

Desarrollo de un documento de apoyo pedagógico para fortalecer las competencias para la asignatura estática de la escuela de ingeniería civil de la UIS

Jhan Carlos Matajira Figueroa

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero Civil

Director

Homer Armando Buelvas Moya

Magister en Ingeniería Estructural

Universidad Industrial de Santander
Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela de Ingeniería Civil
Bucaramanga
2025

Dedicatoria,

A mi familia, mi pareja y a ese niño que soñaba con construir grandes cosas. Hoy, con orgullo, les digo: ¡Lo logramos! Este logro es un homenaje a todos los que me han apoyado en este camino.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a la culminación de este proyecto. Agradezco a Dios por sus bendiciones y a mi familia por su inquebrantable apoyo. A mi director de proyecto, por su guía y motivación; a Vale, por su compañía incondicional; y a mis amigos, por compartir conmigo esta maravillosa etapa. A todos, ¡muchas gracias!

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos	15
2 Marco Referencial.....	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Marco Teórico.....	18
2.2.1. Introducción	18
2.2.2. Sistema de Fuerzas.....	19
2.2.3. Equilibrio de Cuerpos Rígidos.....	23
2.2.4. Fuerzas Distributivas	29
2.2.5. Análisis de Estructuras.....	30
2.2.6. Momentos de Inercia.....	36
2.3. Marco Conceptual.....	40
3. Método	47
3.1. Etapa 1: revisión de temas de estática.....	47
3.2. Etapa 2: investigación de metodologías pedagógicas	48
3.3. Etapa 3: elaboración de los recursos didácticos.....	49

3.4. Etapa 4: encuesta de revisión.....	50
4. Desarrollo del Proyecto.....	52
4.1. Etapa 1: revisión de temas de estática.....	52
4.2. Etapa 2: investigación de metodologías pedagógicas.....	57
4.3. Etapa 3: elaboración de los recursos didácticos.....	60
4.4. Etapa 4: encuesta de revisión.....	67
5. Resultados.....	70
6. Conclusiones.....	75
7. Recomendaciones.....	76
Referencias Bibliográficas.....	77
Apéndices.....	79

Lista de Figuras

Figura 1 Primera ley de Newton	18
Figura 2 Segunda ley de Newton	18
Figura 3 Tercera ley de Newton.....	19
Figura 4 Ley del paralelogramo.....	19
Figura 5 Componentes rectangulares.....	20
Figura 6 Fuerzas externas	21
Figura 7 Fuerzas internas	21
Figura 8 Momento de un par.....	22
Figura 9 Pares equivalentes.....	23
Figura 10 Reacciones en 2D	26
Figura 11 Reacciones en 3D	28
Figura 12 Método de nodos	30
Figura 13 Condición especial.....	31
Figura 14 Condición especial 2.....	31
Figura 15 Condición especial 3.....	32
Figura 16 Método de secciones.....	33
Figura 17 Despiece de un marco.....	34
Figura 18 Viga tipo método de integrales.....	36
Figura 19 Momento polar de inercia	37
Figura 20 Teorema de ejes paralelos o Steiner	38
Figura 21 Circulo de Mohr	39

Figura 22 Vector	42
Figura 23 Armaduras típicas para techo	43
Figura 24 Elemento de dos fuerzas	44
Figura 25 Fuerzas y Momentos.....	46
Figura 26 Convención de signos.....	46
Figura 27 Aula virtual.....	64
Figura 28 Resúmenes teóricos	65
Figura 29 Documentos de resolución de ejercicios	65
Figura 30 Videos explicativos	66
Figura 31 Recursos del aula virtual.....	67
Figura 32 ¿Provienes de una sede externa o de la sede principal?	70
Figura 33 ¿Consideras que tenías las mismas bases teóricas que tus compañeros al iniciar el curso?.....	71
Figura 34 ¿Consideras necesario contar con material de estudio adicional (como documentos con resolución de ejercicios, videos y guías teóricas) para nivelar las competencias de estática?	71
Figura 35 ¿Cómo sueles estudiar?	72
Figura 36 ¿Cómo sueles estudiar?	72
Figura 37 ¿Utilizaste el documento de resolución de ejercicios proporcionados?	73
Figura 38 ¿Consideras que el documento de resolución de ejercicios te ayudó?.....	73
Figura 39 ¿Qué opinas del formato del documento de resolución de ejercicios?.....	74

Lista de Tablas

Tabla 1 Sedes de la universidad industrial de santander.....	47
Tabla 2 Temática de la unidad 1 del curso.....	52
Tabla 3 Temática de la unidad 2 del curso.....	53
Tabla 4 Temática de la unidad 3 del curso.....	54
Tabla 5 Temática de la unidad 4 del curso.....	55
Tabla 6 Temática de la unidad 5 del curso.....	55
Tabla 7 Temática de la unidad 6 del curso.....	56
Tabla 8 Temática de la unidad 7 del curso.....	56
Tabla 9 Investigación de las metodologías empleadas	57
Tabla 10 Videos realizados	63

Lista De Apéndices

Apéndices A Propuesta documental de ejercicios resueltos 79

Apéndices B Formatos de videos realizados de ejercicios propuestos y link de acceso al aula virtual..... 79

Resumen

Título: Desarrollo de un documento de apoyo pedagógico para fortalecer las competencias para la asignatura estática de la escuela de ingeniería civil de la UIS *

Autor: Jhan Carlos Matajira Figueroa**

Palabras Clave: Estática en ingeniería civil, Aprendizaje, Metodología, Banco de ejercicios, Aula virtual, revisión, recurso.

Descripción: En el presente documento, se plantean las siguientes herramientas: un documento con teoría básica para repaso, un banco de ejercicios enfocados en la ingeniería civil y publicación de videos recopilatorios de ejercicios realizados en los últimos periodos académicos. Así mismo, en el marco de esta práctica pedagógica, se creó un aula virtual que permite a los estudiantes acceder de manera directa, fácil y rápida a todo el material complementario. En este espacio, se encuentran disponibles los resúmenes teóricos, la bibliografía, los ejercicios resueltos, videos explicativos y software recomendados, consolidándose como una plataforma integral para apoyar el aprendizaje y mejorar las competencias en la asignatura de Estática. Finalmente, se llevó a cabo una encuesta de satisfacción dirigida a los estudiantes, cuyos resultados reflejaron una alta valoración hacia las herramientas proporcionadas. La mayoría de los estudiantes destacó la utilidad del documento de ejercicios resueltos paso a paso y los videos explicativos, calificándolos como recursos clave para fortalecer su comprensión de la asignatura.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Físico-mecánicas. Escuela de ingeniería civil. Pregrado. Director: Homer Armando Buelvas Moya. Magister en ingeniería civil

Abstract

Title: Desarrollo de un documento de apoyo pedagógico para fortalecer las competencias para la asignatura estática de la escuela de ingeniería civil de la UIS *

Author(s): Jhan Carlos Matajira Figueroa¹

Key Words: Statics in civil engineering, Learning, Methodology, Exercise bench, Virtual classroom, review, resource.

Description: In this document, the following tools are proposed: a document with basic theory for review, a bank of exercises focused on civil engineering, and the publication of compilation videos of exercises solved in recent academic periods. Additionally, as part of this pedagogical practice, a virtual classroom was created, enabling students to access all complementary material directly, easily, and quickly. In this space, students can find theoretical summaries, bibliographies, solved exercises, explanatory videos, and recommended software, consolidating it as a comprehensive platform to support learning and enhance competencies in the subject of Statics. At the end of the practice, a satisfaction survey was conducted among the students, whose results reflected a high appreciation for the tools provided. Most students highlighted the usefulness of the step-by-step solved exercise document and explanatory videos, describing them as key resources for strengthening their understanding of the subject.

* Degree Work

¹Faculty of Physics and Mechanics. School of Civil Engineering. Undergraduate. Director: Homer Armando Buelvas Moya. Master in Civil Engineering

Introducción

Las sólidas bases en la educación en ingeniería civil permiten definir un área de estudio apropiada del próximo ingeniero, por lo que garantizar una sólida formación en asignaturas fundamentales en los primeros niveles, como la Estática, introduciendo al equilibrio de cuerpos y estructuras de mediana complejidad que permiten desarrollar otras competencias posteriores. Sin embargo, estudios previos como los presentados por Lorente-Ruiz (2021) y Andrea (2021) han revelado brechas significativas en la preparación de los estudiantes durante la vida universitaria, especialmente en términos de conocimientos de materias previas y habilidades matemáticas en materias de primeros semestres donde se esclarece que se deben fortalecer varias competencias como el repaso de teoría y la práctica constante de nuevos conocimientos.

De la misma manera, es importante destacar el propósito que la UIS establece para la asignatura en el programa académico, el cual es: “Desarrollar en el estudiante de Ingeniería la capacidad de analizar el comportamiento de los componentes y sistemas en los que intervienen las fuerzas, para llegar a un análisis de la situación real con precisión suficiente” (código 23018 de la Universidad Industrial de Santander). Este propósito planteado es esencial para la formación de un ingeniero. Sin embargo, para garantizar que la gran mayoría de los estudiantes la alcancen, es fundamental realizar algunos ajustes que permitan una nivelación efectiva de competencias, enfocada en los conocimientos esenciales para los ingenieros civiles (Ruiz, 2019).

La falta de conocimiento de las materias previas y la posible baja de habilidades matemáticas también aplican para Universidades en Colombia como la Universidad Industrial de Santander (UIS), que con sus múltiples sedes y debido a la gran heterogeneidad en los enfoques pedagógicos existen posibles diferencias entre estudiantes que llegan a los primeros niveles de

las carreras de ingeniería. Para apoyar las competencias principales y apoyar a los estudiantes a superar sus deficiencias matemáticas o de conocimientos previos, se generan desafíos adicionales en el personal docente que debe buscar situar al estudiante en el ámbito ingenieril, pero al mismo tiempo generar espacios de nivelación y avance académico. La falta de homogeneidad en las competencias adquiridas por los estudiantes puede limitar su desempeño en asignaturas posteriores y comprometer la calidad de los futuros ingenieros civiles (Facultad de ingenierías físico-mecánicas, 2024). A través de la revisión bibliográfica, se destacan los temas y conceptos prioritarios del programa académico de la asignatura Estática, estructurando los materiales educativos que se consideran esenciales para los estudiantes de ingeniería civil. Este análisis permite garantizar que los recursos pedagógicos estén alineados con las necesidades académicas y profesionales del área.

Mediante esfuerzos individuales se han realizado acciones por nivelar estudiantes en competencias básicas y matemáticas, pero aún existe la necesidad de desarrollar estrategias pedagógicas funcionales que permitan nivelar las competencias de los estudiantes y garantizar una formación de calidad en todas las sedes de la UIS. Por lo tanto, basados en la revisión bibliográfica de herramientas y procesos existentes, se propone la implementación de dos metodologías pedagógicas: el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL), que promueve la resolución de problemas reales a través del trabajo colaborativo (Aula planeta, 2015), y el aula invertida (flipped classroom), que invierte el proceso tradicional de enseñanza, permitiendo al estudiante adquirir los conocimientos previos de manera autónoma a través de videos tutoriales (Massut y Rosich, 2018), utilizando el tiempo en clase para aplicar estos conocimientos a la resolución de problemas y la discusión con el docente. Todo esto con la finalidad de cumplir con

la homogeneización de las competencias en los estudiantes de estática de ingeniería civil de la UIS.

Por su parte, mediante este documento se evidencian los resultados de la implementación del aula invertida (flipped classroom) en la asignatura de Estática. Con lo cual se busca abordar los retos educativos asociados a la diversidad en los conocimientos previos y la necesidad de fortalecer las competencias fundamentales de los estudiantes. Con esta metodología, el aprendizaje tradicional se reorganiza para que los estudiantes adquieran los conceptos teóricos de manera autónoma mediante recursos como videos tutoriales y documentos de apoyo. Este enfoque permite que el tiempo en clase se enfoque en actividades prácticas, como la resolución de problemas y discusiones guiadas, promoviendo una comprensión más profunda y significativa.

Para enriquecer el proceso de aprendizaje, se elaboran ejercicios detallados paso a paso que abordan los contenidos principales de la asignatura. Estos recursos se integran a un aula virtual que centraliza todos los materiales de apoyo, facilitando el acceso a resúmenes teóricos, videos explicativos, bibliografía y software complementario. Este enfoque no solo nivela las competencias de los estudiantes, sino que también estimula su aprendizaje autónomo y práctico, sentando bases sólidas para su desarrollo en asignaturas posteriores y en su formación profesional, donde los resultados de este estudio podrían servir como referencia para otras instituciones de educación superior que enfrentan desafíos similares.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar un documento de apoyo pedagógico complementario para el fortalecimiento de las competencias de la asignatura “Estática para ingenieros civiles” de la Universidad Industrial de Santander.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar, mediante revisión bibliográfica, los temas y conceptos representativos del programa académico de la materia estática (código 23018 de la Universidad Industrial de Santander) relacionados con la propuesta de documento “Estática para ingenieros civiles”
- Realizar el estado del arte de las metodologías pedagógicas efectivas propuestas para la implementación de un documento de apoyo de la asignatura “Estática para ingenieros civiles”
- Proponer una lista de ejercicios representativos detallados paso a paso los procedimientos, que sirva como recurso de repaso y práctica para los contenidos de la asignatura “Estática para ingenieros civiles” y apoyado en elementos audiovisuales.

2 Marco Referencial

2.1. Antecedentes

A medida que se avanza en el tiempo la educación en todos los niveles se ha visto afectada, incluyendo la formación en ingeniería civil. Por ejemplo: antes de la pandemia, la enseñanza en ingeniería civil se basaba en gran medida en actividades prácticas, como prácticas de laboratorio, proyectos en equipo que involucraban presencia física, visitas de campo y prácticas con programas informáticos de pago (Alarcón, 2021).

Sin embargo, con el cierre de instituciones educativas y las restricciones de movilidad, estas actividades se vieron limitadas o suspendidas, lo que generó la necesidad de brindar nuevas formas de nivelación de aprendizaje en la ingeniería civil, es por esto por lo que metodologías como MOOC y PACIE han demostrado ser herramientas valiosas en entornos virtuales de aprendizaje. Por ejemplo, en el artículo “MOOC de Matemáticas, una estrategia que favorece los procesos de nivelación” (Mantilla y López, 2019) habla de su origen y destaca el potencial de los MOOC para procesos de nivelación de competencias, subrayando su característica de ser autodirigidos y ofrecer acceso a una amplia gama de recursos en cualquier momento.

Por otro lado, en el artículo “Metodología PACIE en los ambientes virtuales de aprendizaje para el logro de un aprendizaje colaborativo” (Flores y Bravo, 2012), resalta lo bueno que tiene la Metodología PACIE para aprender en línea, con su enfoque colaborativo y su capacidad para fomentar un aprendizaje activo. Todo esto dicho previamente apoyándose en lo que dicen otros expertos.

La modalidad virtual de enseñanza ha traído consigo grandes desafíos, especialmente en disciplinas como la ingeniería civil, donde la interacción directa con equipos, materiales y entornos reales es fundamental.

La necesidad de adaptar las actividades prácticas a entornos virtuales se ha convertido en un desafío significativo para los docentes y estudiantes de ingeniería civil. Ante esta situación, surge la necesidad de desarrollar nuevas metodologías de formación educativa basadas en entornos virtuales de aprendizaje que puedan ser aplicadas específicamente a estudiantes de ingeniería civil.

A continuación, se presenta el marco teórico que a su vez servirá como resumen teórico para los estudiantes de estática que podrán encontrar en el aula virtual donde se exponen los temas y conceptos identificados en la etapa 1 de la metodología de este documento.

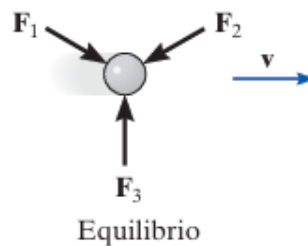
2.2. Marco teórico

2.2.1. Introducción

La ingeniería mecánica se basa en las leyes de Newton, que describen el movimiento en sistemas de referencia inerciales, resumidas así:

Primera ley de Newton: "Si una partícula está en reposo (o moviéndose con velocidad constante en línea recta), permanecerá en reposo (o continuará moviéndose con velocidad constante en línea recta) hasta que una fuerza lo perturbe. Ver **Figura 1**" (Pytel-Kiusalaas,2012, pg 4)

Figura 1
Primera ley de Newton



Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Segunda ley de Newton: "Una fuerza que actúa sobre un cuerpo acelerará en la dirección de la fuerza. La magnitud de la aceleración es proporcional a la magnitud de la fuerza e inversamente proporcional a la masa de la partícula. Ver **Figura 2**" (Pytel-Kiusalaas,2012, pg 4)

Figura 2
Segunda ley de Newton



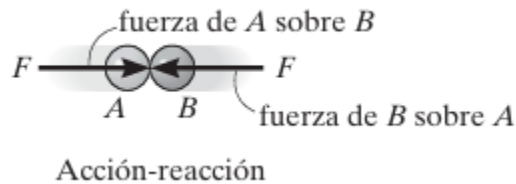
Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Esta ley de Newton puede expresarse de forma matemática como se muestra en la **ecuación 1**:

$$F = m \times a \quad (1)$$

Tercera ley de Newton: “Para toda acción existe una reacción igual y opuesta; es decir, las fuerzas de interacción entre dos partículas son iguales en magnitud y dirigidas opuestamente a lo largo de la misma línea de acción. Ver **Figura 3**” (Pytel-Kiusalaas,2012, pg 4)

Figura 3
Tercera ley de Newton

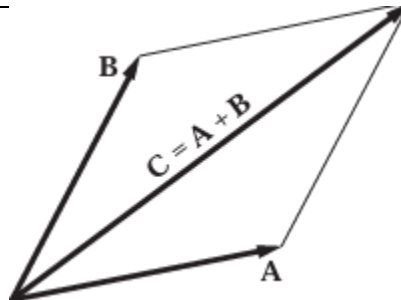


Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

2.2.2. Sistema de Fuerzas

Ley del paralelogramo (suma de vectores): La suma de dos vectores, A y B, se define como el vector C, que es el resultado de una construcción geométrica. En la **figura 4**, se puede ver que C es la diagonal del paralelogramo formado por A y B (Pytel-Kiusalaas,2012).

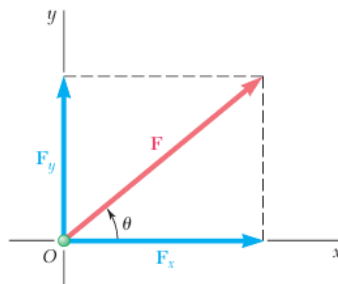
Figura 4
Ley del paralelogramo



Nota. Pytel, Andrew y Jaan Kiusalaas Ingeniería Mecánica, Estática. Tercera edición

Componentes rectangulares de una fuerza: En muchas ocasiones es conveniente descomponer una fuerza en sus dos componentes perpendiculares entre sí. Es por esto por lo que en la **Figura 5** se muestra como la fuerza F se ha descompuesto en sus dos ejes perpendiculares “ x ” y “ y ” a un grado de inclinación “ θ ” junto con su expresión matemática mostrada en la **ecuación 2** (Beer, 2021).

Figura 5
Componentes rectangulares



Nota. Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2021). Mecánica de materiales. McGraw-Hill Interamericana.

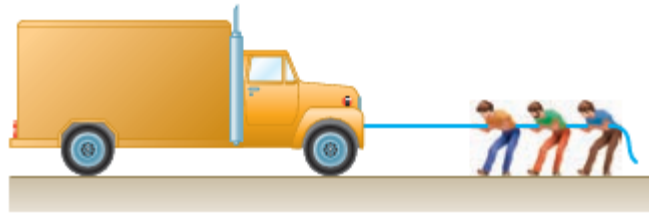
$$F_x = F \cos \theta \quad F_y = F \sin \theta \quad (2)$$

Equilibrio estático: Estado de un cuerpo o sistema de cuerpos en el que las fuerzas y los momentos netos que actúan sobre cada cuerpo son cero (Beer, 2021). En el caso del análisis de un cuerpo rígido en 3 dimensiones se analizan las fuerzas y momentos principalmente en las 3 direcciones, es decir:

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0 \quad \sum M_x = 0 \quad \sum M_y = 0 \quad \sum M_z = 0 \quad (3)$$

Fuerzas externas: Son las fuerzas que ejercen otros cuerpos sobre el cuerpo rígido de estudio. Son las responsables del comportamiento externo del cuerpo rígido como se muestra en la **Figura 6** (Beer, 2021).

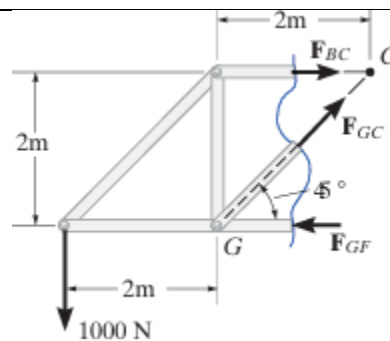
Figura 6
Fuerzas externas



Nota. Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2021). Mecánica de materiales. McGraw-Hill Interamericana.

Fuerzas internas: Las fuerzas internas son aquellas que mantienen unidas las partículas que conforman al cuerpo rígido como lo puede ser las reacciones de contacto, su propio peso o de fuerza de movimiento como se puede observar en la **Figura 7** (Beer, 2021).

Figura 7
Fuerzas internas



Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Momento de una fuerza alrededor de un punto: Es una medida de la tendencia de esa fuerza a hacer girar un cuerpo respecto a un punto. De forma escalar se expresa matemáticamente como el producto de la magnitud de la fuerza y la distancia perpendicular desde el punto hasta la línea de acción de la fuerza como en la **ecuación 4**.

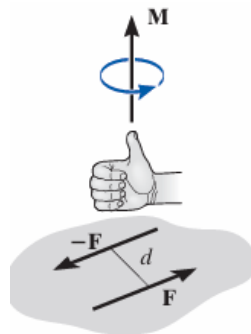
$$M = Fd \quad (4)$$

Por otro lado, en un enfoque más general y riguroso, la definición vectorial del momento de una fuerza F respecto a un punto O se define como el producto vectorial del vector de posición r (desde el punto O al punto de aplicación de la fuerza) y el vector fuerza F como se observa en la **ecuación 5**.

$$\vec{M}_O = \vec{r} \times \vec{F} \quad (5)$$

Momento de un par de fuerzas: Cuando dos fuerzas paralelas de igual magnitud, con direcciones opuestas separadas por una distancia perpendicular “ d ” como se muestra en la **Figura 8** se define que es un par de fuerzas la cual solo genera efectos de rotación en el cuerpo rígido debido a que la resultante de sus fuerzas es cero. Expresando lo anterior matemáticamente de forma escalar y vectorial es igual a las **ecuaciones 4 y 5** respectivamente.

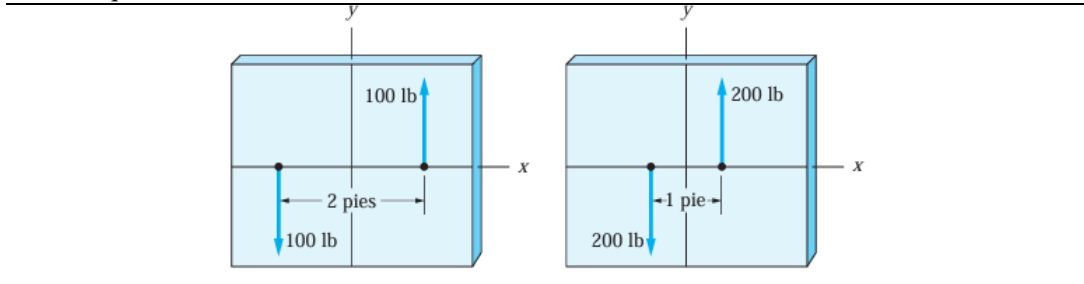
Figura 8
Momento de un par



Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Pares equivalentes: “dos pares que tienen el mismo momento se dice que son equivalentes (tienen el mismo efecto sobre un cuerpo rígido)” (Pytel-Kiusalaas,2012, pg 75). Como se observa en la **Figura 9** a pesar de que las fuerzas están separadas a distinta distancia y tienen distinta fuerza se consideran pares equivalentes ya que generan el mismo efecto sobre el cuerpo en estudio.

Figura 9
Pares equivalentes



Nota. Pytel, Andrew y Jaan Kiusalaas Ingeniería Mecánica, Estática. Tercera edición

2.2.3. Equilibrio de cuerpos rígidos

Grado de indeterminación estático: Es el número de reacciones redundantes o fuerzas internas desconocidas que no pueden ser determinadas a partir de las ecuaciones de equilibrio de la estructura. En otras palabras, es la cantidad de incógnitas adicionales que no se pueden resolver con las leyes de Newton. El GIE se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{GIE} = \# \text{ incógnitas} - \# \text{ ecuaciones} \quad (6)$$

Clasificación de Estructuras según el GIE:

- Isostática (GIE = 0): Las reacciones en la estructura se pueden determinar completamente con las ecuaciones de equilibrio.
- Hiperestática (GIE > 0): La estructura tiene más reacciones de las necesarias para el equilibrio. Se requieren ecuaciones adicionales (compatibilidad de deformaciones) para resolver el problema.
- Hipostática (GIE < 0): La estructura tiene menos reacciones de las necesarias para el equilibrio. La estructura es inestable y no puede soportar las cargas aplicadas.

Equilibrio de un cuerpo sometido a dos y tres fuerzas: Un cuerpo rígido sometido a la acción de dos fuerzas estará en equilibrio si, y solo si, las dos fuerzas son de igual magnitud, tienen la misma línea de acción y sentidos opuestos. Por otro lado, un cuerpo rígido sometido a tres fuerzas estará en equilibrio si las líneas de acción de las tres fuerzas son paralelas (Beer, 2021). Los dos conceptos mencionados anteriormente deben cumplir con la condición de equilibrio descrito en la **ecuación 3**.

Reacciones en los apoyos: Las reacciones en los apoyos y conexiones se pueden clasificar en tres tipos:

- **Reacciones de una fuerza con una línea de acción conocida:** Incluyen rodillos, balancines y conexiones sin fricción. Estas reacciones tienen una magnitud específica y se representan con una dirección clara en el diagrama de cuerpo libre (Beer, 2021).
- **Reacciones de una fuerza con magnitud y dirección desconocidas:** Incluyen pernos sin fricción y superficies rugosas. Estas reacciones impiden la traslación en todas las direcciones, pero permiten rotación (Beer, 2021).
- **Reacciones de una fuerza y un par:** Proviene de apoyos fijos que impiden cualquier movimiento. Estas reacciones se representan con una fuerza y un momento, implicando tres incógnitas: dos componentes de la fuerza y un par (Beer, 2021).

Lo anterior se puede resumir y comprender de forma gráfica utilizando la **Figura 10**, que ilustra los diferentes tipos de apoyos para sistemas bidimensionales. Estos se enumeran del 1 al 10 y se clasifican según el grado de restricción que imponen al movimiento.

Apoyos de primer orden:

- Incluyen elementos como **cables, eslabones sin peso, rodillos, pasadores confinados, soportes tipo mecedora, superficies de contacto lisas y elementos conectados**
- **mediante un pasador a un collar** (enumerados del 1 al 7). Estos apoyos proporcionan restricciones básicas, limitando el movimiento en una o dos direcciones específicas dependiendo del diseño.

Apoyos de segundo orden:

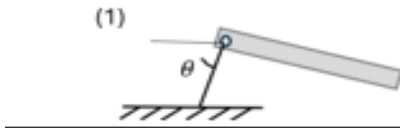
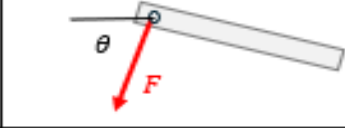
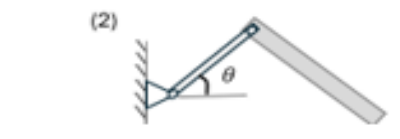
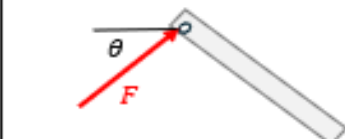
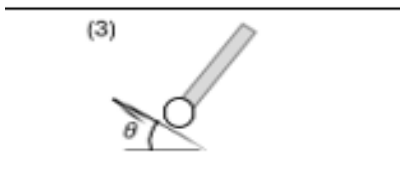


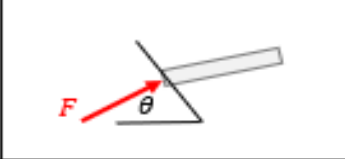
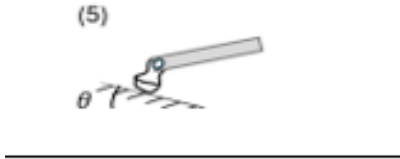
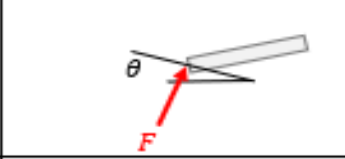
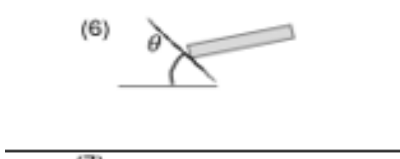
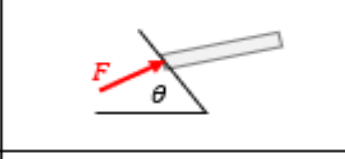

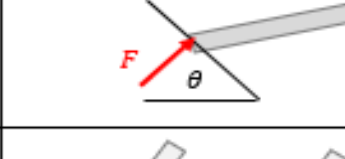

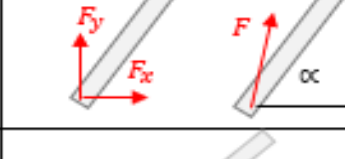


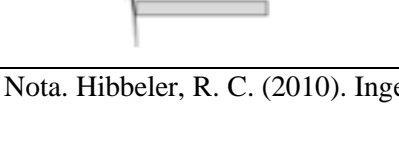
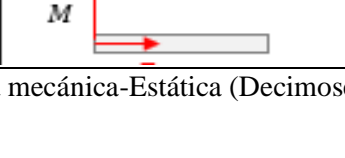
- Representados en las conexiones 8 y 9, ofrecen restricciones más avanzadas. El apoyo 8, identificado como un apoyo liso inclinado, restringe los desplazamientos en las direcciones específicas del plano (x e y). El apoyo 9 corresponde a un elemento conectado de manera fija a un collar, que limita el desplazamiento en una dirección y restringe parcialmente el giro al impedir el momento.

Apoyo fijo:

- El apoyo 10 representa un **soporte fijo**. Este tipo de conexión restringe tanto los desplazamientos como los momentos en el plano bidimensional, proporcionando una restricción completa al movimiento.

Figura 10

Reacciones en 2D

(1) 		Una incógnita. La reacción es una fuerza de tensión que actúa en la dirección del cable.
(2) 		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa a lo largo del eje del eslabón. Puede actuar en compresión o tensión.
(3) 		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la superficie del punto de contacto.
(4) 		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la ranura. En compresión o tensión.
(5) 		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la superficie del punto de contacto.
(6) 		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la superficie del punto de contacto.
(7) 		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la barra.
(8) 		Dos incógnitas. Las reacciones son dos componentes de fuerza o magnitud y dirección de una fuerza resultante.
(9) 		Dos incógnitas. Las reacciones son el momento de par y la fuerza que actúa perpendicular a la barra.
(10) 		Tres incógnitas. Las reacciones son el momento de par y las dos componentes de fuerza.

Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

La **Figura 11** permite comprender los diferentes tipos de apoyos en 3D, clasificados según el número de incógnitas que generan en el análisis estructural. Estos apoyos son esenciales para determinar las restricciones al movimiento y los grados de libertad de una estructura. A continuación, se describen los tipos de apoyos representados:

Apoyos con una incógnita:

- Enumerados del 1 al 3, incluyen **el cable, el soporte superficial liso y el rodillo**. Estos apoyos restringen únicamente una fuerza, perpendicular a la superficie de contacto, permitiendo movimientos libres en las otras direcciones.

Apoyo con tres incógnitas:

- El numeral 4 corresponde a **la rótula esférica**, que restringe los desplazamientos en las tres direcciones del espacio (x, y, z) pero permite la rotación, proporcionando estabilidad básica en sistemas tridimensionales.

Apoyo con cuatro incógnitas:

- Representado por **un cojinete simple** (número 5). Este apoyo restringe dos desplazamientos y un momento, limitando parcialmente el movimiento sin llegar a una restricción completa.

Apoyos con cinco incógnitas:

- Numerados del 6 al 9, incluyen **un cojinete simple con flecha cuadrada, el empuje simple, el pasador simple, y la bisagra simple**. Estos restringen tres desplazamientos y dos momentos, ofreciendo mejor control sobre el movimiento del sistema.

Apoyo con seis incógnitas:

- El numeral 10 corresponde al **soporte fijo**, que impide completamente cualquier desplazamiento o rotación en todas las direcciones.

Figura 11

Reacciones en 3D

(1)		Una incógnita. La reacción es una fuerza de tensión que actúa en la dirección del cable.
(2)		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicular a la superficie en el punto de contacto.
(3)		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la superficie en el contacto.
(4)		Tres incógnitas. Las reacciones son tres componentes rectangulares de la fuerza.
(5)		Cuatro incógnitas. Las reacciones son dos fuerzas y dos componentes de momento de par que actúan perpendicularmente al eje.
(6)		Cinco incógnitas. Las reacciones son dos fuerzas y tres componentes de momento par.
(7)		Cinco incógnitas. Las reacciones son tres fuerzas y dos componentes de momento par.
(8)		Cinco incógnitas. Las reacciones son tres fuerzas y dos componentes de momento par.
(9)		Cinco incógnitas. Las reacciones son tres fuerzas y dos componentes de momento par.
(10)		Seis incógnitas. Las reacciones son tres fuerzas y tres componentes de momento par.

Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

2.2.4. Fuerzas distributivas

Primer momento de área: Se define como el producto del área de un elemento infinitesimal de la figura y su distancia perpendicular al eje. Es decir, es la medida de la distribución del área de esa figura en relación con un eje de estudio (Pytel-Kiusalaas,2012).

Lo dicho anteriormente se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_X = \int_A y \, dA \quad (7)$$

Centroide de área: Es el punto geométrico que representa el centro de una figura plana. Dicho de otra manera, es el punto en el cual el primer momento de área respecto a cualquier eje que pase por ese punto es cero (Pytel-Kiusalaas,2012).

Se expresa matemáticamente como la relación entre el primer momento de área y el área de la figura en cuestión.

$$\bar{Y} = \frac{Q_X}{A} = \frac{\int_A y \, dA}{\int_A dA} \quad (8)$$

Nota: Lo explicado anteriormente aplica para cualquier entidad geométrica (líneas, áreas, volúmenes). Aunque los cálculos específicos varían según la dimensión, el principio fundamental es el mismo: el centroide representa el punto de equilibrio de la figura.

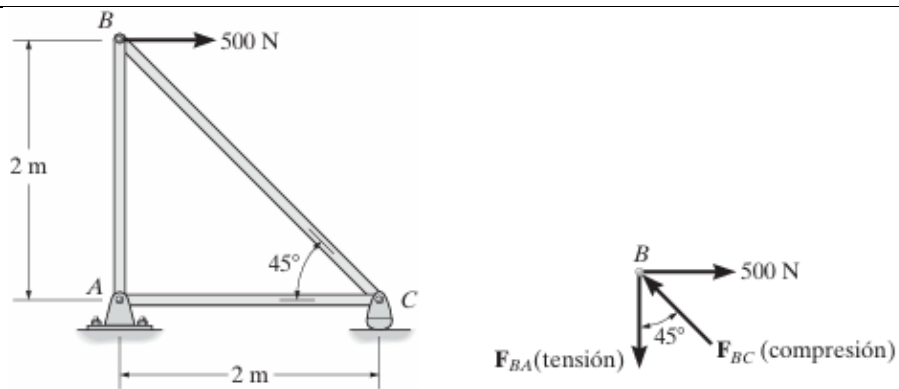
Centroides de superficies compuestas: Es el punto geométrico que representa el centro de una figura plana que está formada por la unión de varias figuras planas más simples (Hibbeler, 2010). En otras palabras, realizamos el mismo análisis explicado anteriormente dividiendo la figura compuesta en otras mucho más sencillas de resolver.

2.2.5. Análisis de Estructuras

Método de nodos: Este método se basa en el hecho de que toda la armadura está en equilibrio, entonces cada uno de sus nodos también está en equilibrio. Por lo tanto, si se traza el DCL de cada nodo, se pueden usar las ecuaciones de equilibrio de fuerzas para obtener las fuerzas de los elementos que actúan sobre cada nodo. Como los elementos de una armadura plana son elementos rectos de dos fuerzas que se encuentran en el mismo plano, cada nodo está sometido a un sistema de fuerzas que es coplanar y concurrente (Hibbeler, 2010).

En consecuencia, sólo es necesario satisfacer $\sum F_y = 0$ y $\sum F_x = 0$ para garantizar el equilibrio. Por lo cual este método solo funciona cuando se tienen 2 incógnitas o fuerzas a descubrir en cada nodo, asumiendo la dirección de la fuerza, donde si al resolverla da negativo quiere indicar que el sentido de la fuerza es contrario al supuesto. Un ejemplo de esto dicho anteriormente se encuentra en la **Figura 12**.

Figura 12
Método de nodos



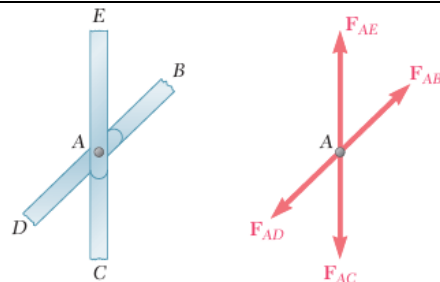
Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Nodos bajo condiciones de carga:

- En la **Figura 13** se puede observar un nodo que conecta a cuatro elementos de una armadura que forman dos líneas rectas que se intersecan. De la misma manera se evidencia que el nodo A está sujeto a 2 pares de fuerzas directamente opuestas. Por lo tanto, las fuerzas en elementos opuestos deben ser iguales (Beer, 2021).

Figura 13

Condición especial

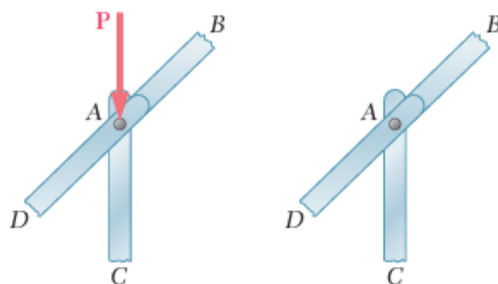


Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

- En la **Figura 14** se puede evidenciar un nodo que conecta a tres elementos de una armadura y una fuerza P. Donde dos elementos se encuentran ubicados en la misma línea de acción y la fuerza P alineado al tercer elemento. Por lo tanto, las fuerzas en elementos opuestos deben ser iguales y la fuerza en el otro elemento debe ser igual a P. En el caso que $P=0$ el elemento alineado tendrá fuerza cero (Beer, 2021).

Figura 14

Condición especial 2

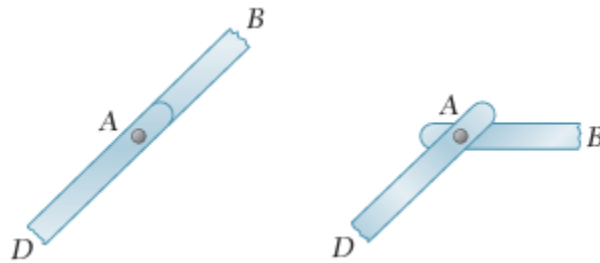


Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

- Evidenciando la **Figura 15** se puede notar dos casos de un nodo que conecta dos elementos de una armadura. Donde en el primer caso los dos elementos se encuentran ubicados en la misma línea de acción y en el segundo caso los dos elementos están en diferente línea de acción. Por lo tanto, las fuerzas en elementos opuestos deben ser iguales y para el segundo caso, el nodo no puede estar en equilibrio a menos que los dos elementos sean de fuerza cero (Beer, 2021).

Figura 15

Condición especial 3



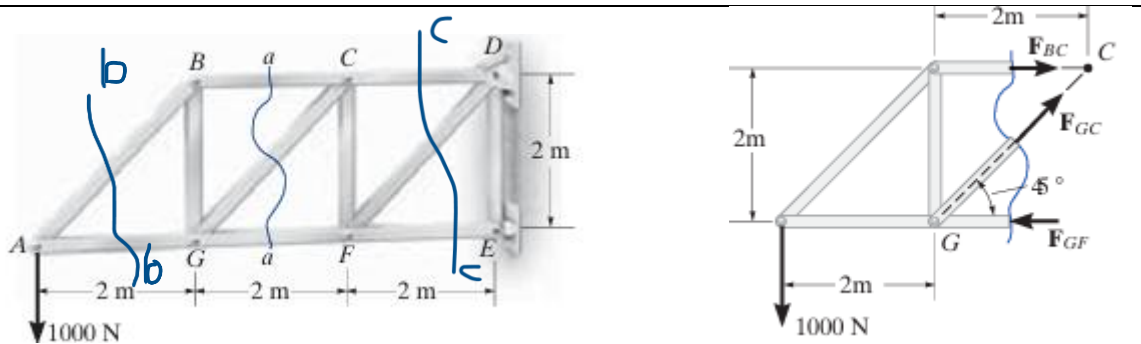
Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Método de secciones: Cuando se necesita hallar sólo unas cuantas fuerzas internas de la armadura o queremos acortar el proceso de hallar las fuerzas de los elementos, el método de secciones es esencial. El método se basa en el principio de que, si la armadura está en equilibrio, entonces cualquier segmento de esta armadura también lo estará. El método de secciones puede usarse también para “cortar” los elementos de toda una armadura como se observa en la **Figura 16**. Al aplicar este corte podemos usar las ecuaciones de equilibrio a esa parte para determinar las fuerzas del elemento en la “sección cortada”. Como sólo se pueden aplicar tres ecuaciones independientes de equilibrio ($\sum F_y = 0$, $\sum F_x = 0$, $\sum M_z = 0$) al diagrama de cuerpo libre de cualquier segmento. Se recomienda al momento de seccionar la armadura solo cortar 3 elementos o menos de los cuales no sabemos su valor de fuerza (ver **Figura 16**), esto se debe ya que se dispone solo de tres ecuaciones de equilibrio. Además de lo anterior es importante resaltar que no se puede, al momento de hacer las secciones, dejar un nodo libre o un apoyo de la armadura

suelto como se observa en el corte b-b y c-c en la **Figura 16**. Lo anterior se debe a que, si un nodo o apoyo queda “libre”, no se podrá incluir en el sistema de ecuaciones porque no hay conexión directa con la parte cortada de la armadura, lo cual deja incompleto el sistema.

Figura 16

Método de secciones



Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

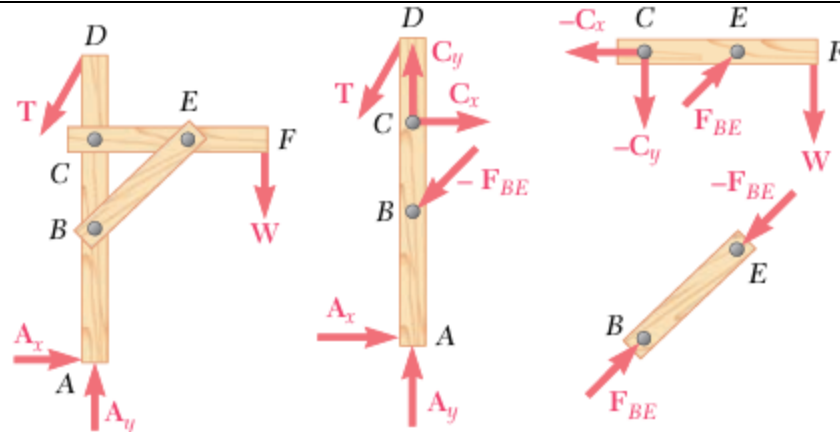
Análisis de marcos: El análisis de un marco es un proceso que involucra el aislamiento de las diferentes partes de una estructura (realizando el despiece de la estructura) para determinar las fuerzas internas que actúan en cada miembro. Esto se logra mediante la elaboración de diagramas de cuerpo libre y la aplicación de las ecuaciones de equilibrio en cada uno de estos despieces (Hibbeler, 2010).

- **Delinear el contorno.** Realizar el DCL de cada despiece identificando todas las fuerzas, momentos de par que actúan. Además, indique las dimensiones, sistema de referencia, suponiendo la dirección de las fuerzas y aplicar el equilibrio ($\sum F_y = 0, \sum F_x = 0, \sum M_z = 0$).
- **Identificar los elementos de dos fuerzas.** Representando en el DCL como dos fuerzas iguales colineales pero opuestas en su punto de aplicación
- **Las fuerzas comunes a dos elementos conectados.** Estas fuerzas actúan con magnitud igual, pero en sentidos opuestos sobre los elementos respectivos como se muestra en la

Figura 17.

Figura 17

Despiece de un marco.



Nota. Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2021). Mecánica de materiales.

McGraw-Hill Interamericana.

Relaciones entre la carga, el cortante y el momento: Las relaciones entre la carga aplicada, la fuerza cortante interna y el momento flector en una viga son fundamentales para realizar un análisis estructural preciso. En el caso de vigas con múltiples cargas, estas relaciones nos permiten desarrollar métodos gráficos simplificados para construir los diagramas de fuerza cortante y momento, evitando cálculos tediosos (Beer, 2021). Estas relaciones se resumen en lo siguiente:

- **Entre carga y fuerza cortante.** La fuerza cortante en una viga varía en función de la carga aplicada. Esta relación se puede ver claramente en la **ecuación 9**. La pendiente de la gráfica en cualquier punto es directamente proporcional a la carga distribuida en ese punto y negativa.

$$\frac{dV}{dx} = -w(x) \quad (9)$$

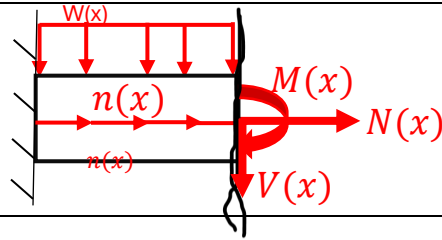
- **Entre fuerza cortante y momento flector.** La **ecuación 10** establece una relación directa entre la pendiente de la curva de momento flector en un punto y el valor de la fuerza cortante en ese mismo punto. Esta relación es válida en todos los puntos donde la fuerza cortante sea constante, es decir, donde no actúen cargas concentradas. Además, en los puntos donde el momento flector alcanza su valor máximo, la fuerza cortante es cero.

$$\frac{dM}{dx} = V(x) \quad (10)$$

Método de integración para fuerzas internas: Es una técnica fundamental en estática utilizada para determinar los diagramas de fuerza cortante y momento flector en vigas. Este método se basa en las relaciones matemáticas existentes entre la carga aplicada a una viga, la fuerza cortante interna y el momento flector mostradas en (Beer, 2021). En la **figura 18** se muestra la viga tipo de la cual se sacan las **ecuaciones 11 y 12** que funcionan para hallar las fuerzas internas de cortante y momento respectivamente.

Figura 18

Viga tipo método de integrales



Nota. Fuente propia.

$$V(x) = - \int w(x)dx + V_{apl} + V_{ant} \quad (11)$$

$$M(x) = \int V(x)dx - M_{apl} + M_{ant} \quad (12)$$

$$N(x) = - \int n(x)dx - N_{apl} + N_{ant}$$

Donde:

- V_{apl} y M_{apl} son la fuerza cortante y momento flector externo (reacción o fuerza externa) del inicio del tramo respectivamente.
- V_{ant} y M_{ant} son la fuerza cortante y momento flector interno del tramo anterior respectivamente.
- N_{ant} y N_{ant} son la fuerza axial y fuerza axial interna del tramo anterior respectivamente.

2.2.6. Momentos de inercia

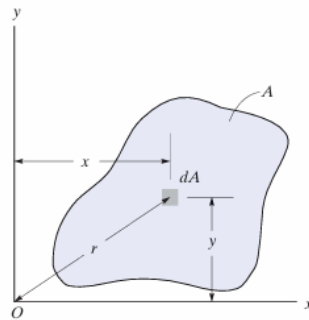
Momento de inercia: Es una propiedad geométrica de un área que indica cómo están distribuidas las áreas con respecto a un eje dado. Los momentos de inercia de un área diferencial dA con respecto a los ejes "x" y "y" se muestran en la **ecuación 13** (Hibbeler, 2010).

$$I_x = \int y^2 dA \quad I_y = \int x^2 dA \quad (13)$$

Momento polar de inercia: Es una medida de la resistencia de una sección transversal a la torsión, es decir, a girar alrededor de un eje perpendicular a su plano. Es similar al momento de inercia, pero en lugar de considerar la distancia perpendicular a un eje lineal, se considera la distancia radial a un eje central como se evidencia en la **figura 19** y en la **ecuación 14**. (Hibbeler, 2010).

Figura 19

Momento polar de inercia



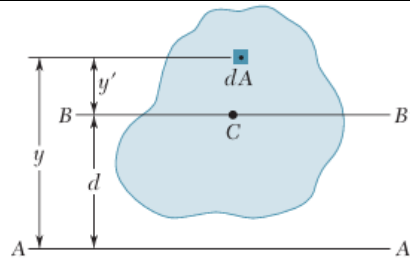
Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

$$J_O = \int r^2 dA = I_x + I_y \quad (14)$$

Teorema de ejes paralelos: El teorema de ejes paralelos o teorema de Steiner es una herramienta fundamental en estática que permite calcular el momento de inercia de un área con respecto a cualquier eje paralelo a un eje centroidal conocido solamente conociendo la distancia perpendicular que los separa (Beer, 2021).

Figura 20

Teorema de ejes paralelos o Steiner



Nota. Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2021). Mecánica de materiales.

McGraw-Hill Interamericana.

$$I = \bar{I} + Ad^2 \quad (15)$$

Donde:

- \bar{I} es la inercia centroidal de la figura, A el área de la figura y d la distancia perpendicular entre los dos ejes.

Producto de inercia: Es una medida que refleja cómo la masa de un cuerpo está distribuida con respecto a dos ejes coordenados, generalmente ortogonales. Matemáticamente, el producto de inercia respecto a los ejes “x” y “y” se define como se observa en la **ecuación 16** teniendo en cuenta que d_x y d_y corresponden a la distancia entre centroides de las figuras a evaluar y el primer término de la ecuación al producto de inercial centroidales: (Beer, 2021).

$$I_{xy} = \bar{I}_{xy} + d_x d_y A \quad (16)$$

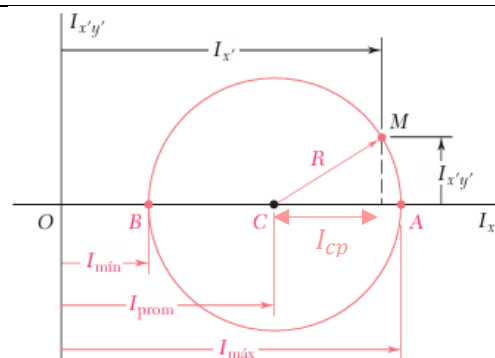
Radio de giro: Es una medida que describe cómo se distribuye la masa de un cuerpo con respecto a un eje de rotación. (Beer, 2021). El radio de giro “k” respecto a un eje se define como se observa en la **ecuación 17**:

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (17)$$

Círculo de Mohr: Es una herramienta gráfica utilizada para determinar los momentos principales de inercia y las orientaciones de los ejes principales de inercia de una sección transversal (Beer, 2021). Este método es análogo al círculo de Mohr utilizado en el análisis de tensiones, pero se aplica a la distribución de áreas en lugar de tensiones.

Como se puede observar en la **Figura 21 se debe** iniciar con el valor del producto de inercia e inercia de la sección para ubicarla dentro del círculo de Mohr donde su eje vertical es el producto de inercia y su eje horizontal la inercia. Posterior a ello se procede a hallar los demás parámetros del círculo mostrados en las **ecuaciones 18, 19 y 20**, por último, se calculan los momentos de inercia principales con la **ecuación 21**.

Figura 21
Círculo de Mohr



Nota. Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2021). Mecánica de materiales.

McGraw-Hill Interamericana.

$$I_{\text{prom}} = \frac{I_x + I_y}{2} \quad (18)$$

$$I_{cp} = \left| \frac{I_x - I_y}{2} \right| \quad (19)$$

$$R = \sqrt{I_{cp}^2 + I_{xy}^2} \quad (20)$$

$$I_{\max, \min} = I_{\text{prom}} \pm R \quad (21)$$

2.3. Marco Conceptual

Una relación de definiciones importantes se presenta en el siguiente marco conceptual:

Estática: La Estática es la rama de la Mecánica que estudia el equilibrio de los cuerpos, es decir, las fuerzas que actúan sobre ellos y cómo se mantienen en equilibrio (Beer, 2021).

Didáctica: Disciplina teórico-práctica que tiene como objeto de estudio el proceso de enseñanza-aprendizaje. Su objetivo principal es comprender, explicar y mejorar dicho proceso para promover la formación integral de los estudiantes (Navarra, 2001).

Nivelación académica: Conjunto de estrategias y actividades que buscan homogeneizar los conocimientos y habilidades de los estudiantes al inicio de una carrera universitaria (PACE, 2021).

Video tutorial: Herramienta educativa que combina video y audio para explicar un tema específico de forma clara, concisa y atractiva (Bocklet, 2018).

Espacio: El concepto de espacio se asocia con la noción de posición de un punto P mediante tres longitudes medidas desde un punto de referencia, en tres direcciones dadas. Estas longitudes se conocen como las coordenadas de P (Beer, 2021).

En otras palabras, la posición de un punto en el espacio se define por tres coordenadas que indican su distancia a partir de un origen fijo en tres direcciones perpendiculares entre sí.

Fuerza: Una fuerza es un empuje o jalón que un cuerpo ejerce sobre otro, ya sea por contacto directo o a distancia. Una fuerza se caracteriza por su magnitud, dirección y punto de aplicación (Hibbeler, 2010).

Masa: La masa es una propiedad que cuantifica la cantidad de materia y la inercia de un cuerpo. Se manifiesta en la gravedad y en la resistencia a la aceleración (Hibbeler, 2010).

Partícula: Una partícula es la unidad más básica de materia, concebida como un punto en el espacio (Beer, 2021).

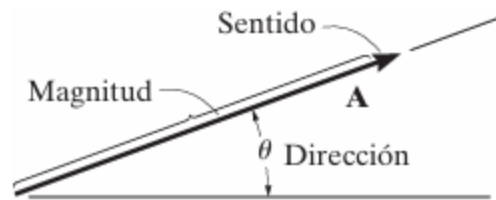
Cuerpo rígido: Un cuerpo rígido es un objeto que no se deforma al aplicar una fuerza. Imaginemos que es como un bloque de madera sólido: aunque lo empujemos, no se dobla ni se rompe. Este concepto simplifica los cálculos al permitirnos ignorar los cambios de forma (Hibbeler, 2010).

Análisis de estructuras: Es un campo de la ingeniería que se enfoca en determinar las fuerzas internas y reacciones en un sistema de elementos conectados, como vigas, cerchas y marcos. Estos sistemas estructurales son fundamentales tanto en la ingeniería civil, como mecánica y otras disciplinas en las que se requieran diseñar estructuras que soporten cargas (Kraige, 1998).

Escalar: “Un escalar es cualquier cantidad física positiva o negativa que se puede especificar por completo mediante su magnitud. La longitud, la masa y el volumen son ejemplos de cantidades escalares.” (Hibbeler, 2010, pg 17).

Vector: Un vector es una cantidad física que tiene magnitud y dirección. En estática, ejemplos comunes son la fuerza, la posición y el momento. Gráficamente, se representa como una flecha, donde la longitud indica la magnitud y la dirección se define por el ángulo con un eje fijo. La punta de la flecha muestra hacia dónde apunta el vector como se muestra en la **Figura 22**. (Hibbeler, 2010).

Figura 22
Vector



Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Equilibrio: Una partícula o un cuerpo rígido está en equilibrio cuando la suma de todas las fuerzas que actúan sobre él es igual a cero y la suma de todos los momentos que actúan sobre él también es igual a cero (Hibbeler, 2010).

Diagrama de cuerpo libre (DCL): Es una representación gráfica de un cuerpo aislado de su entorno, donde se muestran todas las fuerzas que actúan sobre él (Hibbeler, 2010). Es decir, es como si "sacáramos" el objeto de su contexto y dibujáramos todas las fuerzas que lo empujan o jalan con su dirección, indicando las dimensiones del cuerpo, ángulos y sistema de coordenadas para describir las fuerzas.

Sistema de fuerzas equivalentes: Dos fuerzas son equivalentes si al intercambiarlas, el efecto sobre el cuerpo es el mismo. La equivalencia no solo depende de la magnitud y dirección de las fuerzas, sino también de su punto de aplicación (Pytel-Kiusalaas,2012)

Teorema de varignon: El momento de una fuerza respecto a un punto es la suma de los momentos de sus componentes en ese punto (Pytel-Kiusalaas,2012)

Restricción total y parcial: Una restricción total es una condición que impide completamente el movimiento de un cuerpo rígido en toda dirección. Por otro lado, una restricción parcial limita el movimiento de un cuerpo rígido, pero no lo impide por completo en todas sus direcciones (Beer, 2021).

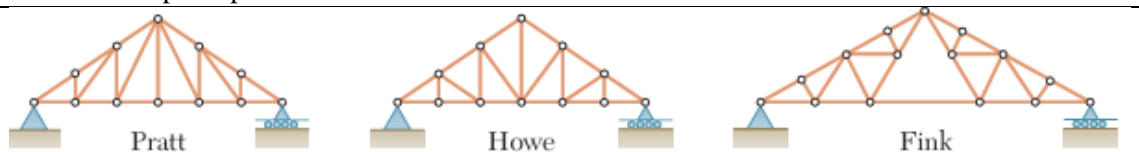
Centro de gravedad: Es el punto en el que se puede considerar concentrada toda la masa del cuerpo para fines de análisis de fuerzas y momentos (Beer, 2021).

En términos más simples: Es el punto de equilibrio de un cuerpo, donde se puede aplicar una fuerza única que represente el peso total del cuerpo sin que tienda a rotar.

Centroide: El punto geométrico que representa el centro de una figura plana. Es decir, es el punto de equilibrio de un área de material homogéneo (Hibbeler, 2010).

Armadura: “Una armadura es un sistema estructural compuesto por elementos esbeltos unidos en nodos, conformando una configuración triangular altamente eficiente para resistir fuerzas. Estas estructuras son ideales para cubrir grandes luces y se emplean comúnmente en puentes y techos.” (Pytel-Kiusalaas, 2012, pg 214). La **figura 23** muestra una armadura típica usada en los grandes proyectos de la ingeniería.

Figura 23
Armaduras típicas para techo



Nota. Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2021). Mecánica de materiales. McGraw-Hill Interamericana.

El análisis de las armaduras se basa en las siguientes hipótesis:

- **Los pesos de los miembros son despreciables.** Esto se debe a que una armadura es una estructura de peso ligero. Debido a que el peso de sus elementos es mucho más pequeño que el de las cargas que la armadura va a soportar.
- **Todos los nodos están articulados.** Suelen estar unidos mediante remaches o soldaduras a una placa conocida como placa de unión. Sin embargo, cuando los ejes centroidales de los miembros de un nodo (es decir, las líneas que pasan por los centroides de las áreas

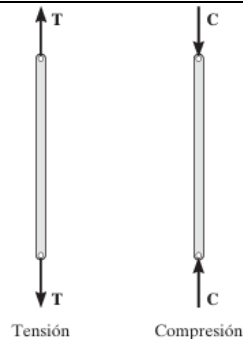
transversales de los miembros) se interceptan en un punto común, los métodos avanzados de análisis respaldan la hipótesis de que las conexiones pueden considerarse articuladas.

- **Las fuerzas aplicadas actúan en los nodos.** Como los elementos de una armadura son esbeltos, pueden sufrir fallas por flexión si se somete a cargas externas aplicadas diferente a sus nodos. Por lo tanto, para garantizar que sus elementos trabajen de manera óptima (axialmente) se necesita que las cargas externas se apliquen en los nodos.

Elemento de dos fuerzas: Es un miembro estructural que está sujeto únicamente a dos fuerzas. Estas fuerzas actúan a lo largo de la línea de acción del miembro y son iguales en magnitud, pero opuestas en dirección. Si la fuerza tiende a alargar el elemento su naturaleza es de tensión, mientras si la fuerza acorta el elemento su naturaleza es de compresión como se muestra en la **figura 24** (Beer, 2021).

Figura 24

Elemento de dos fuerzas



Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Armadura compuesta: Una armadura compuesta es aquella que puede construirse a partir de la unión sucesiva de triángulos, donde cada triángulo está formado por tres elementos unidos por pasadores en sus extremos y al repetirla se forman armaduras más grandes y complejas (Hibbeler, 2010).

Marcos o armazones: Son estructuras que contienen elementos sometidos a la acción de varias fuerzas. Los armazones están diseñados para soportar cargas y son estructuras estacionarias totalmente restringidas (Beer, 2021).

Vigas: Las vigas son elementos estructurales largos que soportan cargas transversales. Su análisis incluye calcular fuerzas internas como momentos flectores y cortantes. Se clasifican según su geometría y apoyos en: simplemente apoyadas, en voladizo, empotradas y continuas (Hibbeler, 2010).

Cables: “Son elementos flexibles capaces de soportar sólo tensión y están diseñados para soportar cargas concentradas o distribuidas. Los cables se utilizan en muchas aplicaciones de ingeniería, como en puentes colgantes y líneas de transmisión.” (Beer, 2021, pg 385).

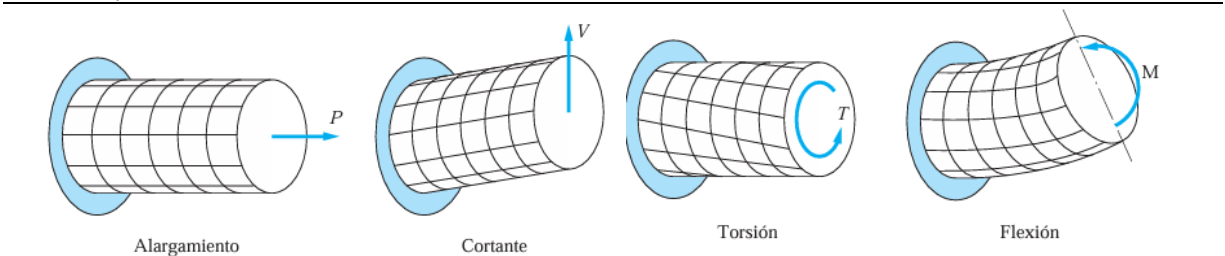
Fuerzas internas en elementos estructurales: Cuando analizamos una estructura, como una viga o un elemento de una armadura, no solo nos interesa conocer las fuerzas externas que actúan sobre ella (como las cargas aplicadas o las reacciones en los apoyos), sino también las fuerzas internas que se generan en el interior de la estructura para mantener el equilibrio. (Hibbeler, 2010). Estas fuerzas internas son las que resisten las cargas externas y mantienen la integridad de la estructura. Las cuales se pueden clasificar como:

- **Fuerza axial (N):** Esta fuerza actúa perpendicular a la sección transversal del elemento. Imagina una viga sometida a una fuerza de tracción o compresión axial: la fuerza normal es la que tiende a alargar o acortar la viga.
- **Fuerza cortante (V):** Esta fuerza actúa tangencialmente a la sección transversal. Si imaginas una viga simplemente apoyada con una carga concentrada en el medio, la fuerza cortante tiende a hacer que una parte de la viga se deslice respecto a la otra.

- **Momento flector (M_F):** Este es un momento que tiende a doblar la sección transversal del elemento.
- **Momento Torsor (T):** Este es un momento a lo largo de su longitud el cual tiende a hacer rotar la sección transversal del elemento.

Lo anterior se puede ver en la **Figura 25** de una manera más gráfica a lo que se explicó anteriormente.

Figura 25
Fuerzas y Momentos.



Nota. Pytel, Andrew y Jaan Kiusalaas Ingeniería Mecánica, Estática. Tercera edición

Convención de signos: En la **Figura 26**, “se dice que la fuerza normal es positiva si crea tensión, una fuerza cortante positiva ocasionará que el segmento de viga sobre el que actúa gire en el sentido de las manecillas del reloj, y un momento flexionante positivo tenderá a doblar el segmento sobre el que actúa de una forma cóncava hacia arriba. Las cargas opuestas a las descritas anteriormente se consideran negativas.” (Hibbeler, 2010, pg 331).

Figura 26
Convención de signos



Nota. Hibbeler, R. C. (2010). Ingeniería mecánica-Estática (Decimosegunda ed.).

Aula invertida: El artículo "Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom" define el aula invertida como un método de enseñanza que busca que el alumno asuma un rol más activo en su proceso de aprendizaje. En este enfoque, el estudiante estudia los conceptos teóricos por sí mismo mediante diversas herramientas proporcionadas por el docente, principalmente videos o podcasts. El tiempo de clase se utiliza para resolver dudas, realizar prácticas y fomentar discusiones sobre temas controvertidos (Berenguer-Albaladejo, 2016).

3. Método

3.1. Etapa 1: Revisión de temas de estática

En esta etapa se inició con una revisión exhaustiva del programa académico de la materia para identificar los temas fundamentales que se abordaron con mayor profundidad en la sede principal. Se realizó un análisis detallado para identificar qué temas del programa original fueron enseñados por los dos profesores encargados durante el semestre 2024-2 en la sede principal. Todo lo anterior, teniendo en cuenta que en las demás sedes presentadas a continuación pueden tomar la decisión si tomar estos temas fundamentales que se abordan en la sede principal con el objetivo de homogenizar las competencias adquiridas en la asignatura.

Tabla 1

Sedes de la universidad industrial de Santander

SEDES	¿SE DICTA LA MATERIA ESTÁTICA?
Sede Barbosa	SI
Sede Barrancabermeja	SI
Sede Málaga	SI
Sede Socorro	SI

Nota. Fuente: Autoría propia.

Posteriormente, se organizó esta información en una tabla de fácil comprensión que presentó los temas efectivamente impartidos junto con los que quedaron excluidos, incluyendo

las razones por las cuales algunos temas no se dictaron en esta sede. Estas razones estuvieron relacionadas con el enfoque particular de la asignatura, la disponibilidad de tiempo y las prioridades pedagógicas establecidas. Sin embargo, es importante indicar explícitamente en el libro que el material didáctico tiene como finalidad ser utilizado tanto por los estudiantes de Estática como por los de materias avanzadas. Por ello, los temas abordados se enfocan en los más generales y útiles para ambos grupos, lo que justifica la selección y organización del contenido. El resultado de esta revisión fue un insumo clave para las etapas posteriores del proyecto.

3.2. Etapa 2: Investigación de metodologías pedagógicas

En esta etapa, se llevó a cabo una búsqueda y análisis de bibliografía relevante para investigar las metodologías pedagógicas que se deseaban implementar. Se evaluó la efectividad de estas metodologías en instituciones donde ya habían sido aplicadas, con el fin de validar su pertinencia en el contexto de la enseñanza de estática.

El análisis incluyó la revisión de estudios y experiencias que destacaban los beneficios de enfoques como guías paso a paso, resúmenes teóricos, aulas virtuales y recursos audiovisuales. En particular, se consideraron investigaciones como la infografía Ventajas del aprendizaje basado en la resolución de problemas publicada por Aula planeta (2015), que describe los beneficios de esta metodología al fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas reales en un entorno educativo colaborativo. Este enfoque se alinea con la necesidad de preparar a los estudiantes para resolver desafíos de ingeniería aplicados a la vida profesional.

Asimismo, según Massut y Rosich (2018), titulado Los videos tutoriales, en casa: la tarea en clase: Matemáticas con Flipped Classroom, que explora la metodología de aula invertida en la enseñanza de matemáticas. Este estudio muestra cómo el uso de videos tutoriales permite a los

estudiantes adquirir conocimientos teóricos de manera autónoma en casa, optimizando el tiempo en clase para resolver dudas y trabajar en problemas prácticos con el apoyo del docente.

Estas investigaciones permitieron seleccionar estrategias pedagógicas efectivas y adaptarlas a las necesidades específicas de los estudiantes de ingeniería civil de la UIS. A partir de estos insumos, se diseñaron herramientas como guías paso a paso, resúmenes teóricos, y recursos audiovisuales integrados en un aula virtual, consolidando un entorno educativo que fomenta tanto el aprendizaje autónomo como la práctica constante en la asignatura de estática.

3.3. Etapa 3: Elaboración de los recursos didácticos

En esta etapa, se desarrollaron los materiales del proyecto final. Esto incluyó:

- **Resúmenes teóricos:** Se sintetizó la teoría clave de los temas identificados junto con la bibliografía pertinente, con un diseño claro y accesible para apoyar el aprendizaje, el cual fue presentado en el marco teórico y conceptual de este documento. Sin embargo, los estudiantes lo podrán encontrar como un documento PDF en el aula virtual.
- **Documento de resolución de ejercicios:** Se planteó la elaboración de un documento con una metodología clara y coherente, destacando ejemplos paso a paso y una variedad de problemas para promover una mejor comprensión. Se integró por gráficos, diagramas y tablas para facilitar el aprendizaje de los contenidos, presentado en un diseño profesional y ordenado, fundamentado en principios pedagógicos y sin desviarse de la base bibliográfica establecida en el curso.
- **Videos explicativos:** Se planteó un apoyo audiovisual mediante la construcción de videos de apoyo. Para las sesiones de video, se contempló la creación de 6 videos que abarquen algunos de los temas más importantes identificados en la etapa 1 y basándose en la metodología descrita en la etapa 2. Los videos se centraron en la resolución detallada de

ejercicios, incluyendo ejercicios básicos de la materia y los relacionados con los principios de estática, fundamentales en asignaturas posteriores. Estos videos utilizaron pizarras virtuales, diapositivas y software para análisis de resultados con el fin de presentar los conceptos de manera dinámica y efectiva.

- **Aula virtual:** Se creó una plataforma virtual donde se integraron todos los recursos anteriormente descritos, incluyendo enlaces a software, ejercicios interactivos y materiales complementarios. Esta plataforma no solo centraliza y facilita el acceso a los materiales de estudio, sino que también está diseñada con el propósito de implementar la metodología de aula invertida. Los estudiantes de la asignatura de estática y de la biblioteca pueden acceder a estos recursos en cualquier momento, lo que les permite explorar los contenidos teóricos por cuenta propia antes de las sesiones de clase. De esta forma, el aula virtual fomenta un aprendizaje autónomo y prepara a los estudiantes para que las sesiones presenciales se enfoquen en resolver dudas, realizar ejercicios prácticos y profundizar en los conceptos más complejos, promoviendo una experiencia educativa más dinámica y efectiva.

3.4. Etapa 4: Encuesta de revisión.

En esta etapa, se diseñó y aplicó una encuesta de revisión con el propósito de evaluar la percepción, utilidad y calidad de los materiales didácticos desarrollados en el proyecto. Esta encuesta se estructuró en dos grupos principales: una dirigida a los estudiantes de Estática que probaron por primera vez los recursos creados y otra para los estudiantes de Análisis Estructural, asignatura de quinto semestre donde ingresan la mayoría de los estudiantes provenientes de sedes externas.

Para los estudiantes de Estática, las preguntas fueron diseñadas para valorar el impacto de los materiales en la comprensión de la asignatura, así como para recoger opiniones sobre su funcionalidad y claridad. Las preguntas formuladas incluyeron:

- ¿Considera útiles los materiales proporcionados para el aprendizaje de los conceptos fundamentales de Estática?
- ¿Qué tan claros le parecieron los resúmenes teóricos presentados?
- ¿Los ejercicios resueltos le ayudaron a comprender mejor los conceptos prácticos de la asignatura?
- ¿Qué aspectos considera que podrían mejorar en los materiales de estudio?

Por otro lado, para los estudiantes de Análisis Estructural, la encuesta tuvo un enfoque más orientado a la transferencia de competencias adquiridas en Estática y su aplicabilidad en asignaturas posteriores. Las preguntas incluyeron:

- ¿Considera que los conceptos básicos de Estática que aprendió le sirvieron para afrontar los desafíos en Análisis Estructural?
- ¿Qué tan útiles considera los recursos didácticos adicionales para fortalecer sus conocimientos en Estática antes de cursar Análisis Estructural?
- ¿Le hubiera resultado útil acceder a estos materiales de apoyo al estudiar Estática en su sede o sedes externas?

La implementación de esta encuesta permitió hacer retroalimentación valiosa, tanto de los estudiantes que utilizaron los materiales directamente como de aquellos que podrían beneficiarse de su impacto a largo plazo. Los resultados obtenidos ayudaron a validar la efectividad de las estrategias pedagógicas implementadas y a identificar oportunidades de mejora para futuras ediciones del proyecto.

4. Desarrollo del Proyecto

4.1. Etapa 1: Revisión de temas de estática

En la revisión bibliográfica del programa de estática (código 23018) de la UIS, se analizó el contenido de las unidades y el syllabus disponible en la página oficial. Evaluando el uso de temas en la sede central y en las sedes regionales.

En la **Tabla 2**, se puede notar que en el dictamen del curso no se incluye temas fundamentales de la mecánica clásica, como espacio, sistema de referencia, entre otros. Esta decisión se fundamenta en el supuesto de que los estudiantes ya han adquirido estos conocimientos previos en cursos anteriores como se muestra en el plan de estudios de Ingeniería Civil (Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2024). Es por esto, que el enfoque evaluativo del curso prioriza otros temas específicos cómo lo son cuerpo rígido, deformable, etc. Son esenciales para materias posteriores cómo mecánica de sólidos y análisis estructural.

Tabla 2

Temática de la unidad 1 del curso

TEMÁTICA	¿SE APLICA EN LA SEDE BUCARAMANGA?	
Conceptos y principios fundamentales	SI	SI
Espacio	NO	NO
Sistema de referencia	NO	NO
Tiempo	NO	NO
Fuerza	NO	NO
Masa	NO	NO
Inercia	NO	NO
Partícula	NO	SI
Cuerpo rígido	NO	SI
Cuerpo deformable	NO	NO
Leyes de Newton	NO	SI
6 principios fundamentales de estática	SI	NO
Sistema de unidades	SI	SI
Métodos para la solución de problemas de estática	SI	SI

Nota. Esta tabla muestra si se aplica la temática dispuesta en el programa académico por los dos docentes que dictan el curso en el semestre 2024-2

La **Tabla 3** muestra que el dictamen del curso no incluye un tratamiento exhaustivo de temas como Fuerzas externas e internas. Esta decisión se justifica por la necesidad de priorizar los contenidos específicos de la Estática, considerando que conceptos como los mencionados serán desarrollados en mayor profundidad en cursos posteriores, como lo puede ser “Mecánica de Sólidos” y “Análisis Estructural”. La amplia teoría ligada a la Estática limita el tiempo disponible para abordar los temas con el nivel de detalle deseado. Sin embargo, los temas vistos en esta unidad del curso son esenciales para las materias posteriores relacionadas con la mecánica.

Tabla 3

Temática de la unidad 2 del curso

TEMÁTICA	¿SE APLICA EN LA SEDE BUCARAMANGA?	
Sistema de fuerzas	SI	SI
Fuerza (definición y propiedades)	SI	SI
Fuerza en el plano	SI	SI
Resultante de dos fuerzas	SI	SI
Método del paralelogramo	SI	SI
Componentes rectangulares de una fuerza	SI	SI
Vectores unitarios	SI	SI
Resultante de fuerzas sumando sus componentes.	SI	SI
Equilibrio en una partícula	SI	SI
Primera ley de Newton del movimiento	SI	SI
Diagrama de cuerpo libre	SI	SI
Fuerzas en el espacio	SI	SI
Componentes rectangulares de una fuerza en el espacio	SI	SI
Fuerza definida en términos de su magnitud y de su línea de acción	SI	SI
Equilibrio de una partícula en el espacio	SI	SI
Cuerpo rígido	NO	SI
Sistema de fuerzas equivalentes	SI	SI
Fuerzas externas e internas	SI	NO
Principio de transmisibilidad	SI	SI
Fuerzas equivalentes	SI	SI
Momento de una fuerza alrededor de un punto	SI	SI
Teorema de varignon	SI	SI
Componentes rectangulares del momento de una fuerza	SI	SI
Momento de una fuerza alrededor de un eje	SI	SI
Momento de un par de fuerzas	SI	SI
Pares equivalentes	SI	SI
Suma de pares	SI	SI
Descomposición de una fuerza dada en una fuerza en un punto O y un par	SI	SI
Torsores	SI	SI

Nota. Esta tabla muestra si se aplica la temática dispuesta en el programa académico por los dos docentes que dictan el curso en el semestre 2024-2

En la **Tabla 4** se muestra que el contenido de la unidad 3 no abarca de manera exhaustiva el tema de restricciones parciales en cuerpos rígidos. Esta decisión se fundamenta en la necesidad de priorizar el estudio de las restricciones totales y hacer entender al estudiante la importancia de que las estructuras en la vida real deben tener un grado de determinación completa ya que en materias como análisis estructural y dinámica son esenciales. Dada la amplia teoría de la Estática se optó por una introducción general a este tema.

Tabla 4

Temática de la unidad 3 del curso

TEMÁTICA	¿SE APLICA EN LA SEDE BUCARAMANGA?	
Equilibrio de cuerpos rígidas	SI	SI
Diagrama de cuerpo libre	SI	SI
Equilibrio en el plano	SI	SI
Reacciones en apoyos y conexiones en una estructura bidimensional	SI	SI
Reacciones estáticamente indeterminadas	SI	SI
Restricciones parciales en cuerpos rígidos	SI	NO
Equilibrio de un cuerpo sometido a dos fuerzas	SI	SI
Equilibrio de un cuerpo sometido a tres fuerzas	SI	SI
Reacciones en los apoyos y conexiones de una estructura tridimensional	SI	SI
Equilibrio de un cuerpo rígido en tres dimensiones	SI	SI

Nota. Esta tabla muestra si se aplica la temática dispuesta en el programa académico por los dos docentes que dictan el curso en el semestre 2024-2

En la **Tabla 5** se revela que en la unidad 4 no aborda el tema de centroides de líneas. Esta decisión se fundamenta en la consideración de que los centroides de áreas compuestas y centroides por integración constituyen los pilares fundamentales para el cálculo de centroides en ingeniería civil. Dada la amplitud de los contenidos de la Estática y considerando que el cálculo de centroides de líneas puede ser deducido a partir de los conceptos antes mencionados, se optó por priorizar los temas de centroides de superficies compuestas las cuales son las más usadas en materias posteriores como mecánica de sólidos, análisis estructural, armado I y II, entre otras.

Tabla 5

Temática de la unidad 4 del curso

TEMÁTICA	¿SE APLICA EN LA SEDE BUCARAMANGA?	
Fuerzas distributivas	SI	SI
Centro de gravedad de un cuerpo bidimensional	SI	SI
Centroide de áreas y líneas	SI	SI
Determinación de centroides por integración.	SI	SI
Centroides de superficies compuestas	SI	SI
Fuerzas distribuidas. Ejercicios.	SI	SI

Nota. Esta tabla muestra si se aplica la temática dispuesta en el programa académico por los dos docentes que dictan el curso en el semestre 2024-2

La **Tabla 6** muestra que temas como armaduras espaciales, máquinas y cables no se incluyen en el curso, ya que se priorizan conceptos esenciales para problemas típicos de ingeniería civil, como el análisis de estructuras planas y cálculo de reacciones, que tienen mayor aplicación práctica no solo en los ámbitos académicos como en la materia análisis estructural sino también en la vida laboral.

Tabla 6

Temática de la unidad 5 del curso

TEMÁTICA	¿SE APLICA EN LA SEDE BUCARAMANGA?	
Análisis de estructuras	SI	SI
Armaduras	SI	SI
Análisis de armaduras por el método de los nodos	SI	SI
Análisis de armaduras por el método de las secciones	SI	SI
Armaduras en el espacio. Análisis por el método de nodos	NO	NO
Armaduras en el espacio. Análisis por el método de secciones	NO	NO
Marcos. Análisis de marcos	SI	SI
Marcos que dejan de ser rígidos cuando se separan de sus apoyos	SI	SI
Análisis de máquinas	NO	NO
Fuerzas en vigas y cables	SI	SI
Fuerzas internas en elementos	SI	SI
Vigas. Tipos de cargas y apoyos	SI	SI
Diagrama de cuerpo libre de una viga	SI	SI
Fuerza cortante y momento flector en vigas	SI	SI
Relación entre la carga, fuerza, cortante y momento flector	SI	SI
Cables con cargas concentradas	NO	NO
Cables con cargas distribuidas	NO	NO
Cable parabólico	NO	NO
Catenaria de un cable	NO	NO

Nota. Esta tabla muestra si se aplica la temática dispuesta en el programa académico por los dos docentes que dictan el curso en el semestre 2024-2

En la **Tabla 7** mostrada a continuación se puede notar que en el dictamen del curso se cumple con todos los temas dispuestos en la programación del curso para la unidad 6 ya que estos temas son muy esenciales para la mayoría de las materias de la rama de ingeniería estructural.

Tabla 7

Temática de la unidad 6 del curso

TEMÁTICA	¿SE APLICA EN LA SEDE BUCARAMANGA?	
Momentos de inercia	SI	SI
Momentos de inercia de superficies	SI	SI
Momentos de inercia por integración	SI	SI
Momentos de inercia de superficies compuestas	SI	SI
Teorema de ejes paralelos	SI	SI
Producto de inercia	SI	SI
Radio de giro	SI	SI
Momento polar de inercia	SI	SI
Ejes y momentos principales de inercia	SI	SI
Círculo de Mohr	SI	SI

Nota. Esta tabla muestra si se aplica la temática dispuesta en el programa académico por los dos docentes que dictan el curso en el semestre 2024-2

En la **Tabla 8** mostrada a continuación se puede notar que en el dictamen del curso NO aborda ninguno de los temas establecidos. Esta decisión se fundamenta en la necesidad de priorizar aquellos contenidos que son esenciales para la comprensión de los principios fundamentales de la estática. Temas como el trabajo virtual, si bien relevantes, son considerados más apropiados para cursos posteriores donde se profundizan estos temas.

Tabla 8

Temática de la unidad 7 del curso

TEMÁTICA	¿SE APLICA EN LA SEDE BUCARAMANGA?	
Trabajo virtual	NO	NO
Trabajo de una fuerza	NO	NO
Principio del trabajo virtual	NO	NO
Trabajo de una fuerza en un desplazamiento finito	NO	NO
Trabajo de una fuerza ejercida por un resorte	NO	NO
Energía potencial y equilibrio	NO	NO

Nota. Esta tabla muestra si se aplica la temática dispuesta en el programa académico por los dos docentes que dictan el curso en el semestre 2024-2

4.2. Etapa 2: Investigación de metodologías pedagógicas

La investigación sobre estas metodologías, se desarrollaron a partir de un análisis detallado de la literatura académica, utilizando herramientas de búsqueda en Google Académico.

La ruta de búsqueda empleada incluye las siguientes ecuaciones de búsqueda

- ECUACIÓN 1: "aprendizaje basado en la resolución de problemas en ingeniería civil"
- ECUACIÓN 2: "metodologías activas para la enseñanza de estática"
- ECUACIÓN 3: "eficacia de los videos tutoriales en el aprendizaje de materias técnicas"
- ECUACIÓN 4: "flipped classroom en educación superior"

Esta búsqueda permite identificar artículos, estudios de caso y experiencias pedagógicas relevantes que respaldan la implementación de estas metodologías en el aula. A continuación, se presenta la **tabla 9** donde se presentarán algunos de los artículos que fueron encontrados por medio de la ecuación de búsqueda evidenciando los que fueron usados en esta práctica en docencia. Los demás artículos que fueron usados en esta práctica en docencia se pueden encontrar en la parte final del documento en las referencias bibliográficas.

Tabla 9

Investigación de las metodologías empleadas

Ecuación de busqueda	Resultados	¿Se aplico en esta práctica en docencia?
Aprendizaje basado en la resolución de problemas en ingeniería civil	Ventajas del aprendizaje basado en la resolución de problemas	SI
Metodologías activas para la enseñanza de estática	La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje	NO
Eficacia de los videos tutoriales en el aprendizaje de materias técnicas	Los videos tutoriales, en casa; la tarea, en clase	SI
Flipped Classroom en educación superior	Mooc de matemáticas, una estrategia que favorece los procesos de nivelación	NO

Nota. Fuente: Autoría propia.

- **Metodologías basadas en la resolución de problemas (PBL)**

El aprendizaje basado en la resolución de problemas (PBL) se ha posicionado como una metodología pedagógica de gran relevancia en los últimos años debido a que es una metodología educativa que coloca al alumno en el centro del proceso de aprendizaje, permitiéndole resolver problemas de manera autónoma (Aula planeta, 2015). Este enfoque promueve un aprendizaje activo, donde el estudiante es el protagonista de su propio aprendizaje, investiga y aplica conocimientos para resolver los problemas, conectando así el aprendizaje con situaciones del mundo real. El docente actúa como guía, facilitando el proceso de aprendizaje del estudiante y motivándolos a seguir con ese aprendizaje activo. Entre las principales ventajas de este método se encuentran el aprendizaje significativo, el fomento de la autonomía, la motivación, la preparación para la vida real y el desarrollo de competencias digitales (Aula planeta, 2015).

El aprendizaje basado en la resolución de problemas no solo facilita la adquisición de conocimientos específicos, sino también fomenta el desarrollo de competencias esenciales para la vida y el ámbito profesional, como la creatividad, la adaptación, el pensamiento crítico y el trabajo en equipo. Además, al integrar las nuevas tecnologías en este proceso de aprendizaje, los estudiantes adquieren habilidades en el uso de herramientas digitales indispensables en el mundo actual. Nuestro objetivo es desarrollar las competencias de nuestros estudiantes en estática. Para ello, empleamos la metodología de resolución de problemas, proporcionando un material didáctico que incluye tanto teoría como ejercicios resueltos explicados de manera sencilla. Los ejercicios propuestos complementan el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes aplicar los conceptos teóricos y fortalecer su razonamiento.

- **Metodología basada en videos tutoriales y TIC (aulas virtuales)**

La metodología pedagógica de "videos tutoriales" como parte del enfoque Flipped Classroom ha cobrado especial relevancia en los últimos años. Esta estrategia pedagógica consiste en invertir el modelo tradicional de enseñanza: los alumnos acceden a los refuerzos de contenidos teóricos en casa mediante videos tutoriales, mientras que el tiempo en clase se destina principalmente a actividades prácticas y colaborativas. Esto permite una personalización del aprendizaje, mayor interacción entre profesor y estudiantes, y la posibilidad de que los alumnos avancen a su propio ritmo. Esta metodología ha demostrado ser eficaz en la enseñanza de matemáticas, como lo muestra la implementación en una unidad de "Funciones" en un colegio de Barcelona (Massut y Rosich, 2018), donde se observaron mejoras en la comprensión y la autonomía del estudiante.

Además, al utilizar videos tutoriales, se optimiza el tiempo de clase, permitiendo al docente enfocarse en guiar y resolver las dudas que les surjan a los estudiantes de manera más individual, en lugar de dedicar la clase únicamente a la exposición de contenidos realizando la clase de manera monótona. Este enfoque también facilita la integración de las TIC en el proceso educativo, lo que es esencial en la educación moderna. Aunque esta metodología presenta varios desafíos, como la necesidad de tiempo para la creación de videos y el acceso desigual a la tecnología (Massut y Rosich, 2018), sus beneficios en la adquisición de competencias del aprendizaje y preparación para el futuro hacen que sea una herramienta valiosa para la educación moderna.

Con esta propuesta docente, se busca brindar un aprendizaje más flexible y personalizado. A través de videos tutoriales, los estudiantes pueden revisar los contenidos a su propio ritmo, fortaleciendo su comprensión y resolviendo dudas de manera autónoma. De esta forma, se

optimiza el tiempo en clase para dedicarnos a actividades más dinámicas y colaborativas, potenciando el rendimiento académico.

4.3. Etapa 3: Elaboración de los recursos didácticos

- **Resúmenes teóricos:** El proceso para elaborar los resúmenes teóricos incluidos en el marco teórico de este documento se realiza de manera estructurada y detallada. En primer lugar, luego de haber identificado los temas más esenciales de la estática, seleccionados previamente en la etapa 1 tras un análisis del programa académico y los contenidos más relevantes para la formación de los estudiantes.

A partir de esta identificación, se procede a consultar las fuentes bibliográficas dadas por el curso. De estas fuentes, se extrae la información más relevante, priorizando los conceptos clave y las explicaciones que faciliten la comprensión de los temas.

La información recopilada se organiza y redacta en el documento de manera explícita y sencilla, utilizando un lenguaje claro y conciso. Para complementar y enriquecer el contenido, se incorporan gráficos, tablas y otros recursos visuales que permiten ilustrar los conceptos y procedimientos de forma práctica. Estos elementos están diseñados para ayudar a los estudiantes a adquirir conocimientos de manera más rápida y efectiva, optimizando su tiempo de estudio y fortaleciendo su aprendizaje. Por último, cabe resaltar que el resumen teórico ya se evidencia en el marco teórico, por lo que no es necesario tener este documento como anexo a este libro.

- **Documento de resolución de ejercicios:** El proceso para elaborar el documento de resolución de ejercicios, disponible en el aula virtual, se desarrolla de manera cuidadosa y

metódica. En primer lugar, se recopilan ejercicios tipo parcial de semestres anteriores realizados en la sede principal de la UIS. Esta recopilación permite construir una base sólida de problemas que reflejan las necesidades académicas y los desafíos comunes enfrentados por los estudiantes.

A partir de esta recopilación, se seleccionan los ejercicios más representativos, considerando su relevancia, grado de dificultad y cobertura temática en relación con los temas de cada corte identificados en la etapa uno. La selección busca abarcar la mayor cantidad de conceptos y recursos de estática, asegurando que el material sea útil para reforzar el aprendizaje de los contenidos clave de la asignatura.

El desarrollo de este documento se guía por las metodologías pedagógicas estudiadas en la etapa dos, enfocándose en una presentación detallada y paso a paso de cada ejercicio. Los problemas se explican de manera clara, apoyándose en gráficos, diagramas y otros recursos visuales para facilitar la comprensión de los procedimientos. Esta estructura detallada no solo promueve un aprendizaje más efectivo, sino que también permite a los estudiantes conectar la teoría con la práctica de manera significativa.

Una vez elaborado, el documento es revisado exhaustivamente en colaboración con el docente responsable, quien avala la resolución de los ejercicios para garantizar su precisión y calidad. Posteriormente, el material se envía a los estudiantes, quienes tienen la oportunidad de estudiarlo, realizar observaciones y proporcionar retroalimentación.

- **Videos explicativos:** El proceso de creación de los videos explicativos disponibles en el aula virtual sigue un enfoque estructurado y detallado, garantizando su calidad y utilidad para el aprendizaje de los estudiantes. Este proceso comienza tras la finalización del

documento de ejercicios resueltos paso a paso. A partir de dicho documento, se seleccionan los ejercicios más representativos, desafiantes e interesantes del banco de preguntas de parciales de semestres pasados realizados en la sede principal diferentes a los ya realizados en el documento anterior. La selección se enfoca en ejercicios que abarcan la mayor cantidad de temas y conceptos de estática, asegurando que cada video sea relevante y de alto impacto académico.

Se eligen dos ejercicios por cada corte del semestre, priorizando aquellos que permitan una explicación integral de los contenidos y que complementen lo presentado en el documento de ejercicios resueltos. Esto incluye, además, algunos ejercicios ya resueltos en el documento pero que ahora se explican a mayor profundidad en formato audiovisual.

Una vez seleccionados los ejercicios, se diseñan diapositivas para apoyar la resolución paso a paso en cada video. Estas diapositivas integran gráficos, diagramas y resúmenes visuales que facilitan la comprensión. Posteriormente, se realiza la grabación de los videos utilizando herramientas tecnológicas como OBS Studio para capturar la pantalla, auriculares para garantizar un audio claro, y una tableta digital para interactuar con tableros virtuales de forma dinámica y precisa.

Durante la grabación, se explican detalladamente los pasos para resolver cada ejercicio, integrando verificaciones con el software Ftool. No solo se validan los resultados obtenidos, sino que también se describe su uso de manera práctica, enseñando a los estudiantes cómo emplearlo en sus propios análisis estructurales por medio del software.

Finalizada la grabación, los videos se editan para asegurar que sean dinámicos, visualmente atractivos y comprensibles. La edición se enfoca en optimizar la presentación, destacando los puntos clave y eliminando posibles distracciones.

Finalmente, los videos se publican en el aula virtual, poniéndose a disposición de los estudiantes como un recurso adicional para estudiar y reforzar los temas de cada corte. Los estudiantes pueden ver los videos, utilizarlos como material de estudio, y proporcionar comentarios y retroalimentación, lo que permite ajustar y mejorar continuamente la calidad del contenido ofrecido. En la **tabla 10** se presenta un resumen de los videos realizados en esta práctica en docencia junto con los temas abordados en cada uno de estos.

Tabla 10

Videos realizados

Título del video	Temas abordados
Video fuerzas resultantes 2d	Equilibrio, estabilidad, y análisis de fuerzas en 2D y en 3D
Video de momentos de inercia	Momentos de inercia, producto de inercia y círculo de Mohr
Video de DFC, DFA y DMF vigas 1	Fuerzas internas en vigas con y sin rótulas, abordando conceptos clave como momentos, cortantes y normales
Video de DFC, DFA y DMF vigas 2	Fuerzas internas en vigas con y sin rótulas, abordando conceptos clave como momentos, cortantes y normales
Video de armaduras	Método de nodos, método de secciones y DFA en armaduras
Video de marcos	Despiece de los elementos, DFC, DMF, DFA y equilibrio.

Nota. Fuente: Autoría propia.

- **Aula virtual:** La creación del aula virtual es un paso fundamental para centralizar y facilitar el acceso a todos los materiales generados durante esta práctica en docencia, garantizando un entorno de aprendizaje organizado, accesible y completo. Este proceso comienza una vez que se han desarrollado los documentos de resumen teórico, los ejercicios resueltos y los videos explicativos, formando así una base sólida de recursos educativos como se muestra en la **Figura 27** donde se puede observar la interfaz de esta aula virtual creada con todos los materiales de aprendizaje disponibles.

En primer lugar, se establece contacto con el encargado de habilitar un aula virtual en la plataforma educativa institucional, asegurando que todos los estudiantes matriculados en la asignatura de estática puedan ser inscritos y tengan acceso directo a este espacio virtual.

Una vez habilitada, se personaliza la estructura y diseño del aula virtual para que sea intuitiva, fácil de navegar, estéticamente atractiva y ordenada. Esto incluye una organización clara por secciones que correspondan a los materiales de esta práctica. El aula virtual no solo sirve como un repositorio de materiales, sino que también está diseñada para alojar este documento explicativo de la práctica docente. Así, los estudiantes pueden profundizar en el proceso de elaboración y el propósito educativo detrás de cada recurso. Posteriormente, se procede a cargar en el aula virtual todos los materiales elaborados durante la práctica en docencia.

Figura 27

Aula virtual

ESTÁTICA-23018



Nota. Fuente: Autoría propia.

Cada recurso se integra de forma sistemática:

1. **Resúmenes teóricos:** Presentados de manera clara, acompañados de gráficos y tablas que facilitan la comprensión de los conceptos fundamentales. En la **Figura 28** se muestra la ubicación de este recurso en el aula virtual.

Figura 28
Resúmenes teóricos



Nota. Fuente: Autoría propia.

2. **Documentos de resolución de ejercicios:** Organizados por cortes del semestre, con explicaciones detalladas y estructuradas paso a paso. En la **Figura 29** se muestra la ubicación de este recurso en el aula virtual.

Figura 29
Documentos de resolución de ejercicios



Nota. Fuente: Autoría propia.

3. **Videos explicativos:** Enlazados o incrustados directamente en la plataforma, agrupados según los temas de cada corte. En la **Figura 30** se muestra la ubicación de este recurso en el aula virtual.

Figura 30
Videos explicativos



Nota. Fuente: Autoría propia.

Además de estos recursos, se incluyen elementos complementarios para enriquecer el aprendizaje:

1. Una sección con bibliografía relevante que sirva de respaldo teórico.
2. Un banco de parciales de semestres pasados para práctica adicional.
3. Herramientas de software de apoyo, como enlaces a Ftool y otras calculadoras útiles para estática.
4. Un espacio para retroalimentación y consultas, permitiendo la interacción entre estudiantes y docentes.

En la **Figura 31** se muestra la ubicación de lo mencionado anteriormente en el aula virtual.

Figura 31
Recursos del aula virtual



Nota. Fuente: Autoría propia.

4.4. Etapa 4: Encuesta de revisión.

En esta etapa, se lleva a cabo la aplicación de una encuesta diseñada específicamente para evaluar la percepción, utilidad e impacto de los materiales didácticos desarrollados. La encuesta está dirigida a dos grupos principales: los estudiantes de Estática, quienes han utilizado directamente los recursos diseñados, y los estudiantes de Análisis Estructural, quienes representan un público que podría beneficiarse de estos materiales en su transición académica hacia asignaturas más avanzadas.

El proceso comienza con la estructuración de las encuestas, que combinan preguntas cerradas de sí y no y preguntas de selección múltiple, con el objetivo de obtener una retroalimentación cuantitativa y cualitativa. Estas preguntas están organizadas para evaluar aspectos clave como la necesidad de estos materiales, su claridad y su contribución al aprendizaje.

Para los 35 estudiantes de Estática quienes usaron los materiales didácticos realizados, las preguntas están enfocadas en medir el impacto directo de los materiales en su aprendizaje. Estas incluyen:

Preguntas de respuestas de sí y no:

- ¿Consideras que tenías las mismas bases teóricas que tus compañeros al iniciar el curso?
- ¿Utilizaste el documento de resolución de ejercicios proporcionado por la práctica en docencia para estudiar?
- ¿Consideras que el documento de resolución de ejercicios te ayudó significativamente en tu estudio?
- ¿Qué opinas del formato del documento de resolución de ejercicios? ¿Te pareció claro y fácil de seguir?

Preguntas de selección múltiple:

- ¿Cómo sueles estudiar? (Ejemplos: viendo videos, resolviendo ejercicios, leyendo libros, asistiendo a tutorías, haciendo resúmenes, estudiando solo la teoría)
- ¿Cuál de las siguientes opciones te sería más útil como material de estudio adicional para mejorar tu comprensión de la materia?
- ¿Consideras que el documento de resolución de ejercicios te ayudó significativamente en tu estudio?

En el caso de los 56 estudiantes de Análisis Estructural que respondieron la encuesta, las preguntas están orientadas a analizar la necesidad de materiales adicionales en su formación académica y cómo los recursos diseñados para Estática podrían impactar su desempeño en asignaturas posteriores. Las preguntas incluyen:

Preguntas de sí y no:

- ¿Consideras que tienes el mismo dominio de los conceptos teóricos de Estática que tus compañeros?
- ¿Crees que las deficiencias en Estática se reflejan en los resultados de materias posteriores, como Resistencia de Materiales, Análisis Estructural y Armado?
- ¿Consideras necesario contar con material de estudio adicional (como documentos con resolución de ejercicios, videos y guías teóricas) para nivelar tus competencias en Estática?
- ¿Has repetido la materia de Estática?

Preguntas de selección múltiple:

- ¿Cómo sueles estudiar?
- ¿Provienes de una sede externa o de la sede principal?

El propósito de estas encuestas es analizar tanto el impacto directo que los materiales diseñados tienen en los estudiantes de Estática como la percepción de necesidad y utilidad de estos recursos por parte de los estudiantes de Análisis Estructural. Esto permite identificar fortalezas y áreas de mejora en los recursos diseñados, validando su eficacia como herramientas pedagógicas y confirmando su pertinencia en el contexto académico de la ingeniería civil. Los datos obtenidos de las encuestas se analizan con el objetivo de generar conclusiones que respalden la práctica docente implementada y determinen la necesidad de continuar desarrollando materiales de estudio que beneficien tanto a los estudiantes actuales como a aquellos en etapas académicas posteriores.

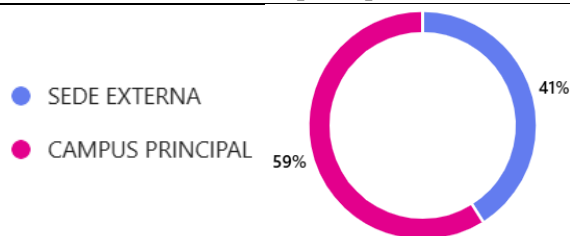
5. Resultados

Para evaluar la percepción de los estudiantes respecto al impacto del aula virtual y los materiales proporcionados en esta práctica en docencia, se aplicó una encuesta a 35 estudiantes de estática y a 56 estudiantes de análisis estructural al finalizar el semestre. Esta encuesta consistió en preguntas cerradas de "sí" y "no", orientadas a medir la utilidad de los recursos entregados y su influencia en el desarrollo de competencias relacionadas con la asignatura de estática. Además, se evaluaron las formas de estudio que utilizan los estudiantes, sin centrarse en la manera de aprender que prefieren. A continuación, se mostrarán y analizarán los resultados de las preguntas más destacadas de estas encuestas realizadas.

En la **Figura 32** se presentan los resultados obtenidos a la pregunta “¿Provienes de una sede externa o del sedes principal?”. Este resultado evidencia que en la asignatura de análisis estructural es de donde retornan los estudiantes de las diferentes sedes de la UIS. Esto refuerza la importancia de contar con materiales complementarios que nivelen las competencias y garanticen una base sólida para todos los estudiantes.

Figura 32

¿Provienes de una sede externa o de la sede principal?



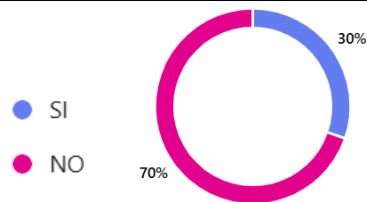
Nota. Fuente: Autoría propia.

En la **Figura 33**, se evidencia que el 70% de los estudiantes de Estática considera que no contaba con las mismas bases teóricas que sus compañeros al inicio del curso, mientras que solo el 30% cree que sí. Este resultado evidencia una disparidad significativa en el nivel de

conocimientos previos, lo que subraya la importancia de establecer estrategias pedagógicas que permitan nivelar estas diferencias desde el comienzo. Tales disparidades pueden deberse a factores como el lugar de procedencia académica, la metodología docente previa o el acceso limitado a recursos de aprendizaje.

Figura 33

¿Consideras que tenías las mismas bases teóricas que tus compañeros al iniciar el curso?

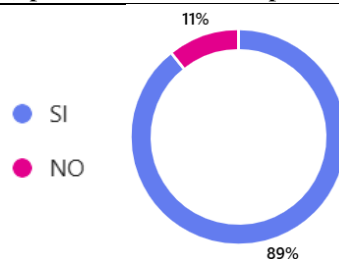


Nota. Fuente: Autoría propia.

En la **Figura 34** se muestra que el 89% de los estudiantes de Estática considera necesario contar con materiales de estudio adicionales, mientras que solo el 11% no lo ve indispensable. Este dato refleja la gran aceptación y demanda de recursos complementarios que refuercen el aprendizaje. La mayoría de los estudiantes reconoce que herramientas como guías teóricas, ejercicios resueltos y videos pueden facilitar su comprensión de los conceptos fundamentales y mejorar sus competencias académicas.

Figura 34

¿Consideras necesario contar con material de estudio adicional (como documentos con resolución de ejercicios, videos y guías teóricas) para nivelar tus competencias en Estática?



Nota. Fuente: Autoría propia.

En la **Figura 35 y 36**, se evidencia que tanto los estudiantes de Estática como los de Análisis Estructural identifican como principales métodos de estudio la resolución de ejercicios, el uso de videos y la elaboración de resúmenes. Esto indica que los recursos visuales y prácticos son esenciales en el proceso de aprendizaje. Estos enfoques de estudio destacan la necesidad de proporcionar herramientas didácticas que combinen explicaciones claras con ejemplos aplicados, para reforzar tanto la comprensión teórica como la práctica. Lo que valida el enfoque adoptado en esta práctica en docencia al priorizar ejercicios resueltos y videos explicativos como recursos principales.

Figura 35
¿Cómo sueles estudiar?



Nota. Fuente: Autoría propia. Estudiantes de estática

Figura 36
¿Cómo sueles estudiar?



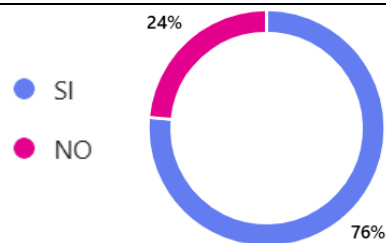
Nota. Fuente: Autoría propia. Estudiantes de análisis

En la **Figura 37**, se observa que el 76% de los estudiantes de Estática utilizó el documento de resolución de ejercicios para su estudio, mientras que el 24% no lo hizo. Este resultado

evidencia que la mayoría de los estudiantes reconoce la utilidad de este recurso lo que lo consolida como un recurso indispensable, aunque aún hay un porcentaje significativo que no lo empleó, posiblemente por desconocimiento o falta de tiempo. Es crucial garantizar una mayor difusión de estos materiales para que todos los estudiantes puedan beneficiarse de ellos.

Figura 37

¿Utilizaste el documento de resolución de ejercicios proporcionado por la práctica en docencia para estudiar?

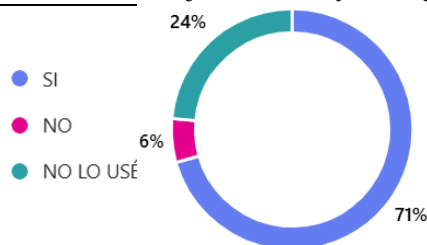


Nota. Fuente: Autoría propia.

En la **Figura 38**, se evidencia el resultado de la pregunta realizada a los estudiantes de estática “¿Consideras que el documento de resolución de ejercicios te ayudó significativamente en tu estudio?” donde el 71% de los estudiantes considera que el documento de resolución de ejercicios fue una herramienta significativa en su proceso de aprendizaje, mientras que el 5% indicó que no les resultó útil y el 24% afirmó no haberlo utilizado. Este resultado destaca la efectividad del recurso para la mayoría, pero también pone de manifiesto la necesidad de explorar las razones por las cuales algunos estudiantes no lo encontraron útil o no accedieron a él.

Figura 38

¿Consideras que el documento de resolución de ejercicios te ayudó significativamente en tu estudio?

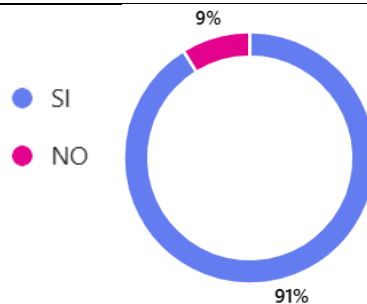


Nota. Fuente: Autoría propia.

En la **Figura 39** se expone que el 91% de los estudiantes calificó el formato del documento como claro y fácil de seguir, mientras que solo el 9% opinó lo contrario. Esto refleja que el diseño y la estructura del material cumplen con los estándares de accesibilidad y comprensión, aspectos fundamentales para fomentar un aprendizaje efectivo. No obstante, es importante considerar mejoras continuas basadas en las observaciones de los estudiantes que no quedaron satisfechos.

Figura 39

¿Qué opinas del formato del documento de resolución de ejercicios? ¿Te pareció claro y fácil de seguir?



Nota. Fuente: Autoría propia.

6. Conclusiones

Mediante la revisión bibliográfica del componente Estática para Ingenieros civiles se logró identificar de manera precisa los temas fundamentales de la asignatura Estática, destacando aquellos más relevantes para los ingenieros civiles de acuerdo con las temáticas de semestres posteriores, como el análisis de fuerzas, el equilibrio de cuerpos rígidos y los diagramas de cuerpo libre. Este proceso de selección asegura que el material didáctico diseñado esté en sintonía con los objetivos del programa académico de la asignatura, garantizando su pertinencia y aplicabilidad en el contexto de formación profesional.

El análisis de metodologías pedagógicas efectivas confirmó la importancia de integrar recursos visuales y prácticos, como documentos detallados, videos explicativos y ejercicios resueltos. Estas estrategias no solo fomentan la comprensión profunda de los conceptos, sino que también responden a las diferentes formas de aprendizaje de los estudiantes, promoviendo un enfoque activo y autónomo en el estudio. La combinación de teoría, ejemplos aplicados y herramientas audiovisuales refuerza el aprendizaje significativo y facilita la transferencia de conocimientos a escenarios más avanzados, y esto además de ser confirmado bibliográficamente fue la percepción de los estudiantes en la respectiva encuesta mostrada en este documento.

Finalmente, se logró construir una lista de ejercicios representativos de 38 ejercicios totales, detallados paso a paso y apoyados con elementos audiovisuales, demostró ser un recurso efectivo para el aprendizaje de Estática. Según las encuestas de percepción con respecto al uso de estos elementos, el 76% de los estudiantes utilizó el documento y el 71% afirmó que les ayudó significativamente en su estudio, mientras que el 91% destacó su claridad y facilidad de uso. Estos resultados respaldan su impacto positivo en la comprensión de la materia.

7. Recomendaciones

Es importante mejorar el aula virtual haciendo que sea más interactiva, con foros para resolver dudas y actividades en equipo. Además, incluir evaluaciones rápidas que permitan a los estudiantes ver su progreso sería muy valioso para identificar áreas de mejora.

Las metodologías como el Aprendizaje Basado en Problemas y Flipped Classroom deben continuar, pero con más videos explicativos y actividades que cubran temas difíciles como diagramas de cuerpo libre o vigas. Esto mantendría el interés de los estudiantes y facilitaría su comprensión.

Se recomienda que, en futuras prácticas en docencia, se realice una revisión exhaustiva del programa académico de la asignatura de Estática en las diferentes sedes externas de la universidad, replicando la metodología utilizada en la etapa 1 de este proyecto. Esto incluiría la recopilación y organización estructurada de los temas impartidos en cada sede, su comparación con el contenido programático oficial y la identificación de posibles diferencias o vacíos en la enseñanza. Este análisis permitiría estandarizar y mejorar la calidad de los materiales didácticos, asegurando que los estudiantes de todas las sedes reciban una formación homogénea y alineada con los objetivos académicos de la asignatura.

Es clave hacer encuestas al inicio y final del semestre para saber qué opinan los estudiantes sobre los materiales y métodos usados. Esto permitiría implementar mejoras basadas en sus comentarios y experiencias.

Por último, actualizar los materiales existentes regularmente es fundamental. Colaborar con otros profesores de materias relacionadas como mecánica de materiales o análisis estructural puede ayudar a generar recursos más completos y útiles para los estudiantes

Referencias Bibliográficas

- Alarcón, C. H. M., León, C. E. D., Donoso, L. J. G., Tinoco, L. M. E., & Alarcón, F. P. M. (2021). Metodología de formación educativa basada en entornos virtuales de aprendizaje para estudiantes de Ingeniería Civil. *Dominio de las Ciencias*, 7(2), 530-550.
- Andrea, M. C. M., & Cacia, J. L. MOOC de Matemáticas, una estrategia que favorece los procesos de nivelación.
- Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2021). *Mecánica de materiales*. McGraw-Hill Interamericana.
- Berenguer-Albaladejo, C. (2016). Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. (2024). “Plan de estudios de ingeniería civil” [Universidad Industrial De Santander]. <http://ingenieriacivil.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp?IdServicio=S100>
- Facultad de ingenierías físico-mecánicas. (2024). “Programa de ingeniería civil estática” [Universidad Industrial De Santander]. <http://ingenieriacivil.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp?IdServicio=S74>
- Flores, K. & Bravo, M. (2012). Metodología PACIE en los ambientes virtuales de aprendizaje para el logro de un aprendizaje colaborativo. *Diálogos educativos*, (24), 3-17. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4156135.pdf>
- Hibbeler, R. C. (2010). *Ingeniería mecánica-Estática* (Decimosegunda ed.).
- Lorente-Ruiz, A., Despujol, I., & Castañeda, L. (2021). MOOC como estrategia de nivelación en la enseñanza universitaria: el caso de la Universidad Politécnica de Valencia. *Sedes Virtuales*, 10(2), 9-25.

Massut Bocklet, M. F., & Rosich Sala, N. (2018). Los videos tutoriales, en casa: la tarea en clase: Matemáticas con Flipped Classroom. *EDU. REV., Rev. Int. De. Educ. y. Aprendiziz*, 6, 43-50.

Pytel, Andrew y Jaan Kiusalaas *Ingeniería Mecánica, Estática*. Tercera edición. 2012

Ruiz Saavedra, N. D. (2019). Estrategia didáctica de enseñanza y aprendizaje para la mejora del rendimiento académico en la asignatura estática en la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán.

Ventajas del aprendizaje basado en la resolución de problemas [Infografía]. (s/f). Aulaplaneta.com. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.aulaplaneta.com/2015/08/25/recursos-tic/ventajas-del-aprendizaje-basado-en-la-resolucion-de-problemas>.

Apéndices

Apéndices A Propuesta documental de ejercicios resueltos

Apéndices B Formatos de videos realizados de ejercicios propuestos y link de acceso al aula virtual

(Ver apéndices adjuntos y pueden visualizarlos en base de datos de la Biblioteca UIS)