adicionales con información complementaria que puedan mostrarse durante esta sesión si surgen preguntas específicas [1].

La distribución del contenido debe considerar el principio de proporcionalidad, dedicando más tiempo y diapositivas a los aspectos más relevantes del protocolo. La metodología generalmente ocupa la mayor proporción, seguida por la problematización y los objetivos. La introducción, cronograma y resultados esperados suelen tener una extensión similar entre sí, pero menor que los componentes centrales .

La narrativa visual de la presentación debe seguir una progresión lógica que facilite la comprensión. Cada diapositiva debe construirse sobre la anterior y anticipar la siguiente. Se recomienda incluir elementos visuales recurrentes que proporcionen continuidad y coherencia. La historia que se cuenta debe ser completa pero selectiva, destacando los aspectos más relevantes del protocolo sin intentar abarcar cada detalle [34].

### Flexibilidad estructural según disciplina

La estructura presentada debe adaptarse según la especificidad de cada campo de la ingeniería:

- Ingeniería experimental: Mayor énfasis en diseño experimental, variables y controles
- Ingeniería de desarrollo: Foco en ciclos de diseño, prototipado y evaluación
- Ingeniería teórica: Mayor atención a modelos matemáticos y simulaciones
- Ingeniería aplicada: Énfasis en implementación y validación en contextos reales

La organización visual de cada diapositiva debe respetar una jerarquía de información coherente. Los elementos más importantes deben tener mayor peso visual mediante tamaño, color o posición. Se recomienda seguir el patrón natural de lectura (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo en culturas occidentales) para organizar la información secuencial. Los elementos relacionados deben agruparse visualmente mediante proximidad, color o encuadre [127].

El diseño de diapositivas debe mantener una consistencia estructural a lo largo de toda la presentación. Esto se logra mediante el uso de plantillas que definan la ubicación de elementos recurrentes como títulos, subtítulos, imágenes y pies de página. La consistencia visual refuerza la sensación de unidad y profesionalismo, además de facilitar la comprensión por parte del comité evaluador [23].

#### 4.1.3 Estructura de una presentación de protocolo

### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de organizar la información de tu protocolo de investigación en una estructura lógica y coherente para su presentación, identificar las secciones esenciales de una presentación académica y distribuir adecuadamente el tiempo y los recursos visuales en cada apartado.

La estructura de una presentación de protocolo define la organización lógica de los contenidos y establece un recorrido coherente para la audiencia. Una estructura bien planificada facilita la comprensión, mantiene el interés del comité evaluador y demuestra el dominio del tema por parte del expositor. La Figura 4.4 muestra un esquema general de las secciones fundamentales de una presentación de protocolo de investigación.

La presentación comienza con una diapositiva de portada que incluye el título del proyecto, el nombre del investigador y, cuando corresponde, los datos de la institución académica. Esta diapositiva inicial debe permanecer visible durante la breve presentación personal del expositor. El título debe ser idéntico al del protocolo escrito, sin modificaciones que puedan generar confusión en el comité evaluador.

### Tiempo de exposición

La mayoría de las presentaciones académicas de protocolos tienen una duración asignada entre 15 y 20 minutos. Esta restricción temporal influye directamente en la cantidad de diapositivas y la profundidad del contenido. Una estimación general sugiere:

- 1-2 minutos para introducción y contextualización
- 2-3 minutos para planteamiento del problema y justificación
- 2-3 minutos para objetivos e hipótesis/metás
- 5-6 minutos para la metodología propuesta
- 2-3 minutos para cronograma y resultados esperados
- 1-2 minutos para conclusiones y preguntas preliminares

Esto equivale aproximadamente a 12-15 diapositivas en total, considerando un promedio de 1-1.5 minutos por diapositiva.

La introducción y contextualización sitúa la investigación en su campo disciplinar y establece los antecedentes relevantes. En esta sección se destacan las brechas de conocimiento o problemáticas que motivan el estudio.



Para ingeniería, resulta particularmente importante relacionar el proyecto con problemas reales y aplicaciones prácticas. Se recomienda incluir 2-3 diapositivas para esta sección, utilizando imágenes o diagramas que ilustren la problemática [1].

El planteamiento del problema constituye el corazón de la presentación y debe expresarse de manera clara y concisa. Se recomienda formular el problema como una pregunta o conjunto de preguntas de investigación. La justificación debe responder por qué es importante resolver este problema y cuáles serían las implicaciones prácticas o teóricas de su solución. En conjunto, estas secciones requieren aproximadamente 2-3 diapositivas [34].

#### Ejemplo de planteamiento del problema en diferentes disciplinas

En Ingeniería Civil (Estructuras): ¿Cómo se comportan las uniones soldadas en estructuras metálicas sometidas a cargas sísmicas cuando se utiliza el acero A36 modificado con nanopartículas de carbono?

En Ingeniería Biomédica (Procesamiento de señales): ¿Es posible detectar anomalías cardíacas tempranas mediante el análisis de variabilidad de frecuencia cardíaca utilizando algoritmos de aprendizaje profundo con datos limitados de ECG?

En Ingeniería en Computación (Sistemas): ¿Cómo se puede optimizar el rendimiento de bases de datos NoSQL en aplicaciones de comercio electrónico con alto volumen de transacciones sin comprometer la integridad de los datos?

La presentación de objetivos e hipótesis/metapas sigue los mismos principios de formulación del documento escrito, pero con un énfasis en la claridad visual. El objetivo general debe destacarse visualmente y los objetivos específicos pueden presentarse en una secuencia lógica. Las hipótesis o metas de ingeniería deben expresarse de forma concisa y relacionarse explícitamente con los objetivos. Para esta sección se recomienda utilizar 1-2 diapositivas .

La metodología representa la sección más extensa de la presentación y requiere una cuidadosa selección de contenidos. A diferencia del documento escrito, no es necesario incluir todos los detalles procedimentales. En su lugar, se recomienda presentar un diagrama de flujo o esquema visual del proceso metodológico y destacar los aspectos más innovadores o relevantes. Los métodos estadísticos o analíticos pueden mencionarse brevemente sin profundizar en fórmulas complejas. Esta sección generalmente ocupa 4-5 diapositivas .

#### ⚠ Errores comunes en la presentación de metodología

- Presentar cada paso del procedimiento con el mismo nivel de detalle
- Incluir fórmulas o ecuaciones complejas que no pueden ser procesadas rápidamente
- Mostrar tablas extensas con datos preliminares o de calibración
- Describir minuciosamente el funcionamiento de equipos o software estándar
- Omitir aspectos innovadores o adaptaciones metodológicas originales
- Presentar diagramas metodológicos excesivamente complejos o con texto ilegible

El cronograma y presupuesto se presentan de forma sintética, preferentemente mediante gráficos de Gantt simplificados o diagramas temporales. No es necesario incluir todos los detalles presupuestarios, sino destacar las principales categorías de gastos y fuentes de financiamiento. Esta sección generalmente requiere 1-2 diapositivas .

#### Representación visual del cronograma

Para presentar el cronograma de manera efectiva:

- Utiliza un diagrama de Gantt simplificado con solo las actividades principales
- Agrupa tareas relacionadas por colores según la fase del proyecto
- Destaca visualmente los hitos principales y entregables
- Incluye solo los meses o trimestres, no fechas específicas

- Señala claramente la fase actual del proyecto (si ya se ha iniciado)
- Evita incluir demasiado texto explicativo junto al cronograma

Los resultados esperados y las implicaciones del estudio se presentan como proyecciones fundamentadas. Es importante vincular claramente estos resultados con los objetivos e hipótesis planteados inicialmente. Se pueden incluir visualizaciones preliminares o esquemas que ilustren el tipo de resultados que se espera obtener. Para esta sección se recomiendan 1-2 diapositivas [37].

Las referencias bibliográficas no suelen presentarse como una lista exhaustiva en la presentación. Se recomienda incluir únicamente las 3-5 referencias más relevantes o fundamentales para el trabajo. Alternativamente, se pueden integrar citas breves en las diapositivas correspondientes. Es importante mantener el formato consistente con el documento escrito .

#### Estrategia de transición entre secciones

Para mantener la coherencia narrativa durante la presentación:

- Usa frases de transición que conecten las secciones (por ejemplo, “Una vez definido el problema, podemos establecer los siguientes objetivos...”)
- Emplea diapositivas de transición con títulos claros que anuncien la nueva sección
- Utiliza un esquema visual simplificado que muestre el progreso en la presentación
- Mantén elementos visuales constantes (colores, iconos) que identifiquen cada sección
- Recapitula brevemente antes de pasar a una nueva sección principal

La diapositiva final de agradecimiento funciona como cierre y debe incluir información de contacto. Algunas instituciones requieren una diapositiva específica de “preguntas” para marcar el inicio de la sesión de preguntas y respuestas. En cualquier caso, es recomendable tener preparadas diapositivas adicionales con información complementaria que puedan mostrarse durante esta sesión si surgen preguntas específicas [1].

La distribución del contenido debe considerar el principio de proporcionalidad, dedicando más tiempo y diapositivas a los aspectos más relevantes del protocolo. La metodología generalmente ocupa la mayor proporción, seguida por la problematización y los objetivos. La introducción, cronograma y resultados esperados suelen tener una extensión similar entre sí, pero menor que los componentes centrales .

La narrativa visual de la presentación debe seguir una progresión lógica que facilite la comprensión. Cada diapositiva debe construirse sobre la anterior y anticipar la siguiente. Se recomienda incluir elementos visuales recurrentes que proporcionen continuidad y coherencia. La historia que se cuenta debe ser completa pero selectiva, destacando los aspectos más relevantes del protocolo sin intentar abarcar cada detalle [34].

#### **A** Flexibilidad estructural según disciplina

La estructura presentada debe adaptarse según la especificidad de cada campo de la ingeniería:

- Ingeniería experimental: Mayor énfasis en diseño experimental, variables y controles
- Ingeniería de desarrollo: Foco en ciclos de diseño, prototipado y evaluación
- Ingeniería teórica: Mayor atención a modelos matemáticos y simulaciones
- Ingeniería aplicada: Énfasis en implementación y validación en contextos reales

La organización visual de cada diapositiva debe respetar una jerarquía de información coherente. Los elementos más importantes deben tener mayor peso visual mediante tamaño, color o posición. Se recomienda seguir el patrón natural de lectura (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo en culturas occidentales) para organizar la información secuencial. Los elementos relacionados deben agruparse visualmente mediante proximidad, color o encuadre [127].

El diseño de diapositivas debe mantener una consistencia estructural a lo largo de toda la presentación. Esto se logra mediante el uso de plantillas que definan la ubicación de elementos recurrentes como títulos, subtítulos,

imágenes y pies de página. La consistencia visual refuerza la sensación de unidad y profesionalismo, además de facilitar la comprensión por parte del comité evaluador [23].

#### 4.1.4 Herramientas y recursos para la creación de presentaciones



##### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta subsección, serás capaz de seleccionar las herramientas más adecuadas para crear presentaciones académicas efectivas, utilizar recursos visuales complementarios para mejorar la comunicación y evaluar las ventajas y limitaciones de diferentes programas de creación de presentaciones.

La selección de herramientas adecuadas para la creación de presentaciones influye significativamente en la calidad visual y eficiencia del proceso. Actualmente, existe una amplia variedad de programas y recursos que facilitan la elaboración de presentaciones académicas con aspecto profesional. La elección debe basarse en las necesidades específicas del proyecto, las habilidades técnicas del usuario y los requisitos de la institución académica.

Microsoft PowerPoint continúa siendo una de las herramientas más utilizadas para la creación de presentaciones académicas debido a su accesibilidad y amplia disponibilidad. Sus principales ventajas incluyen la facilidad de uso, la disponibilidad de numerosas plantillas prediseñadas y la compatibilidad con diversos formatos multimedia. Las versiones recientes incorporan funciones de diseño inteligente que sugieren mejoras en la composición visual. Sin embargo, presenta algunas limitaciones como la tendencia a generar presentaciones con exceso de texto y efectos visuales innecesarios si no se aplican criterios de diseño adecuados.

##### Recursos complementarios para PowerPoint

Para mejorar las presentaciones en PowerPoint, puedes utilizar:

- SlideModel.com: Ofrece plantillas académicas y diagramas específicos para ingeniería
- Office Timeline: Complemento para crear cronogramas y diagramas de Gantt visualmente atractivos
- PowerPoint Labs: Complemento gratuito desarrollado por la Universidad Nacional de Singapur con herramientas específicas para presentaciones académicas
- Microsoft Designer: Herramienta integrada que sugiere diseños alternativos basados en el contenido
- Plantillas institucionales: Muchas universidades proporcionan plantillas oficiales con sus colores y logotipos

Google Slides presenta una alternativa cada vez más popular debido a su capacidad de colaboración en tiempo real, lo que resulta especialmente útil para proyectos grupales. Su interfaz simplificada reduce la tentación de agregar elementos visuales innecesarios. Las presentaciones se almacenan automáticamente en la nube, lo que minimiza el riesgo de pérdida de datos y facilita el acceso desde distintos dispositivos. Por otro lado, sus capacidades de diseño son algo más limitadas que PowerPoint, especialmente en cuanto a efectos de animación y opciones de personalización avanzada [85].

Apple Keynote destaca por su enfoque en el diseño visual y la estética. Ofrece plantillas de alta calidad con un aspecto profesional y transiciones fluidas que mejoran la experiencia visual sin distraer del contenido. Sus herramientas para la manipulación de imágenes son superiores a las de otras aplicaciones. La principal limitación es su disponibilidad exclusiva para dispositivos Apple, lo que puede generar problemas de compatibilidad en entornos mixtos. Adicionalmente, su uso está menos extendido en contextos académicos, lo que podría dificultar la colaboración [34].

### Conversión entre formatos

Al cambiar entre diferentes programas de presentación:

- Las animaciones complejas suelen perderse o modificarse
- Las fuentes no estándar pueden sustituirse por otras diferentes
- Los elementos interactivos generalmente no se transfieren
- Los formatos de video o audio pueden volverse incompatibles
- Algunas características de diseño avanzadas pueden simplificarse
- Los efectos de transición específicos de cada plataforma se convierten a opciones básicas

LaTeX con Beamer representa una opción altamente valorada en entornos científicos y técnicos. Este sistema permite crear presentaciones con notación matemática de calidad tipográfica profesional, ideal para proyectos de ingeniería con contenido matemático complejo. Garantiza coherencia visual y separación clara entre contenido y formato. Su curva de aprendizaje más pronunciada y la necesidad de conocimientos básicos de programación pueden representar barreras iniciales. Sin embargo, existe una amplia variedad de plantillas prediseñadas que facilitan su implementación [69].

Prezi introduce un enfoque diferente basado en un lienzo infinito con capacidad de zoom, lo que permite crear presentaciones no lineales con una visión global del contenido. Esta característica puede resultar útil para ilustrar relaciones complejas entre conceptos o procesos. Sin embargo, su estilo distintivo puede resultar distractivo en contextos académicos formales si no se utiliza con moderación. El movimiento excesivo puede generar fatiga visual o incluso mareo en algunos espectadores. Se recomienda utilizarlo para secciones específicas que requieran mostrar relaciones espaciales entre elementos, más que para presentaciones completas de protocolos [108].

Las herramientas en línea como Canva, Visme y Slidesgo ofrecen alternativas accesibles con énfasis en el diseño visual. Estas plataformas proporcionan plantillas modernas y elementos gráficos de calidad, particularmente útiles para quienes carecen de habilidades avanzadas de diseño. Su interfaz intuitiva permite crear presentaciones visualmente atractivas en menos tiempo. La mayoría ofrece versiones gratuitas con funcionalidades básicas y opciones premium con características avanzadas. Una limitación potencial es la dependencia de conexión a internet y posibles restricciones en la exportación de archivos en las versiones gratuitas [128].

Los bancos de imágenes y recursos gráficos constituyen un complemento esencial para enriquecer las presentaciones académicas. Sitios como Unsplash, Pexels y Pixabay ofrecen fotografías de alta calidad libres de derechos, mientras que plataformas como Flaticon y The Noun Project proporcionan iconos vectoriales que pueden ayudar a representar conceptos abstractos. Es importante verificar las licencias de uso y proporcionar las atribuciones correspondientes cuando sea necesario. En contextos académicos, se recomienda priorizar imágenes con licencias Creative Commons o de dominio público [73].

### Recursos específicos para ingeniería

Para presentaciones técnicas en ingeniería, estos recursos especializados pueden ser muy útiles:

- Engineering ToolBox: Diagramas y gráficos técnicos de referencia
- GrabCAD: Modelos 3D para representaciones de diseños mecánicos
- MaterialDistrict: Imágenes de alta calidad de materiales y estructuras
- IEEE DataPort: Visualizaciones de datos para ciencias e ingeniería
- SimScale: Capturas de simulaciones de fluidos y análisis estructural
- Thingiverse: Modelos 3D para ilustrar prototipos y conceptos

Las herramientas de visualización de datos como Tableau, Flourish y Datawrapper permiten transformar datos complejos en gráficos interactivos o estáticos que mejoran la comprensión. Particularmente relevantes para presentaciones de ingeniería donde se requiere comunicar resultados experimentales o simulaciones numéricas. La mayoría ofrece integración directa con herramientas como PowerPoint o exportación en formatos compatibles. Un aspecto importante es el equilibrio entre la complejidad de los datos presentados y la clari-

dad visual, evitando gráficos excesivamente detallados que requieran demasiado tiempo para ser interpretados durante la presentación .

Las bibliotecas de iconos y diagramas técnicos facilitan la representación de conceptos especializados en ingeniería. Colecciones como la Biblioteca de Símbolos de AutoCAD, SciDraw y Physics Diagrams proporcionan elementos visuales estandarizados para disciplinas técnicas. Estos recursos garantizan precisión y cumplimiento de convenciones técnicas en la representación visual de componentes, procesos o sistemas. Se recomienda utilizar elementos gráficos coherentes en toda la presentación, estableciendo un vocabulario visual consistente [108].

#### **Derechos de autor y atribución**

Al utilizar recursos visuales externos en presentaciones académicas:

- Verifica siempre los términos de licencia de cada imagen, incluso en bancos "gratuitos"
- Incluye las atribuciones requeridas, generalmente en el pie de la diapositiva o al final de la presentación
- Evita modificar o recortar imágenes de manera que elimine marcas de agua o créditos
- Prioriza recursos con licencia explícita para uso académico o educativo
- Consulta las políticas de tu institución sobre uso de material con derechos de autor
- Considera que algunas licencias gratuitas no permiten uso en presentaciones que se publicarán en línea

Las herramientas para diagramas y mapas conceptuales como Lucidchart, Draw.io y MindMeister resultan particularmente útiles para representar relaciones entre conceptos o procesos secuenciales. Estas aplicaciones simplifican la creación de diagramas de flujo, mapas mentales, diagramas UML y otras representaciones visuales de sistemas o metodologías. La mayoría permite exportar en formatos compatibles con programas de presentación o incrustar los diagramas directamente. Se recomienda simplificar los diagramas complejos para presentaciones orales, destacando solo los elementos más relevantes .

Los complementos y extensiones pueden potenciar significativamente las capacidades de las herramientas estándar. Add-ons como Mentimeter, Poll Everywhere o Slido permiten incorporar elementos interactivos como encuestas o preguntas en tiempo real, especialmente útiles para presentaciones que requieren participación del público. Extensiones como MathType o EquatIO facilitan la inserción de ecuaciones complejas con formato profesional, mientras que herramientas como QR Code Generator pueden generar códigos QR para proporcionar acceso a recursos complementarios durante la presentación [85].

La decisión sobre qué herramienta utilizar debe considerar múltiples factores como el tiempo disponible para la creación, la complejidad del contenido, las restricciones técnicas del lugar de presentación y las preferencias institucionales. No existe una herramienta perfecta para todos los contextos, por lo que se recomienda familiarizarse con al menos dos opciones diferentes que puedan adaptarse a distintas situaciones. La Figura 4.9 proporciona una guía visual para seleccionar la herramienta más adecuada según el contexto específico [73].

#### **4.1.5 Actividad: Elaboración de presentación individual**

##### **Objetivos de aprendizaje**

Al finalizar esta actividad, serás capaz de diseñar una presentación efectiva para tu protocolo de investigación, aplicar los principios de diseño visual estudiados y autoevaluar críticamente la calidad y efectividad de tu presentación.

La elaboración de una presentación individual del protocolo de investigación constituye una oportunidad para integrar los conocimientos adquiridos y desarrollar habilidades prácticas de comunicación visual. Esta actividad busca que el estudiante cree una presentación que refleje adecuadamente el contenido de su protocolo

de investigación y demuestre la aplicación de los principios de diseño visual revisados.

La presentación debe abarcar todos los componentes esenciales del protocolo de investigación, siguiendo la estructura sugerida en las secciones previas. Se recomienda comenzar preparando un esquema general que incluya las secciones principales y el número de diapositivas asignadas a cada una, respetando la proporcionalidad recomendada. Este esquema servirá como guía durante el proceso de creación y permitirá mantener una visión cohesiva del trabajo .

#### Esquema básico para la actividad

Prepara una presentación de 12-15 diapositivas que incluya:

- Diapositiva de portada con título del proyecto, nombre e institución
- Introducción y contexto (1-2 diapositivas)
- Planteamiento del problema (2 diapositivas)
- Objetivos e hipótesis/metás de ingeniería (1-2 diapositivas)
- Metodología propuesta (4-5 diapositivas)
- Cronograma de actividades (1 diapositiva)
- Resultados esperados o impacto del estudio (1-2 diapositivas)
- Diapositiva final con agradecimientos e información de contacto

La selección del programa para crear la presentación dependerá de las necesidades específicas del proyecto y las preferencias personales. Si el protocolo incluye contenido matemático complejo, LaTeX con Beamer podría ser la opción más adecuada. Para presentaciones con énfasis en elementos visuales, PowerPoint, Keynote o Canva ofrecen herramientas de diseño más accesibles. En proyectos colaborativos, Google Slides facilita el trabajo en equipo. En cualquier caso, se recomienda familiarizarse con la herramienta seleccionada antes de comenzar el desarrollo formal de la presentación [34].

El diseño visual debe mantener coherencia a lo largo de toda la presentación, utilizando una paleta de colores limitada, preferentemente relacionada con la temática del proyecto o la identidad institucional. Se sugiere establecer un sistema tipográfico consistente, con no más de 2-3 fuentes diferentes y tamaños estandarizados para títulos, subtítulos y contenido. La consistencia visual facilita la comprensión y transmite profesionalismo [128].

#### Evita estos errores comunes

- Sobrecarga informativa: No intentes incluir todo el contenido del protocolo escrito
- Densidad textual: Limita cada diapositiva a máximo 30-40 palabras
- Inconsistencia visual: Mantén el mismo estilo en todas las diapositivas
- Efectos distractores: Evita animaciones innecesarias o transiciones llamativas
- Tamaño inadecuado: Asegura que el texto sea legible desde cualquier punto del aula
- Contraste insuficiente: Verifica la legibilidad del texto sobre los fondos elegidos
- Citar sin referencia visual: Incluye las fuentes al pie de la diapositiva cuando cites

La representación visual de la metodología merece especial atención por ser generalmente la sección más extensa. Se recomienda utilizar diagramas de flujo, esquemas o infografías que sinteticen visualmente el proceso metodológico. Para investigaciones experimentales, un esquema del diseño experimental resultará más efectivo que una descripción textual. En estudios que involucren sistemas o procesos complejos, los diagramas de bloques o modelos conceptuales facilitan la comprensión [37].

Para la elaboración de gráficos y visualizaciones de datos, se deben aplicar principios de claridad visual y precisión informativa. Es preferible optar por gráficos simples que comuniquen claramente una idea central que visualizaciones complejas con múltiples variables. Cada elemento visual debe tener un propósito específico y contribuir a la comprensión del contenido. Se recomienda etiquetar adecuadamente los ejes, incluir unidades de medida y proporcionar un título descriptivo para cada visualización .

### Elementos visuales específicos para cada disciplina

#### Ingeniería Civil (Estructuras):

- Modelos 3D simplificados de estructuras
- Diagramas de distribución de cargas
- Mapas de elementos finitos con códigos de color
- Gráficos comparativos de resistencia de materiales

#### Ingeniería Biomédica (Procesamiento de señales):

- Visualizaciones de señales antes/después del procesamiento
- Diagramas de bloques del sistema de adquisición
- Representaciones gráficas de algoritmos de filtrado
- Mapas de correlación entre variables fisiológicas

#### Ingeniería en Computación:

- Diagramas de arquitectura del sistema
- Representaciones visuales de algoritmos
- Diagramas de casos de uso o historias de usuario
- Gráficos de rendimiento comparativo

La elaboración de la presentación debe contemplar también la preparación de materiales complementarios para posibles preguntas durante la sesión de evaluación. Se recomienda crear diapositivas adicionales con información detallada, gráficos ampliados o referencias bibliográficas expandidas que puedan mostrarse en caso de preguntas específicas. Estas diapositivas no forman parte de la presentación principal, sino que constituyen material de apoyo para responder a consultas del comité evaluador .

La preparación de notas para el presentador representa otro aspecto importante del proceso. Estas notas, visibles solo para el expositor, pueden incluir puntos clave a enfatizar, datos específicos para mencionar o recordatorios sobre aspectos técnicos. Las herramientas como PowerPoint, Keynote y Google Slides ofrecen la función de "vista del presentador" que muestra estas notas sin que sean visibles para la audiencia. Se recomienda mantener estas notas breves y esquemáticas, evitando textos extensos que puedan tentarte a leer directamente de ellas .

### Ensayo de la presentación

Para obtener el máximo beneficio del ensayo:

- Practica con el mismo equipo que utilizarás durante la presentación oficial
- Cronometra cada sección para asegurar que respetas los tiempos asignados
- Graba tu ensayo en video para analizar tu lenguaje corporal y tono de voz
- Solicita retroalimentación específica a compañeros o profesores
- Ensaya respondiendo a posibles preguntas difíciles del comité
- Practica con interrupciones para desarrollar capacidad de adaptación
- Realiza al menos un ensayo en el lugar donde presentarás si es posible

La actividad de elaboración de la presentación individual se evaluará considerando tanto aspectos de diseño visual como de contenido. La siguiente rúbrica muestra los criterios de evaluación que puede utilizarse como guía durante el desarrollo de la presentación. Esta herramienta también servirá para autoevaluación, permitiendo identificar áreas de mejora antes de la presentación final.

Cada criterio recibe una calificación de 1-5, multiplicada por el peso porcentual correspondiente para obtener la calificación final.

Para la entrega de esta actividad, se debe considerar el formato requerido por la institución. Además de los archivos nativos de la presentación (como .pptx, .key o .pdf), se recomienda incluir un documento breve de reflexión (máximo una página) que explique las decisiones de diseño tomadas, los principios aplicados y cualquier adaptación específica realizada para adecuarse al contenido del protocolo. Esta reflexión evidencia el proceso metacognitivo y demuestra la aplicación consciente de los conceptos estudiados [73].



Cuadro 4.1: Rúbrica para evaluación de presentaciones académicas

| Criterios                                   | Excelente (5)                                                        | Satisfactorio (3-4)                                              | Necesita mejoras (1-2)                                           | Peso |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Contenido</b><br>Calidad y relevancia    | Información completa, precisa y relevante. Ideas bien desarrolladas. | Información adecuada pero con algunas omisiones menores.         | Información incompleta o irrelevante. Ideas poco desarrolladas.  | 30 % |
| <b>Diseño visual</b><br>Estética y claridad | Diseño visualmente atractivo y profesional. Excelente legibilidad.   | Diseño adecuado con algunos problemas menores de consistencia.   | Diseño descuidado, inconsistente o con problemas de legibilidad. | 25 % |
| <b>Elementos visuales</b>                   | Gráficos e imágenes de alta calidad que refuerzan el contenido.      | Elementos visuales adecuados pero con oportunidades de mejora.   | Elementos visuales de baja calidad, ausentes o irrelevantes.     | 20 % |
| <b>Estructura</b><br>Organización y flujo   | Secuencia lógica con transiciones fluidas. Excelente narrativa.      | Estructura general clara pero con algunas transiciones abruptas. | Estructura confusa o desorganizada. Sin coherencia narrativa.    | 15 % |
| <b>Aspectos técnicos</b>                    | Sin errores técnicos. Formato adecuado. Referencias completas.       | Errores menores que no afectan la comprensión general.           | Múltiples errores técnicos o formato inapropiado.                | 10 % |

#### Verificación final

Antes de entregar tu presentación, verifica:

- Ortografía y gramática en todas las diapositivas
- Funcionamiento correcto de todos los elementos interactivos si los hay
- Consistencia en formatos, colores y fuentes
- Legibilidad de textos y gráficos desde diferentes distancias
- Correcta citación de todas las fuentes externas utilizadas
- Numeración de diapositivas visible y en formato constante
- Compatibilidad con el equipo donde se realizará la presentación
- Tiempo total ajustado al límite establecido para la exposición

La actividad concluye con una sesión de retroalimentación, que puede realizarse mediante evaluación por pares, evaluación docente o una combinación de ambas. Este proceso proporciona perspectivas valiosas sobre aspectos que podrían pasar desapercibidos para el autor. Se recomienda tomar notas detalladas de esta retroalimentación, pues constituye una oportunidad invaluable para el crecimiento académico y profesional. Las sugerencias recibidas no solo mejorarán la presentación actual, sino que también desarrollarán habilidades transferibles a futuras comunicaciones científicas [7].

## 4.2 Técnicas de presentación oral y preparación para entrevista

### Objetivos de aprendizaje

En esta sección, aprenderás a desarrollar habilidades efectivas de comunicación oral para la presentación de protocolos de investigación, identificarás técnicas para responder preguntas del sínodo con seguridad, y practicarás mediante simulaciones de entrevista para recibir retroalimentación constructiva que mejore tu desempeño.

La defensa oral del protocolo de investigación representa una oportunidad para demostrar el dominio del tema y convencer al comité evaluador de la viabilidad del proyecto propuesto. Esta sección aborda las técnicas y estrategias necesarias para realizar una presentación oral efectiva y prepararse adecuadamente para la entrevista con el sínodo.

#### 4.2.1 Habilidades de comunicación oral para contextos académicos

La comunicación oral efectiva en contextos académicos requiere el desarrollo de habilidades específicas que permiten transmitir ideas complejas con claridad. El dominio de estas habilidades no es innato sino que se adquiere mediante la práctica constante y la aplicación de técnicas adecuadas.

La estructura del discurso oral académico se compone generalmente de tres elementos fundamentales: la introducción, donde se capta la atención de la audiencia y se presenta brevemente el tema; el desarrollo, donde se exponen los argumentos principales con sus respectivas evidencias; y la conclusión, donde se sintetizan los puntos clave y se refuerza el mensaje principal.

El manejo adecuado de la voz constituye un elemento esencial en la comunicación oral. La modulación del tono, el volumen y el ritmo del habla permiten enfatizar puntos importantes y mantener el interés de la audiencia. Se recomienda variar conscientemente estos elementos para evitar la monotonía y adaptar la intensidad vocal al tamaño del espacio donde se realiza la presentación [6].

##### Control de la velocidad del habla

Un error común es hablar demasiado rápido durante la presentación debido a los nervios. Practica controlando el ritmo de tu discurso:

- Marca en tu guión los puntos donde debes hacer pausas estratégicas
- Identifica las palabras técnicas que requieren pronunciación clara y lenta
- Cronometra tus ensayos para asegurar que mantienes un ritmo adecuado
- Respira profundamente antes de comenzar cada sección

Como referencia, una velocidad adecuada es aproximadamente 130-150 palabras por minuto para presentaciones académicas en español.

El lenguaje corporal transmite información no verbal que puede reforzar o contradecir el mensaje verbal. La postura erguida, el contacto visual distribuido entre todos los miembros del comité, y los gestos naturales pero controlados contribuyen a proyectar seguridad y conocimiento. Es recomendable evitar movimientos repetitivos o nerviosos que puedan distraer a la audiencia, como balancearse, jugar con objetos o cruzar los brazos [80].

La adaptación del lenguaje técnico al nivel de comprensión de la audiencia resulta fundamental. Aunque el comité evaluador posee formación académica avanzada, es importante definir claramente los términos especializados y explicar los conceptos complejos de manera accesible sin simplificarlos excesivamente [1].

### Ejemplo de adaptación del lenguaje técnico

En el caso de ingeniería estructural, en lugar de decir: «Se aplicó un análisis modal espectral con factor de amortiguamiento  $\gamma=0.05$ »

Se puede explicar: «Se analizó cómo respondería la estructura ante un sismo utilizando el método de análisis modal espectral, que considera las vibraciones características de la estructura y un amortiguamiento del 5 %, valor estándar para estructuras de concreto».

En ingeniería biomédica, en vez de: «Se implementó un filtro Butterworth paso-banda de orden 4 para eliminar artefactos»

Se puede decir: «Se diseñó un sistema de filtrado (tipo Butterworth de orden 4) que permite conservar solo las señales relevantes entre ciertas frecuencias, eliminando así interferencias que podrían afectar la interpretación de los datos».

Para ingeniería en computación, en lugar de: «El algoritmo implementa una búsqueda heurística A\* con optimización de memoria»

Se puede expresar: «El método de búsqueda utilizado (conocido como A\*) encuentra la ruta más eficiente combinando la distancia ya recorrida con una estimación de la distancia restante, y además incorpora técnicas para reducir el uso de memoria durante el proceso».

El manejo efectivo del tiempo constituye una habilidad esencial para las presentaciones académicas. Es recomendable organizar el contenido de manera que sea posible cubrir todos los puntos importantes del protocolo dentro del tiempo asignado, generalmente entre 15 y 20 minutos. Una estrategia útil consiste en asignar tiempos específicos a cada sección de la presentación y practicar respetando estos límites [104].

La capacidad para responder a interrupciones y preguntas durante la presentación demuestra el dominio del tema y la flexibilidad mental del investigador. Se recomienda escuchar atentamente cada pregunta, solicitar aclaraciones si es necesario, y responder de manera concisa pero completa, relacionando la respuesta con el contenido de la presentación .

### Errores comunes en presentaciones académicas

- Leer literalmente el contenido de las diapositivas en lugar de explicarlo
- Incluir demasiado texto o información en cada diapositiva
- Hablar hacia la pantalla en vez de dirigirse al comité evaluador
- Utilizar tipografías pequeñas o colores con poco contraste
- Excederse significativamente del tiempo asignado
- Mostrar impaciencia o defensividad ante preguntas del sínodo

La práctica regular y la retroalimentación constructiva son fundamentales para mejorar las habilidades de comunicación oral. Se recomienda realizar ensayos frente a compañeros o profesores que puedan ofrecer sugerencias específicas para mejorar aspectos como la claridad del discurso, el manejo del tiempo, o la calidad de las respuestas a posibles preguntas [6].

#### 4.2.2 Anticipación y respuesta a preguntas del sínodo

La sesión de preguntas y respuestas después de la presentación del protocolo representa un componente fundamental de la defensa, donde el investigador demuestra su capacidad para responder a cuestionamientos críticos y profundizar en aspectos específicos de su propuesta. La anticipación a posibles preguntas y el desarrollo de estrategias efectivas de respuesta aumentan significativamente las probabilidades de éxito en esta etapa.

El análisis previo de las posibles áreas de cuestionamiento constituye una estrategia proactiva para preparar la defensa del protocolo. Resulta recomendable identificar los puntos potencialmente débiles o controvertidos de la propuesta, así como los aspectos que podrían requerir mayor clarificación o justificación. Esta evaluación autocrítica permite preparar explicaciones más sólidas y argumentaciones respaldadas por evidencia .

La clasificación de las preguntas facilita la preparación de respuestas adecuadas según su naturaleza. Las preguntas pueden categorizarse en: aclaratorias (buscan información adicional), metodológicas (cuestionan el diseño de investigación), teóricas (exploran los fundamentos conceptuales), y críticas (desafían planteamientos específicos). Para cada categoría, conviene preparar estrategias de respuesta diferenciadas que aborden el núcleo del cuestionamiento [27].

#### Ejemplos de preguntas frecuentes por categoría

**Preguntas aclaratorias:** En ingeniería estructural: «¿Qué criterios específicos utilizará para seleccionar los materiales compuestos que evaluará?»

En ingeniería biomédica: «¿Podría detallar cómo establecerá los parámetros de calibración para su sistema de monitoreo de señales fisiológicas?»

En ingeniería en computación: «¿Cómo determinará el tamaño óptimo del conjunto de datos para entrenar su algoritmo de aprendizaje automático?»

**Preguntas metodológicas:** En ingeniería estructural: «¿Por qué eligió el método de elementos finitos en lugar de un enfoque analítico para este problema?»

En ingeniería biomédica: «¿Considera que el tamaño de muestra propuesto es suficiente para validar estadísticamente sus resultados?»

En ingeniería en computación: «¿Qué ventajas ofrece la metodología ágil sobre el modelo en cascada para el desarrollo de su sistema?»

**Preguntas teóricas:** En ingeniería estructural: «¿Cómo se relaciona su hipótesis con la teoría de elasticidad no lineal?»

En ingeniería biomédica: «¿En qué principios teóricos se basa el procesamiento de señales que propone implementar?»

En ingeniería en computación: «¿Podría explicar los fundamentos teóricos del algoritmo de encriptación que menciona en su protocolo?»

**Preguntas críticas:** En ingeniería estructural: «El método que propone parece ignorar los efectos de fatiga a largo plazo, ¿cómo justifica esta omisión?»

En ingeniería biomédica: «Su protocolo no considera las variaciones fisiológicas entre distintos grupos etarios, ¿no limitaría esto la aplicabilidad de sus resultados?»

En ingeniería en computación: «El algoritmo propuesto podría presentar problemas de escalabilidad con conjuntos de datos masivos, ¿ha contemplado esta limitación?»

La estructura de respuestas efectivas sigue generalmente un patrón definido que facilita la comunicación clara. Una respuesta bien articulada comienza reconociendo la validez de la pregunta, continúa con una contestación directa y concisa, desarrolla brevemente los argumentos o evidencias que respaldan la respuesta, y concluye estableciendo conexiones con el marco general del proyecto [1].

El manejo de preguntas difíciles o inesperadas requiere técnicas específicas. Ante cuestionamientos complejos, resulta apropiado solicitar un momento para ordenar las ideas, admitir honestamente las limitaciones del estudio cuando sea pertinente, proponer soluciones o alternativas para abordar las debilidades identificadas, y mantener una actitud receptiva a la retroalimentación [22].

#### ⚠ Actitudes que debes evitar al responder preguntas

- Adoptar una postura defensiva o interpretar las preguntas como ataques personales
- Responder de forma evasiva o ambigua para ocultar desconocimiento
- Extenderse excesivamente en las respuestas perdiendo el foco de la pregunta
- Contradecir abiertamente a los miembros del sínodo sin suficiente evidencia
- Utilizar un tono condescendiente al explicar conceptos básicos
- Interrumpir al evaluador antes de que termine de formular la pregunta

La capacidad para reconocer áreas de mejora demuestra madurez académica y apertura al aprendizaje. Cuando el sínodo señala deficiencias en la propuesta, es recomendable agradecer la observación, analizar

objetivamente el comentario, y explicar cómo se incorporarán estas sugerencias para fortalecer el proyecto . La gestión emocional durante la sesión de preguntas determina en gran medida la calidad de las respuestas. Las técnicas de respiración controlada, la visualización positiva previa a la defensa, y la reformulación de la situación como una oportunidad de aprendizaje contribuyen a reducir la ansiedad y mantener la claridad mental necesaria para responder adecuadamente [27].

#### Técnica PREP para estructurar respuestas

Cuando enfrentes preguntas complejas, aplica la técnica PREP para organizar tu respuesta:

**P** - Punto: Expresa tu posición o respuesta principal en una frase clara. **R** - Razón: Explica brevemente el motivo principal que sustenta tu respuesta. **E** - Ejemplo o Evidencia: Proporciona un dato concreto, referencia o ejemplo que respalde tu argumento. **P** - Punto: Refuerza tu respuesta inicial, conectándola con los objetivos de tu investigación.

Ejemplo en ingeniería estructural: Pregunta: «¿Por qué eligió hormigón autocompactante para su diseño experimental?»

Respuesta PREP: **Punto:** «El hormigón autocompactante es la opción más adecuada para la geometría compleja de las estructuras propuestas.» **Razón:** «Su capacidad de fluir y consolidarse sin vibración mecánica permite llenar moldes con refuerzos densos y formas irregulares.» **Ejemplo:** «En el estudio de Martínez et al. (2023), se demostró que reduce en un 30 % los defectos internos en geometrías similares a las que proponemos analizar.» **Punto:** «Esta característica es esencial para garantizar la validez de nuestros resultados sobre comportamiento estructural en condiciones sísmicas.»

La documentación de respaldo durante la defensa proporciona seguridad al investigador y credibilidad a sus argumentos. Es aconsejable preparar material complementario como gráficos adicionales, datos estadísticos detallados, o referencias bibliográficas específicas que puedan ser presentados si surgen preguntas sobre aspectos particulares del protocolo [22].

La retroalimentación recibida durante la sesión de preguntas constituye un valioso insumo para el refinamiento del proyecto. Se recomienda tomar notas breves sobre las observaciones realizadas por el sínodo y, posteriormente, analizar estos comentarios para incorporarlos sistemáticamente en la versión final del protocolo de investigación .

#### 4.2.3 Actividad: Simulación de entrevista y retroalimentación

La práctica constituye un elemento indispensable para desarrollar la confianza y las habilidades necesarias en la defensa del protocolo de investigación. Esta actividad propone la realización de simulaciones de entrevista que aproximen al estudiante a las condiciones reales de la presentación ante el sínodo, permitiendo identificar áreas de mejora y fortalecer sus capacidades comunicativas.

El objetivo principal de esta actividad consiste en crear un entorno controlado pero realista para practicar tanto la presentación del protocolo como la respuesta a cuestionamientos críticos. Mediante esta experiencia simulada, el estudiante podrá recibir retroalimentación constructiva, identificar patrones inconscientes en su comunicación, y desarrollar estrategias efectivas para manejar la presión inherente a este tipo de evaluaciones académicas .

##### Preparación para la simulación de entrevista

Esta actividad te permitirá experimentar condiciones similares a la defensa real de tu protocolo, identificar fortalezas y debilidades en tu comunicación oral, recibir retroalimentación específica para mejorar tu desempeño, y desarrollar estrategias personalizadas para manejar preguntas difíciles.

La organización de la actividad requiere la formación de equipos de tres a cuatro estudiantes que asumirán roles rotativos durante las simulaciones. En cada sesión, un estudiante presentará su protocolo durante 15 minutos, otro(s) actuará(n) como miembros del sínodo formulando preguntas críticas, y otro fungirá

como evaluador utilizando una rúbrica estructurada. Esta dinámica permite que todos los participantes experimenten las diferentes perspectivas del proceso de evaluación .

La preparación adecuada para la simulación implica varios pasos previos. Se recomienda que el estudiante tenga lista su presentación completa, preferentemente en formato digital, y haya identificado previamente los posibles puntos débiles de su propuesta. Asimismo, quienes actuarán como sínodo deben familiarizarse con el protocolo del compañero y preparar preguntas relevantes de las distintas categorías mencionadas en la sección anterior [112].

#### Preparación para los diferentes roles

**Como expositor:** Prepara tu presentación completa con todos los elementos visuales necesarios. Ensayá previamente controlando el tiempo (15 minutos máximo). Identifica los aspectos más complejos o debatibles de tu protocolo y prepara explicaciones claras para ellos. Lleva material de respaldo para consultar durante las preguntas.

**Como miembro del sínodo:** Estudia el protocolo de tu compañero con enfoque crítico. Prepara al menos una pregunta de cada categoría (aclaratoria, metodológica, teórica y crítica). Adopta una actitud profesional pero exigente, similar a la de un evaluador real. Anota las respuestas para la fase de retroalimentación.

**Como evaluador:** Utiliza la rúbrica proporcionada para calificar objetivamente el desempeño. Toma notas detalladas sobre aspectos verbales y no verbales de la comunicación. Cronometra la presentación y cada respuesta. Prepara comentarios constructivos específicos para la fase de retroalimentación.

El desarrollo de la simulación debe estructurarse para replicar lo más fielmente posible las condiciones reales de una defensa académica. Se inicia con la presentación formal del protocolo, respetando estrictamente el tiempo asignado. Posteriormente, se destina un periodo de 15 a 20 minutos para las preguntas del sínodo simulado, donde se abordarán distintos aspectos del proyecto con diverso nivel de complejidad. El evaluador supervisa el proceso y registra sus observaciones utilizando la rúbrica establecida [112].

La rúbrica de evaluación constituye una herramienta fundamental para estructurar la retroalimentación. Este instrumento debe incluir criterios específicos relacionados con la calidad de la presentación visual, claridad de la exposición oral, dominio del tema, capacidad de síntesis, manejo del tiempo, calidad de las respuestas, y control del lenguaje corporal. Para cada criterio se establecen niveles de desempeño claramente descritos que guían la evaluación objetiva .

#### Ejemplo parcial de rúbrica para evaluación

##### 1. Claridad de la exposición oral (0-5 puntos)

**Nivel excelente (5):** Explica con precisión todos los conceptos, incluso los más complejos. Utiliza un lenguaje técnico apropiado pero accesible. Mantiene un hilo conductor lógico durante toda la presentación.

**Nivel satisfactorio (3-4):** Explica adecuadamente la mayoría de los conceptos. Ocasionalmente utiliza términos técnicos sin aclaración. La secuencia lógica presenta algunas discontinuidades menores.

**Nivel insuficiente (0-2):** Explicaciones confusas de conceptos básicos. Uso inconsistente de terminología técnica. Frecuentes saltos lógicos que dificultan seguir la presentación.

##### 2. Calidad de las respuestas (0-5 puntos)

**Nivel excelente (5):** Responde con precisión a todas las preguntas. Fundamenta sus respuestas con evidencia relevante. Admite limitaciones y propone soluciones cuando es pertinente.

**Nivel satisfactorio (3-4):** Responde adecuadamente a la mayoría de las preguntas. Ocasionalmente proporciona fundamentación incompleta. Reconoce algunas limitaciones pero no siempre ofrece soluciones.

**Nivel insuficiente (0-2):** Respuestas imprecisas o evasivas. Rara vez fundamenta sus afirmaciones. No reconoce limitaciones evidentes de su propuesta.

La fase de retroalimentación representa el componente más valioso de esta actividad formativa. Una vez concluida la simulación, se dedica un tiempo específico para que todos los participantes compartan sus

observaciones de manera estructurada. Primero, el propio expositor realiza una autoevaluación identificando sus fortalezas y áreas de mejora. Luego, los compañeros que actuaron como sínodo ofrecen su perspectiva sobre la calidad de las respuestas recibidas. Finalmente, el evaluador presenta su valoración basada en la rúbrica y proporciona recomendaciones específicas para mejorar .

La retroalimentación efectiva debe caracterizarse por ser específica (referida a comportamientos concretos), constructiva (orientada a la mejora), balanceada (destacando tanto fortalezas como debilidades), y accionable (proponiendo alternativas prácticas). Se recomienda utilizar la técnica "sándwich" donde cada crítica se enmarca entre dos comentarios positivos para facilitar su recepción .

#### **⚠ Errores comunes en la retroalimentación**

- Realizar críticas genéricas sin señalar momentos o comportamientos específicos
- Enfocarse exclusivamente en aspectos negativos ignorando las fortalezas
- Expresar opiniones personales sin fundamentarlas en criterios objetivos
- Utilizar lenguaje ambiguo que dificulta entender qué debe mejorarse
- Ofrecer retroalimentación vaga como «Estuvo bien» o «Necesitas mejorar»
- Comparar el desempeño con el de otros compañeros en lugar de con criterios establecidos

El registro audiovisual de la simulación proporciona un recurso adicional para el análisis posterior. Con el consentimiento de los participantes, se recomienda grabar las sesiones para permitir al expositor observarse objetivamente, identificar patrones en su comunicación no verbal, y verificar la claridad de sus explicaciones desde la perspectiva de la audiencia [112].

El plan de mejora personalizado constituye el resultado concreto de esta actividad. Basándose en la retroalimentación recibida, cada estudiante debe elaborar un documento breve donde identifique tres a cinco aspectos específicos por mejorar, establezca acciones concretas para abordarlos, y defina indicadores que permitan verificar su progreso en presentaciones futuras .

#### **Ejemplo de plan de mejora personalizado**

##### **Aspectos a mejorar:**

1. Control del tiempo durante la presentación de la metodología

**Acciones:** - Reducir el contenido de las diapositivas de metodología de 5 a 3 - Ensayar esta sección cronometrándola (máximo 4 minutos) - Marcar puntos de control temporales en las notas personales

**Indicador de mejora:** Completar la sección de metodología en 4 minutos  $\pm$  30 segundos en el próximo ensayo

2. Manejo de preguntas sobre limitaciones del estudio

**Acciones:** - Identificar previamente tres limitaciones principales del proyecto - Preparar justificaciones sólidas para cada limitación - Practicar respuestas aplicando el formato PREP

**Indicador de mejora:** Recibir valoración satisfactoria (4-5 puntos) en el criterio Calidad de las respuestas.<sup>en</sup> la próxima simulación

La repetición de la actividad con los ajustes implementados permite verificar el progreso y reforzar las mejoras. Se recomienda realizar al menos dos ciclos completos de simulación-retroalimentación-mejora antes de la defensa real del protocolo. La comparación de las evaluaciones obtenidas en sesiones sucesivas proporciona evidencia objetiva del desarrollo de las habilidades comunicativas del estudiante [112].



## 4.3 Referencias bibliográficas

### Objetivos de aprendizaje

En esta sección, aprenderás a organizar y presentar adecuadamente las referencias bibliográficas de tu protocolo de investigación, desarrollarás criterios para evaluar la calidad y relevancia de las fuentes consultadas, y practicarás la compilación final de referencias siguiendo estándares académicos reconocidos.

Las referencias bibliográficas constituyen un componente fundamental de todo protocolo de investigación, pues documentan las fuentes consultadas, proporcionan sustento teórico al estudio, y demuestran el conocimiento del investigador sobre el campo. Esta sección aborda los aspectos esenciales para la adecuada gestión, evaluación y presentación de las referencias en el contexto académico.

### 4.3.1 Organización y presentación de referencias

La organización sistemática de las referencias bibliográficas facilita su gestión durante el desarrollo del proyecto y garantiza su correcta presentación en el documento final. Esta tarea requiere conocimiento de los estándares de citación y habilidades para el manejo de herramientas especializadas.

El estilo de citación determina el formato específico para presentar las referencias tanto en el texto como en la bibliografía final. En el ámbito de la ingeniería, se utilizan frecuentemente los estilos IEEE, APA y Vancouver, cada uno con características particulares. La elección del estilo debe ajustarse a los requerimientos de la institución académica o del campo específico de investigación [72].

La consistencia en el sistema de citación resulta esencial para la credibilidad del trabajo académico. Una vez seleccionado el estilo de citación, debe aplicarse rigurosamente en todo el documento, manteniendo uniformidad en aspectos como el formato de nombres de autores, títulos, fechas, y demás elementos bibliográficos [44].

#### Comparación de estilos de citación comunes en ingeniería

**Estilo IEEE** Cita en el texto: Se utilizan números entre corchetes [1] que corresponden al orden de aparición en el texto. Referencia bibliográfica: [1] J. A. González y M. L. Ramírez, "Análisis de estructuras híbridas sometidas a cargas dinámicas," *Revista de Ingeniería Civil*, vol. 15, no. 3, pp. 125-140, 2022.

**Estilo APA (7ª edición)** Cita en el texto: (González & Ramírez, 2022) Referencia bibliográfica: González, J. A., & Ramírez, M. L. (2022). Análisis de estructuras híbridas sometidas a cargas dinámicas. *Revista de Ingeniería Civil*, 15(3), 125-140. <https://doi.org/10.xxxx/xxxxx>

**Estilo Vancouver** Cita en el texto: Se utilizan números entre paréntesis (1) o superíndices<sup>1</sup> según el orden de aparición. Referencia bibliográfica: 1. González JA, Ramírez ML. Análisis de estructuras híbridas sometidas a cargas dinámicas. *Rev Ing Civil*. 2022;15(3):125-40.

La estructura de la lista de referencias debe seguir una organización lógica que facilite su consulta. Dependiendo del estilo seleccionado, esta organización puede ser alfabética por apellido del primer autor (APA), por orden de aparición en el texto (IEEE, Vancouver), o por categorías temáticas. En todos los casos, es importante mantener un formato consistente y proporcionar la información completa de cada fuente [72].

Los gestores bibliográficos representan herramientas invaluable para la administración eficiente de referencias. Programas como Zotero, Mendeley o EndNote permiten recopilar, organizar y exportar referencias en diversos formatos, facilitando la creación de bibliografías y la inserción de citas en el texto. El uso de estas herramientas reduce significativamente el riesgo de errores y omisiones en las referencias [76].

### Errores comunes en la gestión de referencias

- Mezclar diferentes estilos de citación dentro del mismo documento
- Incluir referencias incompletas (sin números de página, volumen o DOI)
- Citar fuentes en el texto que no aparecen en la bibliografía final
- Incluir en la bibliografía fuentes que no fueron citadas en el texto
- Formatear manualmente las referencias en lugar de utilizar gestores bibliográficos
- No verificar la exactitud de los datos bibliográficos obtenidos automáticamente

La inclusión del identificador digital de objeto (DOI) facilita la localización precisa de recursos digitales académicos. Este código alfanumérico único y permanente debe incluirse en las referencias de artículos y documentos electrónicos que lo posean, siguiendo el formato establecido por el estilo de citación seleccionado [44].

El manejo adecuado de referencias a recursos electrónicos requiere consideraciones especiales. Para sitios web, bases de datos en línea, o documentos digitales sin DOI, es necesario proporcionar la URL completa y, cuando el estilo lo requiera, la fecha de consulta. La selección de recursos electrónicos debe priorizar aquellos con carácter permanente y respaldo institucional [76].

### Uso eficiente de Zotero para gestionar referencias

Zotero ofrece funcionalidades específicas que pueden optimizar tu gestión bibliográfica:

1. Utiliza el conector de navegador para capturar automáticamente referencias de artículos, libros y páginas web mientras investigas.
2. Organiza tus fuentes en colecciones temáticas que correspondan a las secciones de tu marco teórico.
3. Aprovecha el sistema de etiquetas para clasificar referencias según metodología, relevancia o tipo de información.
4. Crea una colección dedicada exclusivamente a las referencias que efectivamente utilizarás en tu protocolo.
5. Usa la función de "notas" para registrar ideas clave, citas textuales importantes o tu análisis crítico de cada fuente.
6. Sincroniza tu biblioteca entre diferentes dispositivos para acceder a tus referencias desde cualquier lugar.
7. Colabora con tus compañeros mediante bibliotecas grupales cuando trabajen en protocolos relacionados.

La integración de citas en el texto debe realizarse de manera fluida y pertinente. Las citas deben apoyar afirmaciones específicas, proporcionar contexto teórico, o documentar metodologías y hallazgos previos relevantes para el estudio. Se recomienda evitar tanto la saturación de citas como la inclusión de párrafos extensos sin respaldo bibliográfico [72].

### 4.3.2 Verificación de la calidad de las fuentes

La selección de fuentes bibliográficas de calidad constituye un factor determinante para la solidez académica del protocolo de investigación. La evaluación crítica de las referencias utilizadas requiere criterios definidos que permitan discriminar entre fuentes confiables y aquellas de validez cuestionable.

La actualidad de las referencias representa un primer criterio de calidad, especialmente relevante en campos de rápida evolución como la ingeniería. En general, se recomienda que un porcentaje significativo de las fuentes citadas (60-70 %) corresponda a publicaciones de los últimos cinco años, aunque esta proporción puede variar según la disciplina específica y el tipo de investigación [18].

La autoridad y credibilidad de la fuente constituyen indicadores fundamentales de su calidad académica. Aspectos como la trayectoria del autor, su afiliación institucional, y el número de citaciones que ha recibido proporcionan información valiosa sobre la solidez de la fuente. Las publicaciones respaldadas por instituciones

académicas reconocidas o asociaciones profesionales prestigiosas suelen ofrecer mayor confiabilidad .

#### Indicadores de calidad en revistas científicas

Al evaluar la calidad de un artículo científico, considera estos indicadores de la revista donde se publicó:

**Factor de impacto (Journal Impact Factor):** Mide la frecuencia con que los artículos de una revista han sido citados en un año particular. Revistas con mayor factor de impacto suelen publicar investigación más influyente.

**Índice SJR (Scimago Journal Rank):** Este indicador no solo considera el número de citas recibidas sino también el prestigio de las revistas que citan. Proporciona una valoración más contextualizada de la influencia.

**Cuartil de la revista (Q1, Q2, Q3, Q4):** Indica la posición relativa de la revista dentro de su categoría temática. Las revistas Q1 están en el 25 % superior de su campo y generalmente publican investigación de mayor calidad.

**Proceso de revisión por pares:** Revistas con procesos rigurosos de revisión por pares (preferentemente doble ciego) suelen garantizar mayor calidad en los artículos publicados.

**Bases de datos donde está indexada:** La inclusión en bases de datos selectivas como Web of Science, Scopus o IEEE Xplore indica que la revista cumple con estándares de calidad reconocidos internacionalmente.

El proceso de revisión por pares constituye un filtro importante para asegurar la calidad de las publicaciones académicas. Las fuentes que han sido sometidas a evaluación rigurosa por expertos en el campo ofrecen mayor garantía de validez metodológica y solidez conceptual. Se recomienda priorizar artículos de revistas con procesos de revisión por pares claramente establecidos [18].

La objetividad y rigurosidad metodológica de las fuentes deben evaluarse críticamente. Los artículos y textos académicos de calidad presentan metodologías transparentes, reconocen limitaciones, consideran perspectivas diversas, y basan sus conclusiones en evidencia sustancial. Se debe evitar la inclusión de fuentes con sesgos evidentes, conclusiones no respaldadas por los datos, o afirmaciones sin fundamentación adecuada .

#### ⚠ Señales de alerta sobre publicaciones predatorias

- Solicitan tarifas de publicación excesivamente altas o no transparentes
- Prometen tiempos de revisión y publicación extremadamente rápidos
- Envían correos masivos solicitando artículos fuera del área de especialidad
- No especifican claramente su proceso de revisión por pares
- Incluyen en su comité editorial investigadores sin su consentimiento
- Imitan nombres o sitios web de revistas reconocidas
- No están indexadas en bases de datos académicas respetadas
- Presentan errores gramaticales o de diseño en su sitio web oficial

La diversidad de las fuentes bibliográficas enriquece la fundamentación teórica del protocolo. Se recomienda incluir diversos tipos de documentos como artículos de investigación, libros académicos, capítulos de obras colectivas, y en casos pertinentes, tesis doctorales, normas técnicas, o patentes. Esta variedad proporciona una perspectiva más completa sobre el objeto de estudio .

El equilibrio entre fuentes teóricas y empíricas debe ajustarse a los objetivos específicos de la investigación. Los estudios con enfoque aplicado requieren un mayor componente de referencias que documenten experiencias prácticas, mientras que investigaciones teóricas necesitan mayor proporción de fuentes conceptuales. En cualquier caso, ambos tipos de referencias son necesarios para una fundamentación integral .

#### Ejemplo de evaluación crítica de fuentes en ingeniería

**En ingeniería estructural:** Al evaluar un artículo sobre nuevos métodos de análisis sísmico, verificarías: - Si los modelos matemáticos presentados tienen validación experimental - Si los resultados se comparan con métodos establecidos - Si se discuten las limitaciones de aplicabilidad del método - Si los parámetros utilizados corresponden a casos reales

**En ingeniería biomédica:** Al analizar un estudio sobre un nuevo dispositivo de monitoreo cardíaco, examinarías: - Si se realizaron pruebas con muestras estadísticamente significativas - Si se comparó el rendimiento con dispositivos estándar - Si se evaluaron aspectos de biocompatibilidad y seguridad - Si el diseño experimental minimizó variables de confusión

**En ingeniería computacional:** Para evaluar un artículo sobre un nuevo algoritmo de procesamiento de imágenes, verificarías: - Si se proporcionan métricas objetivas de rendimiento - Si se utilizaron conjuntos de datos estandarizados para benchmarking - Si se analizó la complejidad computacional del algoritmo - Si se comparó con los algoritmos de referencia actual en el campo

La relevancia de las fuentes para el tema específico de investigación determina su utilidad real para el protocolo. Las referencias seleccionadas deben contribuir directamente a la comprensión del problema, la justificación del estudio, el desarrollo metodológico, o la interpretación de resultados esperados. Se debe evitar la inclusión de fuentes tangencialmente relacionadas solo para aumentar el número de referencias [18].

La accesibilidad de las fuentes citadas facilita la verificación por parte de lectores y evaluadores. Se recomienda priorizar documentos disponibles a través de repositorios institucionales, bibliotecas digitales, o bases de datos académicas de acceso abierto. Cuando se utilicen recursos de acceso restringido, se debe asegurar que estén disponibles a través de los servicios bibliotecarios de la institución .

#### 4.3.3 Actividad: Compilación final de referencias

La compilación final de las referencias bibliográficas representa una tarea meticulosa que requiere atención a los detalles y verificación sistemática. Esta actividad guía al estudiante en el proceso de revisión, organización y presentación definitiva de las referencias para su protocolo de investigación.

El objetivo principal de esta actividad consiste en asegurar que la bibliografía del protocolo cumpla con los estándares académicos de calidad, pertinencia y formato. Mediante un proceso estructurado de revisión, el estudiante podrá identificar y corregir posibles inconsistencias, evaluar críticamente la calidad de sus fuentes, y presentar una bibliografía profesional que respalde adecuadamente su propuesta de investigación [8].



#### Compilación y verificación de referencias bibliográficas

Esta actividad te permitirá revisar sistemáticamente todas las referencias utilizadas en tu protocolo, evaluar su calidad según criterios académicos establecidos, asegurar la consistencia en el formato de citación, y organizar la presentación final de la bibliografía según estándares profesionales.

La revisión preliminar de las referencias citadas en el texto constituye el primer paso de esta actividad. Se debe verificar que todas las fuentes mencionadas en el cuerpo del protocolo aparezcan en la lista de referencias y, a la inversa, que todas las referencias listadas hayan sido efectivamente citadas en el texto. Esta verificación cruzada garantiza la coherencia bibliográfica del documento [8].

La comprobación del formato de citación requiere especial atención. El estudiante debe revisar que todas las referencias sigan consistentemente el estilo seleccionado (APA, IEEE, Vancouver u otro) en aspectos como el orden de los elementos, la puntuación, el uso de cursivas, y la presentación de información como volúmenes, números, y páginas. Aunque los gestores bibliográficos facilitan esta tarea, siempre es necesaria una revisión manual .

### Lista de verificación para referencias en formato APA 7ª edición

Utiliza esta lista para verificar cada una de tus referencias en formato APA:

**Para artículos de revista:** Apellidos e iniciales de todos los autores (hasta 20) Año de publicación entre paréntesis Título del artículo en texto normal (solo primera palabra en mayúscula) Nombre de la revista en cursiva (palabras principales en mayúscula) Volumen en cursiva Número entre paréntesis (no en cursiva) Rango de páginas DOI con formato completo (<https://doi.org/xxx>)

**Para libros:** Apellidos e iniciales de todos los autores o editores (Ed.) o (Eds.) después de los nombres si son editores Año de publicación entre paréntesis Título del libro en cursiva (solo primera palabra en mayúscula) Editorial (sin incluir términos como .<sup>Ed</sup>itorial.º "Press") DOI o URL si es libro electrónico

**Para capítulos de libros:** Apellidos e iniciales de los autores del capítulo Año de publicación entre paréntesis Título del capítulo en texto normal .<sup>En</sup>seguido de iniciales y apellidos de los editores (Ed.) o (Eds.) después de los nombres de los editores Título del libro en cursiva Rango de páginas del capítulo entre paréntesis Editorial DOI o URL si está disponible

La verificación de datos bibliográficos completos y precisos constituye un componente esencial de esta actividad. El estudiante debe asegurarse de que cada referencia incluya toda la información requerida según el tipo de documento, y que estos datos sean exactos. Se recomienda contrastar la información con las fuentes originales o con bases de datos bibliográficas confiables para corregir posibles errores .

La evaluación de la calidad de las fuentes según criterios académicos debe realizarse de manera sistemática. Para cada referencia incluida, el estudiante debe verificar aspectos como la autoridad de los autores, la credibilidad de la publicación, la actualidad de la información, y la pertinencia para el tema específico de investigación. Se recomienda elaborar una matriz de evaluación que permita documentar estos aspectos para cada fuente .

### Errores críticos que debes evitar en tu bibliografía final

- Referencias incompletas o con información faltante (sin páginas, volumen o año)
- Mezcla de diferentes estilos de citación en un mismo documento
- Discrepancias entre las citas en el texto y las entradas en la bibliografía
- Errores en los nombres de autores o títulos de publicaciones
- Omisión del DOI en publicaciones que lo poseen
- Referencias a sitios web sin fecha de consulta (cuando el estilo lo requiere)
- Citas de fuentes secundarias sin haber consultado la fuente original
- Inclusión de publicaciones predatorias o de dudosa calidad académica

El análisis del balance de fuentes proporciona una visión sobre la amplitud y profundidad de la revisión bibliográfica. Se recomienda evaluar la distribución de referencias según criterios como tipo de documento (artículos, libros, conferencias), idioma, actualidad (proporción de fuentes recientes), y enfoque (teórico vs. aplicado). Este análisis permite identificar posibles sesgos o limitaciones en la revisión de literatura .

La organización final de la bibliografía debe facilitar su consulta y verificación. Según el estilo seleccionado y los requerimientos institucionales, las referencias pueden organizarse alfabéticamente, por orden de aparición, o por categorías temáticas. En cualquier caso, se debe mantener consistencia en el formato y asegurar que la presentación visual facilite la localización rápida de cada referencia [8].

### Actividad paso a paso: Compilación final de referencias

Sigue estos pasos para realizar una compilación profesional de tus referencias:

1. **Exporta tus referencias desde Zotero** (o el gestor que utilices) en el formato correspondiente al estilo requerido.
2. **Realiza una revisión cruzada** marcando cada referencia citada en tu texto y verificando su correspondencia en la bibliografía.
3. **Evalúa la calidad de cada fuente** utilizando la matriz de evaluación proporcionada en clase.
4. **Completa información faltante** consultando las fuentes originales o bases de datos académicas.
5. **Verifica la correcta aplicación del estilo** utilizando la lista de verificación específica para tu formato de citación.
6. **Analiza el balance de tu bibliografía** determinando porcentajes de: - Fuentes de los últimos 5 años (mínimo recomendado: 70 %) - Artículos en revistas indexadas (mínimo recomendado: 60 %) - Publicaciones en inglés y otros idiomas relevantes para tu campo
7. **Elabora la versión final** organizando las referencias según el criterio más adecuado para tu investigación.
8. **Solicita revisión por pares** intercambiando bibliografías con un compañero para identificar posibles errores pasados por alto.

La metainformación sobre las referencias proporciona un valor añadido a la revisión bibliográfica. Se recomienda incluir al final de la actividad un breve análisis estadístico de la bibliografía compilada, indicando aspectos como el número total de referencias, porcentajes por tipo de documento, distribución por años, e indicadores de calidad (como porcentaje de publicaciones en revistas Q1/Q2). Esta información contextualiza la solidez de la fundamentación teórica del protocolo .

La actualización continua de la bibliografía constituye un hábito recomendable durante todo el proceso de investigación. Se debe establecer un sistema para incorporar nuevas publicaciones relevantes que aparezcan después de la aprobación del protocolo, manteniendo un registro organizado que facilite su inclusión en el documento final de la tesis o proyecto .

### Ejemplo de informe metabibliográfico

#### INFORME BIBLIOMÉTRICO DEL PROTOCOLO

**Título:** "Desarrollo de un sistema de monitoreo estructural basado en sensores inalámbricos de bajo consumo para edificaciones en zonas sísmicas"

**Total de referencias:** 48

**Distribución por tipo:** - Artículos científicos: 32 (67 %) - Libros y capítulos: 8 (17 %) - Actas de congresos: 5 (10 %) - Normas técnicas: 2 (4 %) - Tesis doctorales: 1 (2 %)

**Actualidad:** - Últimos 2 años: 15 (31 %) - 3-5 años: 20 (42 %) - 6-10 años: 10 (21 %) - Más de 10 años: 3 (6 %)

**Calidad (artículos):** - Revistas Q1: 18 (56 %) - Revistas Q2: 9 (28 %) - Revistas Q3-Q4: 5 (16 %)

**Idiomas:** - Inglés: 42 (88 %) - Español: 6 (12 %)

**Accesibilidad:** - Acceso abierto: 22 (46 %) - Acceso restringido: 26 (54 %)

La presentación y discusión de la bibliografía compilada con el director de tesis o tutor académico permite recibir retroalimentación experta sobre la selección de fuentes. Esta consulta puede revelar omisiones importantes o sugerir la inclusión de referencias clásicas o recientes que fortalezcan la fundamentación teórica del protocolo .