

UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**“ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA MAQUETA FÍSICA COMO RECURSO
DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN
LA CURRÍCULA DE LA ASIGNATURA DE ESTRUCTURAS I DE LA CARRERA DE
ARQUITECTURA DE LA USFX”**

**TRABAJO QUE SE PRESENTA EN OPCIÓN AL DIPLOMADO EN EDUCACIÓN
SUPERIOR**

AUTOR: WALDEMAR CEPEDA MURILLO

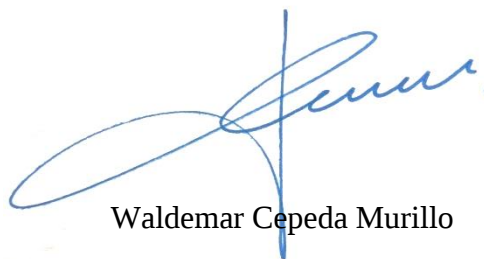
SUCRE – BOLIVIA

2024

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención del Diplomado en Educación Superior, de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de éste trabajo u documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificias de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.



Waldemar Cepeda Murillo

Sucre, agosto de 2024

Agradezco a Dios por haberme otorgado unos padres maravillosos, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. Agradezco a mis padres por haberme forjado como persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

A mis queridos hijos, los cuales fueron mi fuente de inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial quiero agradecer al Dr. Alan Jaret Aparicio Ortube, por la confianza que deposito en mí, por el apoyo que me brindo para la realización del presente documento, ya que sus indicaciones y orientaciones fueron indispensables en el desarrollo de este trabajo. Destacando sus grandes conocimientos en el campo de Docencia. Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mi monografía con éxito.

Asimismo, quisiera agradecer a la Arq. Pacha Yapucha Yampara Blanco por su valiosa contribución para la realización de mi trabajo. Distingo a la arquitecta por las lindas maquetas que elabora conjuntamente con sus alumnos en la materia de Tipologías Estructurales.

Finalmente, deseo agradecer al Dr. Jarín Hasbel Alcalá Castro por brindarnos sus enseñanzas para la elaboración de la monografía. Ya que fue el principal guía, que, con paciencia, nos orientó a seguir los caminos del desarrollo del conocimiento y la investigación.

También quisiera agradecer a mis compañeros de trabajo en ICONURBAN: Arq. Mauricio A. Camacho Espinoza, Arq. Wily Portugal Claros y al Ing. Alvarito Rodríguez Delgadillo por las motivaciones que me dieron y el apoyo incondicional que me brindaron durante el proceso de la monografía.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Situación problemática	3
1.2.2. Formulación del problema.....	4
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Justificación.....	5
1.6. Diseño metodológico.....	6
1.6.1. Métodos	6
1.6.2. Técnicas de investigación.....	7
1.6.3. Instrumentos de investigación	7

CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Marco conceptual	8
2.1.1. Asignatura.....	8
2.1.2. Unidad temática	8
2.1.3. Recurso didáctico	8
2.1.4. Maqueta física.....	9
2.2. Marco teórico	9
2.2.1. El contenido en el Proceso de Enseñanza – Aprendizaje	9
2.2.2. Selección y estructura de los contenidos	11
2.2.3. Las maquetas físicas para la enseñanza de las estructuras	12
CAPÍTULO III.....	20
ESTADO ACTUAL DE LA ASIGNATURA – ESTRUCTURAS I.....	20
3.1. Tipo de investigación	20
3.2. Marco contextual.....	21
3.2.1. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca y carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat	21
	22
3.1.2. Perfil profesional del arquitecto de la USFX.....	22
3.1.3. Aptitudes requeridas del profesional del arquitecto de la USFX	23

3.1.4. Área de acción y campo de trabajo del profesional del arquitecto de la USFX	23
3.1.5. Plan de estudios de carrera de arquitectura de la USFX.....	23
3.3. Asignatura de Estructuras I (CON300)	25
3.3.1. Descripción de la asignatura.....	25
3.3.2. Objetivos de la asignatura.....	26
3.3.3. Contenidos de la asignatura.....	27
3.4. Análisis de los contenidos de la asignatura de Estructuras I.....	29
■ Grupo 1: Desarrollo teórico – descriptivo de las formas estructurales.....	30
3.4.2. Grupo 2: Principios básicos de estática en dos dimensiones.....	31
3.4.3. Grupo 3: Principios básicos de resistencia de materiales	32
3.5. Análisis de la metodología de enseñanza y recursos didácticos de la asignatura	32
3.5.1. Metodología de enseñanza y recursos didácticos según el Programa	32
3.5.2. Análisis de los recursos didácticos usados en la asignatura según encuestas	33
CAPÍTULO IV.....	38
LA MAQUETA FÍSICA COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LA CURRÍCULA DE LA ASIGNATURA DE ESTRUCTURAS I	38
4.1. Grupo de conocimiento – Laboratorio práctico	39
4.2. Modelos físicos para la sustentación de los conocimientos	40
4.2.1. Comportamiento de Arcos funiculares	42
4.2.2. Comportamiento de Armaduras – Sistemas de vector activo.....	43

4.2.3. Comportamiento de Cascaras delgadas	44
4.2.4. Comportamiento de vigas	45
4.2.5. Comportamiento de Pórticos	47
4.2.6. Comportamiento de placas rectangulares	49
4.2.7. Equilibrio de una partícula	52
4.2.8. Equilibrio de un cuerpo en el plano	54
4.2.9. Determinación de centros de gravedad.....	56
4.2.10. Comprensión de la flexión en vigas prismáticas	57
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXO 1.....	1
CUESTIONARIO.....	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1. Plan de estudios de la carrera de Arquitectura de la USFX.....	24
Tabla 3. 2. Unidades temáticas desarrolladas en la asignatura de Estructuras I	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Diagrama de Ishikawa para la identificación del problema	4
Figura 2. 1. Modelos físicos para la interpretación de las deformaciones en vigas con diferentes condiciones de apoyo	13
Figura 2. 2. (a) Equilibrio externo de un sistema; (b) Deformaciones de un pórtico y (c) comportamiento de un reticulado.....	14
Figura 2. 3. Maqueta física elaborada con barras de fideo interconectados en una estructura que trabaja por vector activo.....	15
Figura 2. 4. Modelos físicos elaborados por los estudiantes baso el seguimiento del Dr. Fargier Gabaldon	16
Figura 2. 5. (a) Esquema de esfuerzos identificados en la configuración tridimensional; (b) Configuración elaborada a partir del ensamblaje de triángulos; (c) Modelo de tenso estructuras; (d) Modelo de cáscara en el que se identifican los esfuerzos de compresión y tracción.	17
Figura 2. 6. (a) Maqueta de cerchas planas bidimensionales; (b) Alternativas de estructuras articuladas para soportar una carga determinada; (c) Alternativas de estructuras aporticadas para soportar una carga determinada	18
Figura 2. 7. (a) Análisis mediante maqueta del equilibrio en un punto y un cuerpo plano; (b) Análisis mediante maqueta del comportamiento de un arco; (c) Análisis mediante maqueta de comportamiento de una placa plana rectangular; (d) Análisis mediante maqueta del comportamiento de una viga	19
Figura 3. 1. Desarrollo del capítulo III	20

Figura 3. 2. Grupos de conocimiento de la asignatura de Estructuras I	30
Figura 3. 3. Contenido teórico de los tipos estructurales	31
Figura 3. 4. Pregunta 1	34
Figura 3. 5. Pregunta 2	34
Figura 3. 6. Pregunta 3	35
Figura 3. 7. Pregunta 4	36
Figura 3. 8. <i>Pregunta 5</i>	37
Figura 4. 1. Grupo de conocimientos adicional: desarrollo de modelos físicos	40
Figura 4. 2. Maquetas físicas que representen el comportamiento de los tipos estructurales	41
Figura 4. 3. Maquetas físicas que representen los fundamentos de Estática en 2D	41
Figura 4. 4. Maquetas físicas que representen el comportamiento de flexión y cortante en vigas prismáticas	42
Figura 4. 5. Generación del arco funicular en función del número de cargas sobre el cable	43
Figura 4. 6. Sistemas contruidos a base de elementos esbeltos	44
Figura 4. 7. Generación de una superficie curva	44
Figura 4. 8. Modelo de reacción de viga	45
Figura 4. 9. Reacciones según el movimiento de cargas y aplicación de torque en la viga estática	46
Figura 4. 10. Reacciones por carga distribuida y puntual	46
Figura 4. 11. Comportamiento de una viga para la misma condición de carga	47
Figura 4. 12. Comportamiento de un pórtico con conexiones articuladas	48
Figura 4. 13. Alternativas de rigidización en pórticos	48

Figura 4. 14. Comportamiento de un pórtico con opciones de conexiones	49
Figura 4. 15. Modelo físico que representa una placa rectangular	49
Figura 4. 16. Deflexión de la placa y cambio de la condición de borde.....	50
Figura 4. 17. Deflexión de la placa y cambio de la condición de borde.....	50
Figura 4. 18. Deflexión de la placa y cambio de la condición de borde.....	50
Figura 4. 19. Comportamiento de una placa unidireccional	51
Figura 4. 20. Comportamiento de una placa bidireccional	51
Figura 4. 21. Áreas tributarias de una placa rectangular	51
Figura 4. 22. Desarrollo práctico del equilibrio de dos fuerzas aplicadas en un punto	52
Figura 4. 23. Desarrollo práctico de un sistema de tres fuerzas aplicadas en el anillo.....	53
Figura 4. 24. Representación del equilibrio de tres fuerzas aplicadas en un punto	53
Figura 4. 25. Representación del equilibrio varias fuerzas aplicadas en un punto	54
Figura 4. 26. Representación mediante un modelo del momento de una fuerza	54
Figura 4. 27. Representación mediante un modelo físico de la sumatoria de momentos respecto de un punto.....	55
Figura 4. 28. Representación mediante un modelo físico del equilibrio varias fuerzas aplicadas en el cuerpo rígido	55
Figura 4. 29. Representación mediante un modelo físico de fuerzas concurrentes	56
Figura 4. 30. Exploración del centro de gravedad mediante un modelo físico.....	56
Figura 4. 31. Exploración de la flexión mediante un modelo físico	57
Figura 4. 32. Medición de las deformaciones en vigas a partir de modelos físicos	58
Figura 4. 33. Comprensión de giros y desplazamientos relativos en el modelo físico	58
Figura 4. 34. Estudio de alternativas de vigas mediante modelos físicos.....	59

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla un estudio descriptivo sobre la factibilidad del uso de la maqueta física como recurso didáctico para la enseñanza del comportamiento estructural dentro de la currícula de la asignatura de estructuras I de la carrera de Arquitectura de la USFX. Para tal fin, se hace un abordaje de las diferentes prácticas y experiencias de la implementación de este recurso para una visualización más objetiva del comportamiento de una estructura.

Por otro lado, según un análisis del programa actual de la asignatura y encuestas realizadas a 14 estudiantes que ya cursaron la asignatura, se identificaron recursos limitados para la enseñanza de las unidades temáticas a los estudiantes de Arquitectura, ya que en su contenido existe solo una carga teórica – abstracta desarrollada en aula. Posteriormente se estructuró las unidades temáticas de la asignatura en grupos de conocimiento con el fin de analizar la posibilidad de complementar con un grupo – práctico adicional, en el que se desarrollen maquetas físicas basados en los contenidos teóricos de la asignatura.

Por lo tanto, este estudio posibilitará una consideración para la implementación de la maqueta física como recurso didáctico dentro de la currícula de Estructuras I. Para ello, se realiza una investigación de tipo descriptivo con un enfoque cualitativo no experimental, transversal, aplicada y bajo un sustento documental.

Palabras clave: recurso didáctico, abstracto, maqueta física, grupo de conocimiento.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Dentro del plan de estudios de la carrera de Arquitectura se encuentra la asignatura de Estructuras I, el cual es preámbulo y antesala para la comprensión de los fundamentos básicos de las estructuras en la Arquitectura. Se desarrolla en esta asignatura las nociones básicas de las formas y tipos estructurales, la clasificación de los sistemas estructurales, los fundamentos básicos de Estática en el plano y nociones básicas de Resistencia de Materiales (Programa de la asignatura de estructuras I, 2016). Para la asimilación de estos contenidos programáticos, según el Programa de la asignatura de estructuras I (2016) el sistema de habilidades que desarrolla el estudiante solo se centra en los contenidos teóricos brindados en clase y recursos bibliográficos. Ahora, para una comprensión más objetiva del comportamiento estructural, el desarrollo y uso de maquetas estructurales posibilita comprender conceptos abstractos de manera tangible y concreta (Mola Structural Model, 2021). Bajo esta consideración, el presente trabajo centra su estudio en la factibilidad de los modelos tridimensionales, denominados maquetas físicas, como recurso didáctico para la enseñanza del comportamiento estructural en la currícula de la asignatura de Estructuras I.

Albertexperiences (2016) desarrolla una experiencia en la enseñanza del comportamiento estructural a través de maquetas para alumnos de Arquitectura. Indica que dichos recursos didácticos fueron idóneos para comprender el funcionamiento de una estructura. Pérez C. et al. (s.f.) utilizó las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de los elementos estructurales e indica que dicho recurso genera una mejor comprensión e interpretación del sistema estructural. Dentro de la asignatura de Tipologías Estructurales de la FAADU (2008)

se desarrolla como contenido la investigación y aplicación práctica en materiales y modelos estructurales – Laboratorio, en el cual comprenden y manejan los conceptos y criterios constructivos de las estructuras en diferentes escalas. También, Elicabe et al. (2014) indica que la enseñanza mediante modelos físicos, de carácter experimental, permiten estimular la imaginación del alumno y la comprensión de los aspectos teóricos mediante la observación. También, Elicabe et al. (2014) indica que la enseñanza mediante maquetas promueve en el estudiante un análisis cualitativo que será utilizada como recurso auxiliar en los métodos convencionales de estudio de la asignatura, permitiendo su conceptualización y verificación de estructuras, ya que una maqueta física posibilita un lenguaje que permite visualizar el comportamiento estructural; y facilitar la asimilación o comprensión de una idea, concepto o proceso.

Las diferentes prácticas y experiencias desarrolladas, dan a conocer que enseñanza de las estructuras mediante un modelo físico o maqueta física, formada por un conjunto de piezas que se conectan, desarrollan en los estudiantes la visualización de los movimientos y deformaciones de los diferentes elementos que componen la estructura y posibilitar un mejor entendimiento de los conceptos y teorías que se encierran tras las estructuras, ya que la enseñanza del puro diseño analítico de las estructuras arquitectónicas, aun bien planteado básicamente, tiende a un progresivo desprecio por los estudiantes de arquitectura hacia todo aquello que suponga una disciplina del cálculo matemático (Borobio & Pellicer, 2008).

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Situación problemática

Recursos limitados para la enseñanza del funcionamiento estructural y la abstracción de las idealizaciones de las estructuras dentro de la didáctica curricular de la asignatura de Estructuras I de la Carrera de Arquitectura de la USFX.

Actualmente la enseñanza de la asignatura de Estructuras I, tal como se desarrolla en Programa de la asignatura de estructuras I (2016), se limita a desarrollar solo contenidos teóricos y prácticos (resolución de problemas a través de ejercicios) referentes a los conceptos básicos las formas y tipos estructurales, clasificación de los sistemas estructurales, principios básicos de Estática en dos dimensiones y Resistencia de Materiales. El desarrollo de la asignatura solamente se enfoca en contenidos teóricos desarrollados en aula y no así al desarrollo de prácticas en taller o laboratorio. Asimismo, los recursos didácticos utilizados se limitan a la aplicación de literatura técnica.

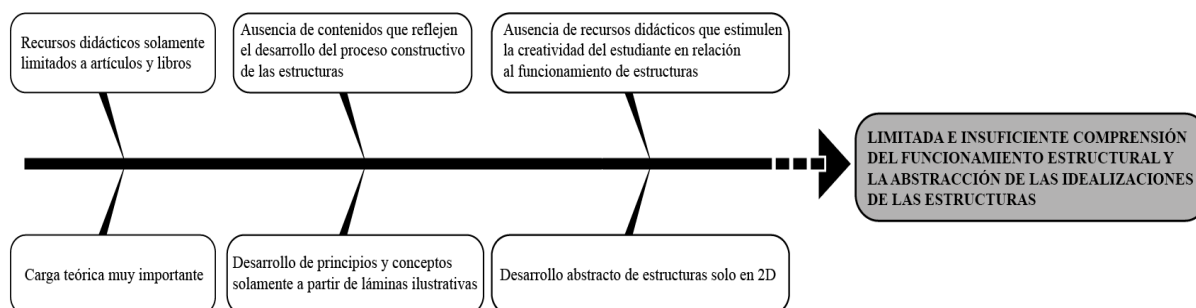
En tal sentido, se aprecia en el desarrollo curricular de la asignatura una **carga teórica muy importante**, que van desde el desarrollo teórico – descriptivo de las formas estructurales hasta los principios básicos de Estática en 2D y Resistencia de Materiales; la **aplicación de recursos didácticos solamente limitados a artículos y libros; desarrollo de principios u conceptos solo a partir de láminas o gráficos; la ausencia de contenidos que reflejen de manera objetiva el desarrollo del proceso constructivo de las estructuras; la ausencia de recursos didácticos que estimulen la creatividad del estudiante**, y finalmente el **desarrollo abstracto de estructuras en dos dimensiones**.

Se hace mención del término “abstracto”, en el entendido de que el estudiante de Arquitectura cursa por primera vez la asignatura de estructuras, también, que dicha asignatura es

compleja, en el que se introducen conceptos abstractos, que históricamente han causado dificultades de aprendizaje, tal como lo señala Universidad de Sevilla (s.f.). Estos indicadores mencionados líneas arriba pueden posibilitar que la comprensión del funcionamiento estructural y la abstracción de las idealizaciones de las estructuras se vea limitada e insuficiente por estudiantes de la asignatura de Estructuras I en la Carrera de Arquitectura, tal como se muestra en el diagrama de Ishikawa que identifica el problema (Figura 1.1).

Figura 1. 1.

Diagrama de Ishikawa para la identificación del problema



Nota. Fuente, elaboración propia.

1.2.2. Formulación del problema

Deficiencia de recursos didácticos dentro de la currícula de la asignatura de Estructuras I de la Carrera de Arquitectura de la USFX para la enseñanza del funcionamiento estructural y la abstracción de las idealizaciones de las estructuras.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar la factibilidad de la aplicación de la maqueta física como recurso didáctico en la enseñanza del funcionamiento estructural y la abstracción de las idealizaciones de las estructuras en la currícula de la asignatura de Estructuras I de la Carrera de Arquitectura de la USFX.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir las implicancias desarrolladas sobre la aplicación de maquetas físicas como recurso didáctico para la enseñanza del funcionamiento de las estructuras, haciendo énfasis en su aplicación y ventaja para la comprensión de las estructuras.
- Diagnosticar el estado actual de la currícula de la asignatura de Estructuras I de la Carrera de Arquitectura de la USFX.
- Describir la viabilidad sobre la aplicación de la maqueta física como recurso didáctico en la currícula de la asignatura de Estructuras I.

1.4. Hipótesis

Los recursos didácticos y las estrategias formuladas en contenido programático de la currícula de la asignatura de estructuras I limitan la enseñanza del funcionamiento estructural y la abstracción de las idealizaciones de las estructuras.

1.5. Justificación

El desarrollo teórico y abstracto de la asignatura de Estructuras I, basándose en el uso limitado de recursos didácticos, puede generar desmotivación en el estudiante en el desarrollo de la asignatura y posteriores asignaturas relacionadas en las estructuras. Por otro lado, en las asignaturas de talleres de diseño, el estudiante elabora maquetas del componente arquitectónico, pero solamente enfocados a la composición volumétrica orientados a proyectar soluciones funcionales y estéticas y no así a la posibilidad de comprender que las “*estructuras parecen fluir con las fuerzas y, viceversa, los vectores fuerza parecen fundirse en las estructuras*” (p. 7) tal como lo señala Lewis & Pendleton (2002).

Bajo estas consideraciones, la conveniencia del tema radica debido a que se identifica en el programa de la asignatura de Estructuras I una deficiencia de recursos didácticos para la enseñanza de una asignatura con contenidos abstractos para un estudiante de Arquitectura, por ello es necesario un análisis y un estudio descriptivo sobre la factibilidad del uso y aplicación de un recurso didáctico, como es el modelo físico que simula el comportamiento de estructuras, en la currícula de la asignatura de estructuras I.

El estudio permitirá una consideración sobre una posible reestructuración de la currícula de la asignatura de estructuras I de la carrera de Arquitectura, ya que se describirán los aspectos teóricos y aplicación de esta herramienta de análisis cualitativo que se puede utilizar como recurso para los métodos convencionales de estudio, concepción y verificación de estructuras. Por otra parte, servirá de referencia para la aplicación de modelos físicos reales en la currícula de otras asignaturas de la carrera de Arquitectura.

1.6. Diseño metodológico

1.6.1. Métodos

El método usado en el presente trabajo fue el Método Inductivo – Deductivo. Por lo que este método está relacionado con razonamiento lógico, tomando en cuenta las premisas particulares para llegar a una conclusión general y principios generales para llegar a una conclusión específica. Se empleó este método con el propósito de desarrollar el estado actual de la práctica, el diagnóstico de la asignatura y el análisis de la viabilidad de la aplicación de un recurso didáctico, que es la maqueta física.

Por otro lado, se empleó el método de la medición, el cual está relacionado con la obtención de datos numéricos acerca de una propiedad o cualidad del objeto de estudio, donde se

comparan magnitudes medibles y conocidas. Se aplicó este método en la etapa de recolección de datos de las entrevistas, con el fin de evaluar estadísticamente los resultados.

1.6.2. Técnicas de investigación

Se empleó la Técnica Documental, que permite comprender e interpretar fenómenos a través de la recopilación de datos de distintas fuentes como son libros, documentos, artículos, revistas y páginas web. La técnica de investigación bibliográfica permite explorar lo que se ha escrito en los libros, documentos, revistas o artículos sobre el objeto de estudio. De manera que sirve de sustento al presente trabajo y brindará una referencia de las investigaciones previas sobre el tema de estudio.

Asimismo, se empleó la técnica de investigación basada en las encuestas. Ya que esta técnica posibilita obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz mediante un sistema de preguntas. Se aplicó esta técnica con el propósito de recopilar información de los estudiantes de Arquitectura de diferentes semestres sobre los recursos didácticos usados en la asignatura de Estructuras I.

1.6.3. Instrumentos de investigación

Se utilizó la encuesta como instrumento de investigación. El cual es un documento elaborado por el investigador que contiene preguntas con el fin de recolectar información sobre las variables de interés. Dicho instrumento es aplicado a los estudiantes de diferentes semestres de la carrera de Arquitectura.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

El presente capítulo, se entiende su contenido en dos partes: un marco conceptual que establece las definiciones pertinentes al objeto de estudio; y el marco teórico donde se aborda los tópicos del contenido del Proceso de Enseñanza – Aprendizaje (PEA), y el desarrollo del estado de la práctica del tema de estudio. El desarrollo de la presente sección proporcionará las bases teóricas del tema de estudio.

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Asignatura

Se refiere a cada una de las materias que se enseñan en un centro docente o forman parte de un plan de estudios (Real Academia Española, 2023). Asimismo, para Pérez Porto & Gardey (2022) la asignatura (del latín assignatus) son las materias que forman una carrera o un plan de estudios, y que se imparten en los centros educativos.

2.1.2. Unidad temática

Para Utadeo (2021) una unidad temática es la agrupación de contenidos de la asignatura de una manera estructurada y organizada, con el objeto de que responda a la ruta de aprendizaje que se desarrolla en una asignatura. Por lo que es un conjunto estructurado y ordenado de contenidos, que responden a los objetivos de la asignatura y habilidades que el estudiante deba alcanzar.

2.1.3. Recurso didáctico

Según Morales (2012) en Vargas Murillo (2017) se entiende por recurso didáctico al conjunto de medios materiales que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos materiales pueden ser tanto físicos como virtuales, que tienen como objetivo, despertar el interés de los estudiantes, además que facilitan la actividad docente al servir de guía.

2.1.4. Maqueta física

Es una representación física o arquetipo construida a escala que sirve como guía para mostrar los detalles de construcción, el funcionamiento o incluso la apariencia antes de ser construida la obra (mchmaster, 2019). También para Elicabe et al. (2014) una maqueta didáctica es un producto elaborado con el fin de facilitar la asimilación o comprensión de una idea, un concepto, un proceso. Es un recurso que permite visualizar en tres dimensiones y hacer realidad a escala el objeto de estudio.

2.2. Marco teórico

2.2.1. El contenido en el Proceso de Enseñanza – Aprendizaje

El contenido para Coll (1994) en Bolzán (1999) es el “*conjunto de saberes o formas culturales cuya asimilación y apropiación por los alumnos y alumnas, se considera esencial para su desarrollo y socialización*” (p. 37). El contenido en el Proceso de Enseñanza – Aprendizaje (PEA) según Gardeazabal Ossio (2022) en Aparicio Ortube (2022) está compuesto de forma unitaria por un sistema de conocimientos, habilidades y valores; asimismo, está relacionado con lo que se aprende y enseña. Ahora, sus funciones son el de determinar métodos, las formas organizativas de enseñanza y la evaluación; orientar el trabajo del docente y los estudiantes en el PEA; generar criterios en el análisis de la eficacia de la enseñanza mediante la

evaluación de los resultados; y finalmente proyectar el trabajo del docente y el estudiante para encaminar a un desarrollo del PEA adecuado.

Una vez desarrollado las características del Contenido, ahora se describirá sus componentes del contenido.

2.2.1.1. Sistema de conocimientos.

Está referido al contenido conceptual, que está asociada al aprendizaje de conceptos, hechos, fenómenos, y los datos que corresponden al área del saber. La concepción de los contenidos conceptuales hace referencia a un proceso interno que se desarrolla en el aprendizaje por el estudiante y a los diferentes procesos cognitivos que se requiere para aprender determinados conceptos y teorías (Gardeazabal Ossio, 2022 en Aparicio Ortube, 2022).

2.2.1.2. Sistema de habilidades.

Para Cañedo Iglesias, (2008) una habilidad representa a un “*sistema de acciones y operaciones dominado por el sujeto que responde a un objetivo*” (p. 21); la “*la capacidad adquirida por el hombre de utilizar creadoramente sus conocimientos y hábitos tanto en el proceso de actividad teórica como práctica*” (p. 21); y “*el dominio de un sistema complejo de actividades psíquicas, lógicas y prácticas, necesarias para la regulación conveniente de la actividad, de los conocimientos y hábitos que posee el sujeto*” (p. 21). Por lo que, las habilidades deberán ser dominadas por los estudiantes y serán las que aseguran el desarrollo de sus capacidad cognoscitivas (Cañedo Iglesias, 2008).

De manera que el contenido procedimental está asociado al conjunto de acciones que facilitan el logro de un fin propuesto, en el que el estudiante es el actor principal en la realización de los procedimientos que demandan los contenidos, es decir, que el estudiante desarrollarla su

capacidad para saber hacer o en pocas palabras son las habilidades que se van a desarrollar a través del sistema de conocimientos. Se toma en cuenta que las habilidades se forman y se desarrollan a través de la ejercitación de las actividades mentales y se convierten en modos de actuación que dan solución a tareas tanto teóricas y prácticas.

2.2.1.3. Sistema de valores.

Para Gardezabal Ossio (2022) en Aparicio Ortube (2022) el desarrollar valores significa *“estimar un objeto, un principio; ubicar las cosas por orden de importancia, decidir lo que es más importante en un determinado momento y luchar por ello; ubicar y jerarquizar los bienes materiales y espirituales en orden de importancia”* (p. 11). Por lo tanto, el contenido actitudinal está asociado a los valores, normas, creencias, y actitudes conducentes al equilibrio personal y la convivencia social, es decir que el estudiante desarrollará su capacidad de saber ser. El sistema de valores permite reflexionar sobre diferentes aspectos dentro del campo de las ciencias, mejorando su perspectiva y enfoque sobre los aspectos tratados en una temática.

2.2.2. Selección y estructura de los contenidos

Para la selección de contenidos se deberá analizar su relevancia científica, de manera que se considere el estado del arte de la ciencia (la ciencia no es estática), por lo que el contenido deberá ser lo más actual posible, y prepare a los estudiantes para lo que demanda la sociedad; también está la funcionalidad, referido a la aplicabilidad del contenido dentro de otras asignaturas y el desarrollo profesional; la significatividad, asociado al proceso de construcción del conocimiento, estructurar el conocimiento, de modo que lo que enseñe en primera instancia sirva de base para el desarrollo de otros contenidos; y la pertinencia, es decir que responda a los objetivos institucionales y las demandas de la sociedad.

De todo el conjunto de conocimientos de se desarrollan en los diferentes campos de la ciencia, solo se considerarán para el contenido aquellos que sean factibles y estén acordes con los objetivos en la formación y desarrollo profesional (Aparicio Ortube, 2022).

Para la selección de contenidos se debe realizar una revisión de la literatura especializada; identificación de los contenidos fundamentales del área de formación y proceso experimental; determinación de los contenidos programáticos, definidos a partir de criterios de representatividad, significación, ejemplaridad, y transferibilidad (Cañedo Iglesias, 2008).

La estructuración de los contenidos se desarrolla mediante la aplicación de los principios como: el carácter científico, principio de la sistematización y principio de la relación intermateria, es decir según el contenido, según su utilización para la formación de habilidades, hábitos y capacidades y según el empleo de métodos de enseñanza (Gardeazabal Ossio, 2022 en Aparicio Ortube, 2022).

2.2.3. Las maquetas físicas para la enseñanza de las estructuras

Una maqueta física, como recuso didáctico, ayuda a asimilar y comprender conceptos abstractos de manera tangible y concreta, asimismo, posibilitando en los estudiantes un conocimiento y asimilación intuitivo del comportamiento estructural, mejorando la experiencia en la instrucción, también viabilizan en los estudiantes el sentir las fuerzas y desarrollar una intuición para la mecánica. Bajo estas aptitudes y ventajas de un modelo físico para la enseñanza en Arquitectura, se han desarrollado diferentes trabajos y experiencias aplicando este recurso didáctico.

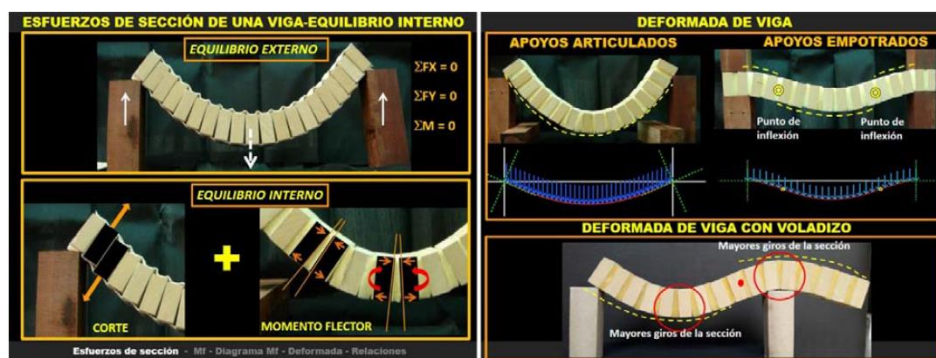
Pérez Sánchez et al. (2015) indica que el conocimiento académico centrado únicamente en el aula (tratando aspectos tanto teóricos como prácticos) en relación a las asignaturas técnicas

puede llegar a restringir, en ciertos casos, el desarrollo de determinadas habilidades formativas para los estudiantes. Por lo que resulta importante que los estudiantes adquieran otro tipo de capacidades como pueden ser la ideación, el diseño, el trabajo manual, la relación de distintas dimensiones o el uso de materiales constructivos reales para la elaboración de modelos a escala; unos conceptos clave que, por un lado, han sido desarrollados de manera teórica en las asignaturas de Estructuras I y que, posteriormente, han sido aplicados para complementar el aprendizaje del estudiante. Por lo tanto, realizaron maquetas a escala para presentar, analizar y el funcionamiento de las estructuras.

También, Simonetti et al. (2004), desarrollaron un aporte sobre la visualización de las estructuras mediante modelos de enseñanza de las estructuras en la carrera de Arquitectura de la FAUD-UNC. Indicaron que el uso de maquetas, incorporado como metodología de cátedra de estructuras, busca incentivar al estudiante en el análisis cualitativo de las estructuras. Indicaron que estos modelos físicos permiten una rápida interpretación y visualización de las deformaciones de un componente estructural, de manera que los alumnos puedan inferir los esfuerzos que representan las solicitaciones a las que está sometido. Las experiencias desarrolladas permitieron que los alumnos manipulen y visualicen a partir de un modelo físico el comportamiento interno de una barra en cuanto a sus deformaciones tal como se aprecia en la

Figura 2. 1.

Modelos físicos para la interpretación de las deformaciones en vigas con diferentes condiciones de apoyo

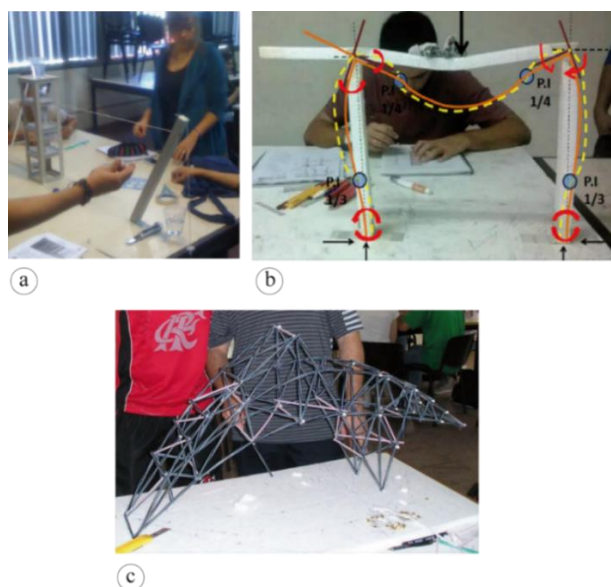


Nota. Fuente, (Simonetti et al., 2004).

Elicabe et al., (2014) mencionan que la maqueta física provee una infinidad de alternativas para el conocimiento de las estructuras, porque estimulan la imaginación del estudiante y generan una vinculación entre lo observado y los aspectos teóricos. Se desarrollaron maquetas para visualizar el equilibrio externo de un sistema, la visualización de las deformaciones de un pórtico y el comportamiento de un reticulado (Figura 2.2). Indicaron que es importante poner en práctica los conocimientos teóricos que se estudian de manera teórica.

Figura 2. 2.

(a) Equilibrio externo de un sistema; (b) Deformaciones de un pórtico y (c) comportamiento de un reticulado



Nota. Fuente, (Elicabe et al. 2014).

En la asignatura de Tipologías Estructurales de la carrera de Arquitectura de la FAADU – UMSA se tiene como contenido de la asignatura los temas de análisis e investigación de tipologías estructurales alternativas y laboratorio. En dicha asignatura se elaboran maquetas para la compresión de estructuras de vector activo, en ellos pudieron ver la resistencia y eficacia de formas estructurales como el arco (Figura 2.3). La Arquitecta Yampara Blanco, docente de la asignatura, indica que, una vez que los estudiantes asimilen el contenido teórico de la categoría estructural por vector activo, luego desarrollen una práctica que consiste en elaborar, mediante una maqueta física, un diseño que este bien reforzado y que trabaje por vector activo repartiendo todas las fuerzas. En esta sesión práctica, el estudiante comprende que el refuerzo a partir de la forma triangular es básico para las estructuras articuladas enseñadas en las clases teóricas.

Figura 2. 3.

Maqueta física elaborada con barras de fideo interconectados en una estructura que trabaja por vector activo.



Nota. Fuente, FAADU-UMSA

En la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Notre Dame los estudiantes de segundo año realizan su propio modelo de sistema de armadura de puentes para ser probados como parte del curso de Principios de Ingeniería Estructural. En dicha práctica, los estudiantes

apilan libros de texto sobre sus modelos para ver si resistirá el peso (Figura 2.4). Los profesores utilizan este ejercicio para enseñar a los estudiantes sobre los esfuerzos que se desarrollan en estas maquetas.

Figura 2. 4.

Modelos físicos elaborados por los estudiantes baso el seguimiento del Dr. Fargier Gabaldon



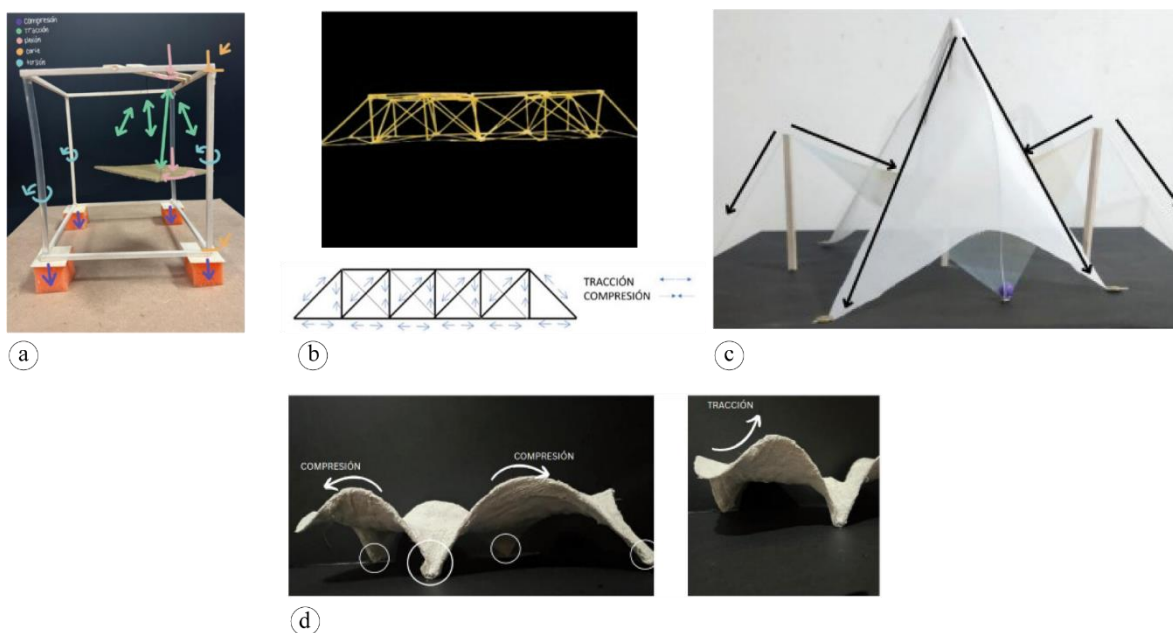
Nota. Fuente, Escuela de Arquitectura de la Universidad de Notre Dame.

En los trabajos publicados por Yalan & Arturo (2022) se realizaron experimentos a partir de las maquetas físicas de la composición de 5 tipos de esfuerzos estudiados en las clases teóricas: tracción, compresión, corte, flexión y torsión. En dicha actividad práctica, a partir de una composición tridimensional, analizaron los criterios físico-materiales y geométricos de proporción de elementos y transmisión de cargas, con ello identificaron los esfuerzos y deformaciones principales en los elementos (Figura 2.5-a). Los otros experimentos estaban referidos a las triangulaciones, en el que comprendieron que las triangulaciones son formas que otorgan estabilidad a un sistema que resista una determinada carga (Figura 2.5-b). Por otro lado, desarrollaron maquetas físicas de los sistemas en tenso estructuras, en el que comprendieron que, al tensionar una tela, esta es capaz de deformarse y acomodarse a diferentes formas (Figura 2.5-

c). Por último, desarrollaron los modelos de cáscara en la que identificaron los esfuerzos de compresión y tracción bajo un sistema de carga (Figura 2.5-d).

Figura 2. 5.

(a) Esquema de esfuerzos identificados en la configuración tridimensional; (b) Configuración elaborada a partir del ensamblaje de triángulos; (c) Modelo de tenso estructuras; (d) Modelo de cáscara en el que se identifican los esfuerzos de compresión y tracción



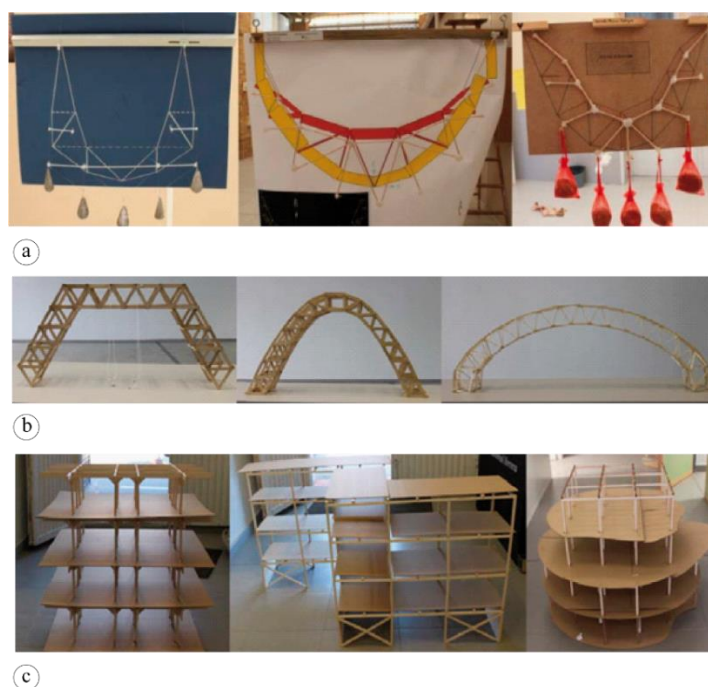
Nota. Fuente, (Yalan & Arturo, 2022).

En Albertexperiences (2016) desarrollaron la enseñanza del comportamiento estructural a través de maquetas para estudiantes de Arquitectura. Indicaron que se desarrolla una mayor motivación en aquellas asignaturas con mayor porcentaje de trabajo práctico en la carga lectiva. Con los trabajos que se desarrollaron permitieron agilizar la percepción del funcionamiento de las estructuras, adquirir la sensibilidad para adecuarse a la asignatura y despertar un interés creciente en los estudiantes. En las prácticas desarrollaron maquetas que representan las estructuras isostáticas bidimensionales como las cerchas planas bidimensionales, con el fin de que los alumnos interioricen los conceptos de tracción y compresión (Figura 2.6-a). Luego

desarrollaron maquetas de estructuras articuladas a base de palos, donde el estudiante asimilaba el comportamiento de barras (Figura 2.6-b). Finalmente desarrollaron maquetas que representan las estructuras aporticadas bajo simulación de cargas gravitacionales y fuerzas horizontales que simulan la acción del viento (Figura 2.6-c).

Figura 2. 6.

(a) Maqueta de cerchas planas bidimensionales; (b) Alternativas de estructuras articuladas para soportar una carga determinada; (c) Alternativas de estructuras aporticadas para soportar una carga determinada



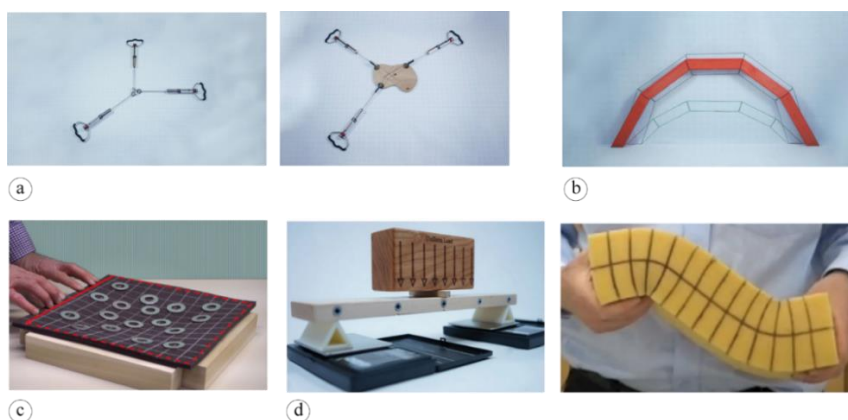
Nota, Fuente, (Albertexperiences, 2016).

En Brodland (2020) indicaron que los modelos físicos pueden mejorar sustancialmente el componente experiencial de la educación en Arquitectura, ya que les permiten sentir fuerzas y desarrollar una "intuición" para la mecánica. También proporciona una retroalimentación instantánea sobre la idoneidad y estabilidad de los sistemas. Además, proporcionan un entorno en el que los estudiantes pueden explorar relaciones geométricas y mecánicas que fortalecen su intuición sobre la mecánica. Se desarrollan diferentes modelos mecánicos para comprender el

equilibrio de un punto y el equilibrio de un cuerpo en el plano mediante el uso de resortes a escala (Figura 2.7-a). Ejecutaron también maquetas de diferentes diseños de arcos (Figura 2.7-b). Maquetas físicas que simulaban el comportamiento de placas rectangulares (Figura 2.7-c). Maquetas físicas para la compresión de las fuerzas, momentos y reacciones en vigas; flexión en vigas (Figura 2.7-d).

Figura 2. 7.

(a) Análisis mediante maqueta del equilibrio en un punto y un cuerpo plano; (b) Análisis mediante maqueta del comportamiento de un arco; (c) Análisis mediante maqueta de comportamiento de una placa plana rectangular; (d) Análisis mediante maqueta del comportamiento de una viga



Nota. Fuente, (Brodland, 2020).

Bajo estas experiencias que se vienen desarrollando en diferentes instituciones académicas, se indica que, para el desarrollo del sistema de habilidades de un estudiante, no solamente se limitan a la enseñanza teórica de una asignatura, que en principio resulta abstracta, sino que se apoyan de un recurso físico que ayuda a mejorar la comprensión de conceptos y fenómenos relacionados a la mecánica de una estructura. El hecho de hacerlo tangible un concepto abstracto permite estimular y motivar a los estudiantes a la exploración de nuevas alternativas en el campo de la Arquitectura.

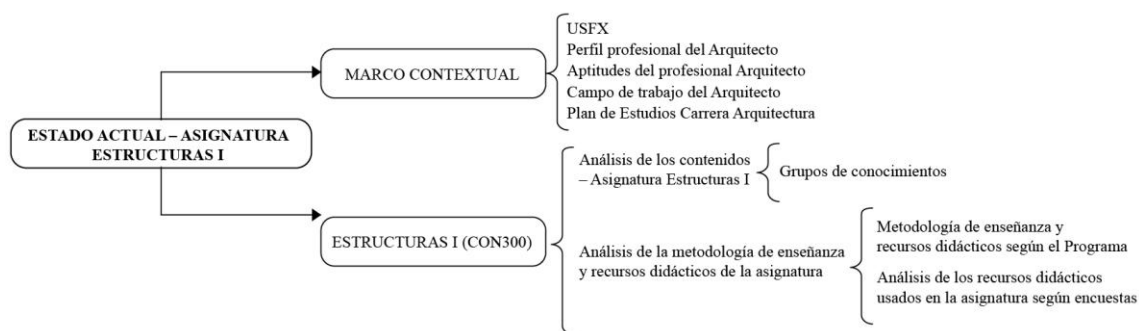
CAPÍTULO III

ESTADO ACTUAL DE LA ASIGNATURA – ESTRUCTURAS I

En este capítulo, primero se abordará el contexto del sujeto de estudio, el cual es la Asignatura de Estructuras I de la Carrera de Arquitectura de la USFX, luego, una vez que se establezca el contexto global del sujeto de estudio, se desarrollara el estado actual de la asignatura, en relación a los contenidos de la asignatura y los recursos didácticos utilizados para la enseñanza de las unidades temáticas, para ello se hace un análisis del programa actual de la asignatura de estructuras I conjuntamente con los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes (Figura 3.1).

Figura 3. 1. Desarrollo del capítulo III

Desarrollo del capítulo III



Nota. Fuente, elaboración propia.

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que fue utilizado es del tipo cualitativo, porque se efectuó en el área de la educación, es decir, que fue más descriptivo; centrándose en las interpretaciones, las experiencias y principalmente su significado. Además, que se basó en estrategias de investigación flexible e interactiva, donde los datos obtenidos de este tipo de investigación no fueron estadísticamente mesurables y fueron interpretados subjetivamente. Por otro lado, fue un

estudio transversal, donde se analizó los datos que fueron recopilados en un periodo de tiempo y sobre una población muestra predefinido.

También se utilizó la investigación del tipo aplicada, ya que centra el estudio en una asignatura específica dentro de la carrera de Arquitectura de la USFX; no experimental, debido a que no se manipulan las variables; descriptivo, porque comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual del objeto de estudio; e investigación documental, ya que se basó el análisis a través de libros, revistas científicas, trabajos en otras universidades y páginas web.

3.2. Marco contextual

3.2.1. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca y carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat

La Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca (USFX) es una universidad pública situada en la ciudad de Sucre, capital constitucional de Bolivia. Esta universidad, una de las más antiguas de América, fue fundada un 27 de marzo de 1624 (Rediseño curricular, 2015). La USFX tiene como misión formar profesionales idóneos, competitivos y éticos, con la capacidad de realizar investigaciones en diferentes campos de la realidad. Actualmente cuenta con 15 facultades y ofrece programas de pregrado y posgrado en diversas asignaturas (UC Unicarrera, 2024).

La carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat tiene como misión la formación de profesionales en Arquitectura y Ciencias del Hábitat relacionadas con el diseño del entorno edificado, cuyo proceso integre la necesidad humana de habitar dignamente; buscando que la proyección proyectual e intelectual de los futuros profesionales

permitan el diseño y materialización de objetos, espacios y formas habitables apropiadas. Por otro lado, su visión está orientada a proponer, a través de la formación integral, una cultura de sustentabilidad del hábitat en directa relación con los sectores de la población (Rediseño curricular, 2015). Y su objetivo según Arquitectura - USFX (2024) es el de:

Formar profesionales con habilidades, conocimientos y valores en diseño, planificación, construcción y gestión, a través de conocimientos metodológicos, teóricos, funcionales, espaciales, formales, tecnológicos y axiológicos, tomando como aspecto determinante la estética y la creatividad, que le permitan proponer soluciones a espacios destinados al hábitat, con el propósito de aportar en la mejora de las condiciones de habitabilidad de la sociedad, desde un enfoque de responsabilidad ética y humanismo. (párr. 3)

3.1.2. Perfil profesional del arquitecto de la USFX

El profesional arquitecto:

Deberá tener la capacidad para diseñar, refuncionalizar, remodelar, planificar, conocer sistemas constructivos, dirigir, supervisar, administrar, gestionar proyectos con diferentes niveles de complejidad con amplio grado de conocimiento científico, tecnológico y artísticos; creativos, competitivos e innovadores en sus respuestas de espacios y de demanda del medio social, diseñador de soluciones eficientes y estéticas a los problemas espaciales y de desarrollo social, teniendo en cuenta el medio social, cultural y patrimonial para la consolidación del entorno habitable. (Rediseño curricular, 2015, p. 43)

3.1.3. Aptitudes requeridas del profesional del arquitecto de la USFX

Según Arquitectura - USFX (2024) el plan de estudios de Arquitectura está estructurado por cuatro departamentos y doce disciplinas de conocimiento:

- **Departamento de Ciencias Sociales:** Actitud crítica y capacidad de síntesis para asimilar los procesos de conformación del Hábitat humano con una perspectiva histórica, expresada en el producto urbano y arquitectónico; así como de la teoría de la Arquitectura desarrollada.
- **Departamento de Ciencias Tecnología e Innovación:** Comprensión de los materiales y sistemas para la construcción de todos los elementos de los edificios arquitectónicos incluyendo su valoración económica.
- **Departamento de Ciencias del Diseño:** La práctica creativa de proyectos, como síntesis de todos los conocimientos y destrezas adquiridas en las otras áreas del conocimiento.
- **Departamento de Ciencias de la Planificación y Medio Ambiente:** Conocimiento de niveles de planificación macro y conciencia ambiental.

3.1.4. Área de acción y campo de trabajo del profesional del arquitecto de la USFX

Según Arquitectura - USFX (2024) las áreas de acción son: Diseño Arquitectónico, Diseño Urbano, Planificación Territorial y Construcción de Edificios. Y el campo de trabajo: programador y proyectista de planes territoriales, urbanos y de proyectos arquitectónicos de edificios de toda índole; ejecutivo de empresas de construcción y otras de atención a la problemática del Hábitat.

3.1.5. Plan de estudios de carrera de arquitectura de la USFX

En el Rediseño curricular (2015) el plan de estudios de la carrera se basó en las exigencias del mercado ocupacional y las características del contexto, lo materiales y las tecnologías actuales posibles de obtener. Asimismo, los conocimientos y habilidades obtenidas se basan según el siguiente plan de estudios, el cual está distribuido en 10 semestres académicos, donde 47 asignaturas son impartidas (Tabla 3.1)

Tabla 3. 1.

Plan de estudios de la carrera de Arquitectura de la USFX

Curso - Semestre	Asignaturas
1	Dibujo I para Arquitectura (ARM100), Geometría Descriptiva para Arquitectura (ARM200), Historia I (ARQ100), Taller I (ARQ200), y Razonamiento Matemático Físico I (RAM100).
2	Dibujo II para Arquitectura (ARM101), Historia II (ARQ101), Taller II (ARQ201), Construcciones I (CON200) y Topografía (TOP100).
3	Historia III (ARQ102), Taller III (ARQ202), Teoría I (ARQ300), Construcciones II (CON201) y Estructuras I (CON300) .
4	Taller IV (ARQ203), Teoría II (ARQ301), Construcciones III (CON202), Estructuras II (CON301) y Dibujo Asistido por Computadora I (DAC100).
5	Taller V (ARQ204), Teoría III (ARQ302), Construcciones IV (CON203), Estructuras III (CON302) y Urbanismo I (URB100).
6	Taller VI (ARQ205), Instalaciones I (CON100), Construcciones V (CON204), Estructuras IV (CON303) y Urbanismo II (URB101).
7	Taller VII (ARQ206), Instalaciones II (CON101), Construcciones VI (CON205), Medio Ambiente y Paisajismo I (MAP100) y Urbanismo III (URB102).
8	Taller VIII (ARQ207), Diseño Experimental (ARQ210), Metodología de la Investigación (ARQ390), Medio Ambiente y Paisajismo II (MAP101), Marketing y Gestión Empresarial (MGE100), Patrimonio Edificado I (PED100), Patrimonio Edificado

II (PED101), Planificación y Ordenamiento Territorial I (POT100), Práctica Profesional Asistida (PPA100) y Urbanismo IV (URB103).	
9	Modalidad de Graduación I (ARQ399).
10	Modalidad de Graduación II (ARQ400).

Nota. Fuente, Rediseño curricular (2015).

Se aprecia que la carrera de Arquitectura tiene entre sus contenidos uno relacionado a las ciencias tecnológicas, sustentado bajo las asignaturas referidos a los procesos constructivos y el cálculo básico de las estructuras: de manera que, las ciencias de la construcción son esenciales para el desarrollo del perfil profesional del arquitecto, el cual complementa las áreas de diseño, medio ambiente y sociales que se llevan en la carrera. Por otro lado, dentro de las áreas de las ciencias tecnológicas se encuentra la asignatura de Estructuras I, que es la base para el desarrollo de los conocimientos de otras asignaturas relacionadas a las ciencias de la construcción que se imparte en la carrera.

A continuación, se hace una descripción de la asignatura de Estructuras I para establecer cuáles son los objetivos de la asignatura; las unidades temáticas, los cuales se agruparán en grupos de conocimiento; y los recursos didácticos planteados en el plan de la asignatura y los usados actualmente de acuerdo a los resultados de la encuesta.

3.3. Asignatura de Estructuras I (CON300)

3.3.1. Descripción de la asignatura

La asignatura de Estructuras I (CON300) se desarrolla en el tercer semestre (Ciclo formativo de formación básica específica) una vez adquirido los conocimientos básicos desarrollados en la asignatura de Razonamiento Matemático Físico, en el que se dan los tópicos

de Geometría Analítica Plana, temas de Física como cantidades físicas y vectores, equilibrio de una partícula y momento de una fuerza. La asignatura se encuentra dentro del Departamento de Ciencias Tecnología e Innovación, Disciplina de Estructuras, los cuales proporcionan criterios estructurales que son aplicados en los proyectos arquitectónicos, de tal manera que enlazan la concepción arquitectónica con la solución estructural (Rediseño curricular, 2015).

Según el Programa de la asignatura de estructuras I (2016) la materia permite consolidar los temas relacionados al comportamiento de los elementos estructurales y los materiales que forman parte de una edificación, en aras de establecer las bases del análisis de estructuras en el plano. En tal sentido, describe y desarrolla los principios básicos y elementales de la estática de cuerpos en dos dimensiones (en el plano), la resistencia de materiales y la teoría básica de estructuras, cuyos contenidos forma parte de la ciencia de las estructuras.

Los contenidos de la asignatura proporcionan al estudiante los temas teóricos sobre las fuerzas, esfuerzos y equilibrio de una estructura, que son la base fundamental para la comprensión de los contenidos de las asignaturas de Estructuras II, III y IV; algunos contenidos en la materia de Construcciones I, II, III; y finalmente para la configuración del sistema estructural de edificaciones en las materias de Talleres de Arquitectura.

3.3.2. Objetivos de la asignatura

El Programa de la asignatura de estructuras I (2016) menciona como objetivos principales de: conocer los sistemas estructurales elementales planos para el manejo de fuerzas, provocadas por acciones externas; desarrollar conocimientos y habilidades teórico - práctico en los estudiantes sobre los sistemas estructurales elementales planos y desarrollar conocimientos y habilidades acerca de la acción de fuerzas externas, fuerzas internas (esfuerzos) generadas y las

deformaciones ocasionadas por estas, en estructuras elementales planas, identificando el comportamiento que tienen los materiales.

3.3.3. Contenidos de la asignatura

De acuerdo al Programa de la asignatura de estructuras I (2016) en la materia se abordan nueve unidades temáticas (Tabla 3.2).

Tabla 3. 2.

Unidades temáticas desarrolladas en la asignatura de Estructuras I

Nº	Tema	Objetivo del tema	Sistema de conocimientos	Sistema de habilidades
1	INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LAS ESTRUCTURAS	Comunicar claramente los tipos de estructuras y su funcionamiento.	- Conoce los tipos básicos de estructuras.	- Utiliza e identifica correctamente los tipos de estructuras.
			- Analiza las diferentes estructuras y su funcionamiento.	- Utiliza los materiales de manera adecuada en el diseño arquitectónico.
			- Conoce los diferentes materiales que forman una estructura.	
2	ESTABILIDAD Y DETERMINACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	Conocer las condiciones de equilibrio para la determinación de las estructuras.	- Conoce las condiciones de equilibrio de una partícula.	- Utiliza e identifica correctamente las ecuaciones que condicionan el equilibrio de una partícula y de cuerpo rígido.
			- Conoce las condiciones de equilibrio del cuerpo.	
			- Analiza los diferentes casos de equilibrio de una estructura.	
3	LA ESTRUCTURA COMO ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	Conocer cómo funciona una estructura dentro del diseño arquitectónico.	- Conoce los tipos básicos de estructuras.	- Utiliza e identifica correctamente la función de una estructura.
			- Analiza las diferentes estructuras y su función dentro del diseño arquitectónico.	- Analiza la estructura desde el punto de vista arquitectónico.

4	SISTEMA ESTRUCTURAL	Conocer y diferencias los sistemas estructurales.	- Conoce los tipos de sistemas estructurales según la clasificación Heino Engel. - Conoce la importancia de la estructura en los sistemas estructurales.	- Utiliza e identifica correctamente la clasificación de Engel. - Utiliza de mejor forma las estructuras con base a la clasificación de Engel.
5	FUERZAS INTERNAS EN ESTRUCTURAS DE RETICULADO Y DE ALMA LLENA.	Identificar las premisas de diseño y estructurar el partido arquitectónico.	- Conocer las fuerzas internas que actúan en reticulados. - Conocer las fuerzas internas que actúan en elementos de alma llena como ser las vigas isostáticas. - Diferenciar las fuerzas internas en reticulados con las de alma llena. - Conocer los diferentes diagramas de fuerzas internas.	- Utiliza e identifica correctamente las fuerzas internas en reticulados como en elementos de alma llena. - Realiza diagramas de las fuerzas internas que actúan en los elementos de alma llena.
6	MOMENTO DE INERCIA, CENTROIDE Y MOMENTO DE INERCIA DE UN ÁREA.	Conocer las propiedades geométricas de las secciones transversales de los elementos.	- Conoce los centroides de gravedad de las secciones transversales. - Analiza los momentos de inercia de secciones conocidas.	- Utiliza e identifica correctamente las ecuaciones para la determinación de las propiedades geométricas de las secciones transversales de los elementos estructurales.
7	OBJETIVOS Y PROPIEDADES DE RESISTENCIA DE MATERIALES	Mostrar la importancia de la asignatura en la formación Arquitecto.	- Conoce y diferencia las hipótesis en que se basa la resistencia de materiales, como parte de un elemento estructural. - Analiza las diferentes estructuras y su funcionamiento.	- Utiliza adecuadamente las hipótesis de la mecánica de materiales para la resolución de problemas.
8	TRACCIÓN Y COMPRESIÓN	Analizar y dimensionar elementos estructurales que se encuentre sometidos a esfuerzos axiales.	- Conoce las diferentes bases teóricas por la aplicación de cargas axiales sobre elementos estructurales. - Analiza los efectos que causa en los elementos estructurales la aplicación de cargas axiales.	- Utiliza correctamente las ecuaciones para un elemento que está sometido a efectos de cargas axiales para un diseño adecuado del elemento.

9	ESFUERZOS EN VIGAS	Analizar y diseñar la	- Conoce el comportamiento de las vigas e identifica la diferencia entre esfuerzos normales y cortantes.	- Aplica las ecuaciones necesarias para
		sección transversal de vigas considerando los esfuerzos actuantes.		determinar el esfuerzo normal y cortante en vigas y diseñar estos elementos.

Nota. Fuente, Programa de la asignatura de estructuras I (2016).

3.4. Análisis de los contenidos de la asignatura de Estructuras I

Según el Rediseño curricular (2015), inicialmente el estudiante, en los dos primeros semestres, cursa un ciclo instructivo de formación básica, en el que desarrolla los conocimientos y bases conceptuales de los componentes de la arquitectura y; por tanto, se propone, una visión global del proceso. Posteriormente se desarrolla el ciclo formativo de formación básica específica, en el que se aborda la resolución de problemas de niveles graduales de complejidad. En este ciclo se tratan temas de construcción, el cual es un aspecto técnico que pone limitaciones, es decir, se considera en esta parte un elemento que toda construcción debe respetar: y es la ley de la gravedad. Por lo tanto, los estudiantes de arquitectura deben conocer los principios básicos de diseño, por métodos que van desde la pura intuición hasta un determinado grado de profundidad en los problemas propios de cálculo de estructuras, sin buscar soluciones numéricas a problemas muy particulares (Borobio y Pellicer, 2008).

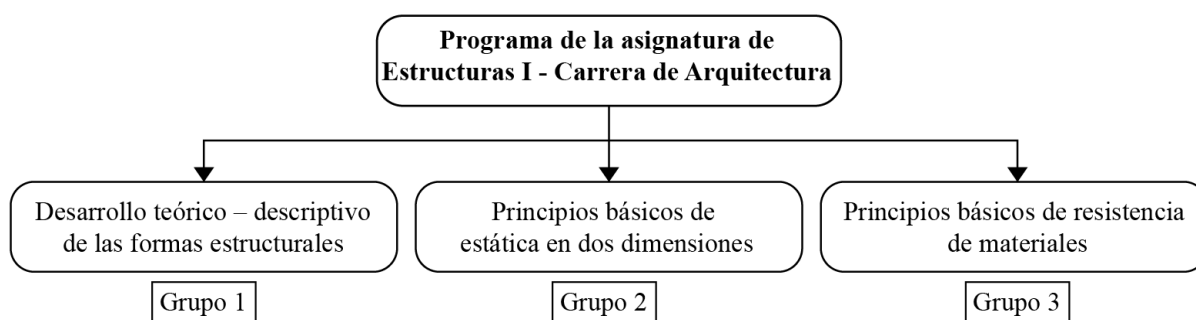
Debido a que el estudiante de arquitectura se enfrenta por primera vez al comportamiento de las estructuras, los temas que se desarrollan en la asignatura se los estructuró en tres grupos de conocimientos:

- **Grupo 1: Desarrollo teórico – descriptivo de las formas estructurales**, los cuales incluyen los temas de introducción a la teoría de estructuras, la estructura como elemento arquitectónico y los sistemas estructurales según la clasificación de Heino Engel.

- **Grupo 2: Principios básicos de estática en dos dimensiones**, los cuales incluyen los temas la estabilidad y determinación de las estructuras, fuerzas internas en estructuras de reticulado y de alma llena y momentos de inercia y centroide de un área.
- **Grupo 3: Principios básicos de resistencia de materiales**, los cuales incluyen los temas de objetivos y propiedades de la resistencia de materiales, tracción y compresión y esfuerzos en vigas.

Figura 3. 2.

Grupos de conocimiento de la asignatura de Estructuras I



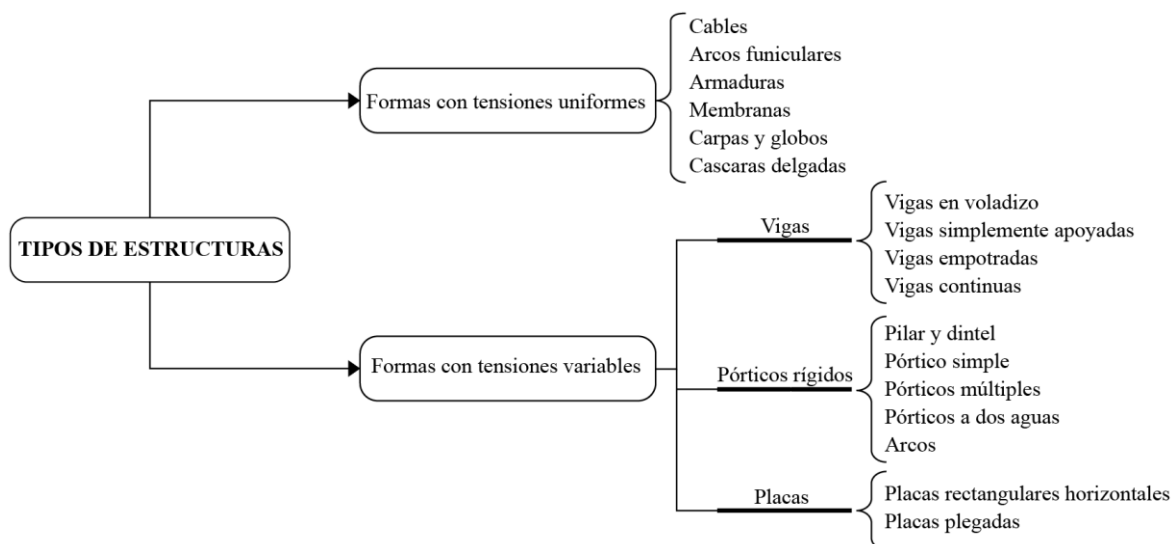
Nota. Fuente, elaboración propia.

Grupo 1: Desarrollo teórico – descriptivo de las formas estructurales

En una primera sección del grupo 1, el sistema de conocimientos que se desarrollan están orientados al desarrollo de los conceptos básicos de la finalidad de las estructuras, los tipos de cargas que actúan sobre las estructuras y los materiales usados en las estructuras. En la segunda sección se describen los diferentes tipos de estructuras, que serán la base para la elección de la forma estructural dentro de los proyectos arquitectónicos. Se hace una descripción de su comportamiento elemental de las formas con tensiones uniformes, los cuales son los cables, arcos funiculares, armaduras, membranas, carpas y globos y cascaras delgadas; las formas con tensiones variables, los cuales son las vigas, pórticos rígidos y placas (Figura 3.3).

Figura 3. 3.

Contenido teórico de los tipos estructurales.



Nota. Fuente, elaboración propia.

Finalmente, la en la tercera sección, el sistema de conocimientos estará orientado a la clasificación de las estructuras según Heino Engel, los cuales son los sistemas de estructuras de forma activa, de vector activo, de sección activa, de superficie activa y de altura activa.

3.4.2. Grupo 2: Principios básicos de estática en dos dimensiones

En la primera sección de este grupo se desarrolla los sistemas de conocimientos orientados a describir y analizar las ecuaciones de equilibrio de un sistema de fuerzas coplanarias, las reacciones en los apoyos, la estabilidad y grado de determinación de una estructura con respecto a los apoyos. En esta sección el estudiante comprende el concepto de fuerza, fuerza resultante, determinación de la fuerza resultante por el método del paralelogramo y método de componentes rectangulares. Luego de ello se aborda el equilibrio de una partícula, determinación de diagrama de partícula libre; equilibrio de un cuerpo rígido, el concepto de momento de una fuerza y la determinación de la resultante de una carga distribuida.

Una vez adquirido estos conceptos y cálculos básicos, el subsiguiente sistema de conocimientos está orientado a desarrollar los cálculos de las armaduras. En esta segunda sección se desarrolla los componentes de una armadura plana; el concepto de fuerzas internas que se desarrollan en las piezas; los métodos de cálculo de las fuerzas internas: método de los nudos y método de las secciones.

En la tercera sección de este grupo se abordan los principios y cálculos básicos de las fuerzas internas en elementos horizontales o vigas. Se describen los tipos de fuerzas que actúan en las secciones de estas barras prismáticas y su determinación por el método de las secciones.

En la última sección el sistema de conocimientos se desarrollan los cálculos básicos para la determinación de los centroides de gravedad de líneas y áreas regulares.

3.4.3. Grupo 3: Principios básicos de resistencia de materiales

En este grupo se aborda como sistema de conocimientos la definición de resistencia de materiales y las hipótesis básicas en el que se basa la resistencia de materiales, la descripción teórica de los esfuerzos elementales de las barras prismáticas de sección transversal: tensión, compresión, flexión, cortante y torsión. En la segunda sección se desarrollan los cálculos elementales de los esfuerzos de tracción, compresión y flexión.

Habiendo desarrollado y clasificado los grupos de conocimiento desarrollados en la asignatura, a continuación, se realiza el análisis de la metodología de enseñanza y recursos didácticos.

3.5. Análisis de la metodología de enseñanza y recursos didácticos de la asignatura

3.5.1. Metodología de enseñanza y recursos didácticos según el Programa

En el Programa de la asignatura de estructuras I (2016) establece que se deben promover la construcción del conocimiento por parte del estudiante, en el que inicialmente las actividades de enseñanza recaen en el docente y posteriormente los estudiantes son los que asumen la construcción del conocimiento. También describe que entre los métodos usados en clase son el explicativo, en el que se aborda los contenidos usando como recurso el pizarrón; el problémico, en el que se desarrollan los ejercicios prácticos de las unidades temáticas; y el de elaboración, en el que es estudiante resuelve los problemas o ejercicios planteados por el docente.

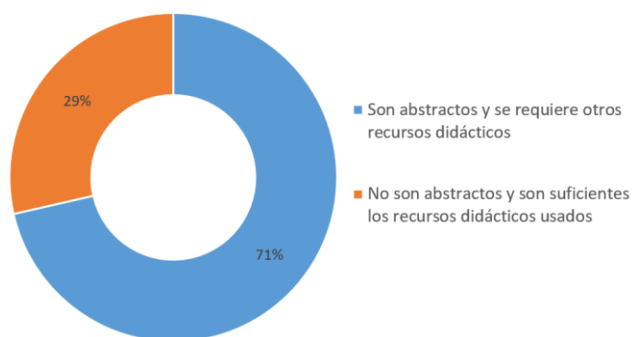
Asimismo, según el Programa de la asignatura de estructuras I (2016) en el desarrollo de la asignatura se abordan clases prácticas, laboratorio, clases didácticas y auto-preparación. Y los medios de enseñanza utilizados están dirigidos a dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, de manera que los recursos didácticos usados en la asignatura son los gráficos, artículos científicos, libros y plataformas virtuales.

3.5.2. Análisis de los recursos didácticos usados en la asignatura según encuestas

Los enunciados ut supra son un planteamiento teórico del desarrollo de la asignatura, ahora para realizar un contraste según lo señalado líneas arriba y considerando que el trabajo tiene como objetivo el de analizar la factibilidad de la maqueta física como recurso didáctico en la asignatura; se realizaron entrevistas a los estudiantes, con el fin de obtener información sobre la condición actual de los recursos didácticos usados en la asignatura de Estructuras I.

El cuestionario fue realizado en formato físico a 14 estudiantes de diferentes semestres de la gestión 2024. A continuación, se exponen los resultados de la entrevista realizada:

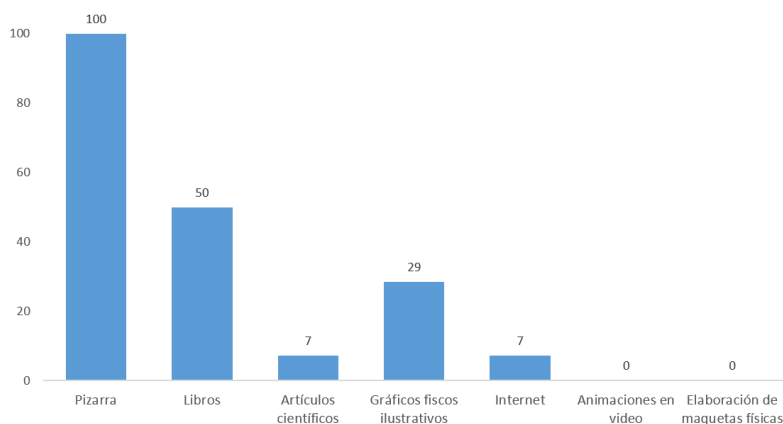
Pregunta 1: Al cursar por primera vez la asignatura de Estructuras I, ¿cree usted que sus contenidos teóricos son abstractos y se requiere del apoyo de otros recursos didácticos?

Figura 3. 4.*Pregunta 1*

Nota. Fuente, elaboración propia.

La gran mayoría de los estudiantes encuestados, consideran que los contenidos que se llevan en la asignatura son abstractos, principalmente por que cursan por primera vez una asignatura relacionado a las ciencias de las estructuras con un abordaje teórico importante. Asimismo, indican que se debería reforzar la enseñanza con otros recursos didácticos.

Pregunta 2: Marque en las casillas de verificación cuales son los recursos didácticos que usó el docente para la enseñanza de la asignatura de Estructuras I.

Figura 3. 5.*Pregunta 2*

Nota. Fuente, elaboración propia.

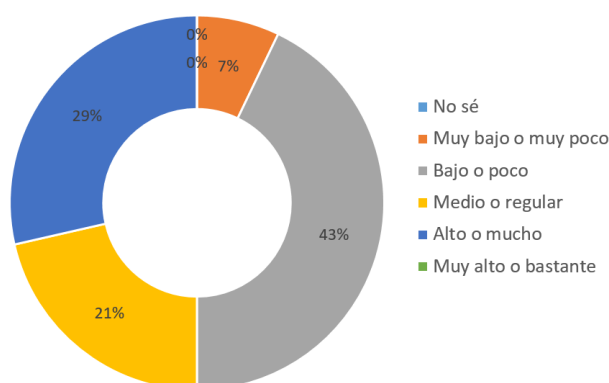
Se observa que el principal recurso que usa el docente para ilustrar los contenidos y la resolución de ejercicios es la pizarra. Asimismo, en un 50 %, se utiliza como recurso didáctico los libros, con el fin de reforzar los conocimientos y resolver los ejercicios planteados. Pero no ocurre lo mismo con los artículos científicos, que son poco utilizados, de tal manera que se desarrolla solo la ciencia normal.

Se aprecia que el docente utiliza laminas ilustrativas y el internet para explicar los contenidos teóricos. Por último, no se utilizan las animaciones en video o maquetas físicas para explicar las unidades temáticas.

Pregunta 3: ¿En qué medida considera que los recursos didácticos usados actualmente por el docente en la asignatura de Estructuras I son suficiente para que haya comprendido el comportamiento básico de las estructuras?

Figura 3. 6.

Pregunta 3



Nota. Fuente, elaboración propia.

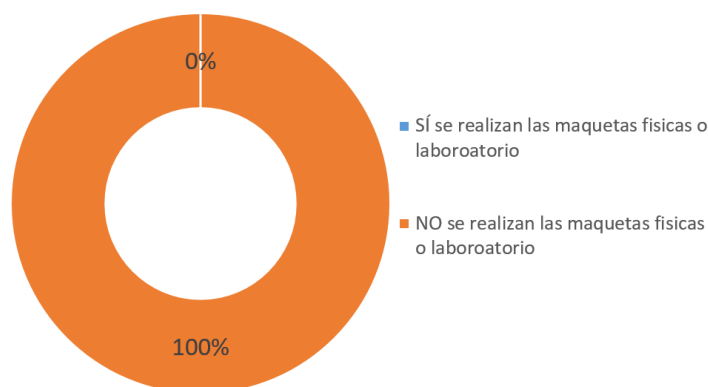
Los recursos didácticos como la pizarra, libros, internet, artículos y gráficos, en relación a si son suficientes para la comprensión de los contenidos teóricos, indican que son muy bajos en un 7 %, bajos en un 43 % y regulares en un 21 %. Esto demuestra que no son suficientes para la

compresión satisfactoria de las unidades temáticas. Pero, hay un 21 % que indican que son suficientes.

Pregunta 4: ¿En la asignatura de Estructuras I se realizan algunas prácticas como la construcción de maquetas físicas o laboratorios para el entendimiento del comportamiento de las estructuras?

Figura 3. 7.

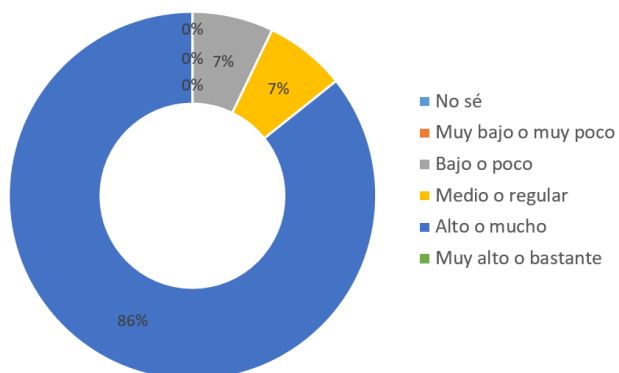
Pregunta 4



Nota. Fuente, elaboración propia.

El total de los encuestados indican que no se utilizan las maquetas físicas o prácticas de laboratorio para el abordaje y sustento de los conceptos teóricos. De manera que, según la encuesta, no se cumple en su totalidad el desarrollo de la asignatura planteado en el programa de la asignatura, por lo que solo se abordan clases prácticas y no de laboratorio.

Pregunta 5: ¿En qué medida cree que la elaboración de una maqueta física ayuda a comprender algunos principios y conceptos básicos llevados en la asignatura de Estructuras I?

Figura 3. 8.*Pregunta 5*

Nota. Fuente, elaboración propia.

El 86 % indica que una maqueta física ayudaría a entender los principios teóricos básicos de las estructuras desarrolladas en la asignatura. También, debido a que los estudiantes de Arquitectura están familiarizados a desarrollar maquetas físicas para el desarrollo de sus proyectos.

Se puede apreciar, según los resultados de la encuesta, que la enseñanza se limita al abordaje de clases basados en la enseñanza tradicional, lo cual resulta abstracto para los estudiantes de Arquitectura y que se limitan los docentes al uso de recursos didácticos como la pizarra y libros. Por otro lado, indican que sería beneficioso el uso de la maqueta física para el entendimiento de las clases teóricas.

CAPÍTULO IV

LA MAQUETA FÍSICA COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LA CURRÍCULA DE LA ASIGNATURA DE ESTRUCTURAS I

Uno de los aspectos que se deben tomar en cuenta en la enseñanza de las estructuras en los estudiantes de Arquitectura es la concepción del carácter arquitectónico; es decir que, de acuerdo a la idea general o volumetría del proyecto, se debe definir el tipo y la forma de las estructuras. Para ello se debe motivar en los estudiantes que desarrollen la interpretación de la forma estructural concebida o imaginada en los proyectos arquitectónicos realizados en los Talleres de Arquitectura.

En este caso, no basta un método tradicional basados en la consideración analítica y abstracta de los temas que se abordan en la asignatura de Estructuras I, por lo que se debe considerar que la mentalidad de los estudiantes de la carrera de Arquitectura está orientada, principalmente, hacia la visualización concreta y la síntesis; además que en el desarrollo de sus proyectos o diseños realizados en los Talleres de Arquitectura, el estudiante busca un sendero para encontrar la forma estructural que mejor responda a la idea plasmada en su proyecto.

Por otro lado, la asignatura de Estructuras I es un área de las ciencias de la construcción que cursa por primera vez los estudiantes de la carrera, de tal forma que los recursos didácticos y metodologías a usar deben orientarse al desarrollo de las habilidades para abordar los conocimientos. Para ello es importante introducir conceptos con un lenguaje sencillo, claro, que sin perder la rigurosidad científica (Simonetti et al., 2004). También que es menester partir de lo concreto para llegar a la abstracción generalizadora. Es inútil repetir el largo proceso deductivo que el investigador realizó para llegar a descubrir alguna forma de manejar un problema, solo es

necesario mostrar la relación entre el hecho físico y la solución propuesta. (Reboredo, s.f. en Simonetti et al., 2004).

Bajo estos lineamientos y el abordaje teórico – analítico que se realizó los capítulos anteriores, se realizará el análisis de la factibilidad de la incorporación de la maqueta física, como recurso didáctico, dentro del programa de la asignatura de Estructuras I de la carrera de Arquitectura. Para ello, se verá la posibilidad de la incorporación de un grupo de conocimiento complementario, para ver posteriormente que maquetas físicas se podrían incursionar según el contenido programático.

4.1. Grupo de conocimiento – Laboratorio práctico

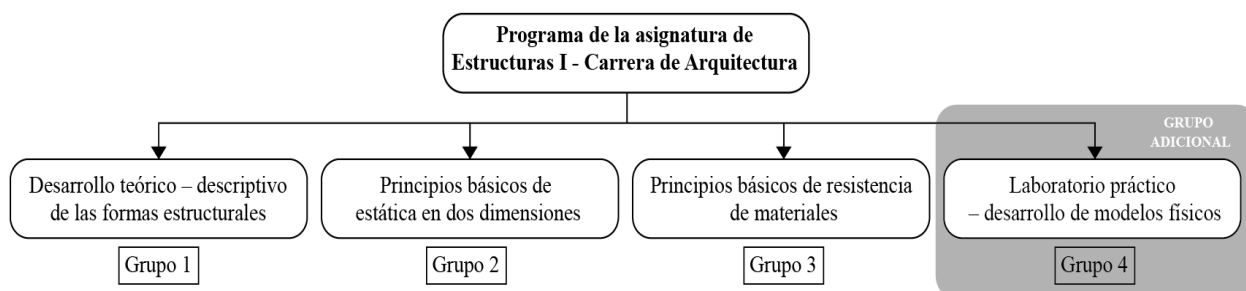
En el anterior capítulo se discretizó el programa de la asignatura de Estructura I en tres grupos de conocimiento: el grupo 1 correspondiente al desarrollo teórico – descriptivo de las formas estructurales; el grupo 2 en el que se abordan los principios básicos de la estática en el plano; y el grupo 3, en el que se desarrollan los principios elementales de la resistencia de materiales.

En estos tres grupos de conocimiento, de acuerdo al programa de la asignatura y bajo resultados de las encuestas, solo se abordan los elementos teóricos - abstractos dentro de la asignatura; ahora para una comprensión más objetiva del comportamiento estructural se podría incursionar, al final de los grupos, un cuarto grupo de conocimiento: el cual sería un laboratorio práctico – desarrollo de modelos físicos o maquetas (Figura 4.1). Es decir que una vez que el estudiante adquiera los principios y conocimientos teóricos básicos que se desarrollan en la asignatura, el estudiante pueda desarrollar y comprender de manera práctica y objetiva, a través

de modelos físicos o maquetas, los conceptos relacionados al comportamiento de la mecánica estructural.

Figura 4. 1.

Grupo de conocimientos adicional: desarrollo de modelos físicos



Nota. Fuente, elaboración propia.

4.2. Modelos físicos para la sustentación de los conocimientos

¿Ahora qué modelos físicos o maquetas físicas sustentaran los conocimientos teóricos adquiridos en los tres primeros grupos?

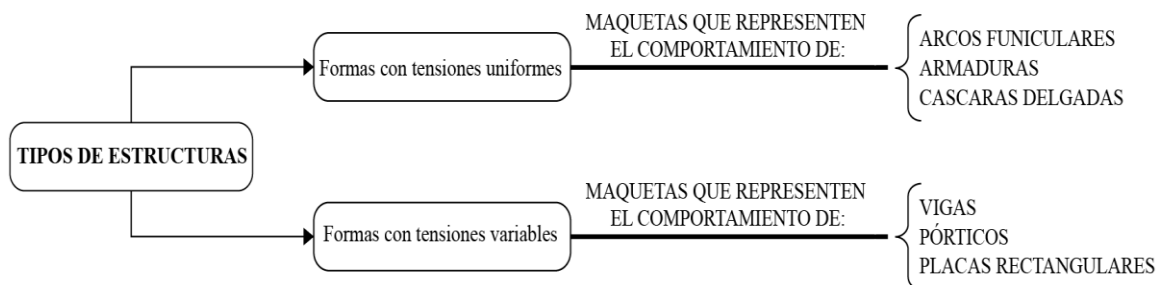
Bajo los contenidos establecidos en los tres primeros grupos, bajo la pertinencia basada en las encuestas y la posibilidad de ser realizables un modelo físico, se realizará un análisis de la incorporación de la realización de modelos físicos para el aprendizaje del comportamiento de una estructura. Para ello se hará una descripción y análisis, basado en el contenido de cada grupo de conocimiento, de la posibilidad de incorporar el recurso didáctico basado en una maqueta física.

En la segunda sección del grupo 1 se hace un tratamiento de los tipos de estructuras, que en su división están las formas con tensiones uniformes y las formas con tensiones variables. En la sección que trata de las formas con tensiones uniformes en toda su sección, se podría elaborar modelos físicos que representen el comportamiento de arcos funiculares, armaduras, y cascaras

delgadas (Figura 4.2). En la sección de formas con tensión variables, se pueden desarrollar modelos físicos del comportamiento de vigas bajo diferentes apoyos, pórticos rígidos y placas (Figura 4.2).

Figura 4. 2.

Maquetas físicas que representen el comportamiento de los tipos estructurales

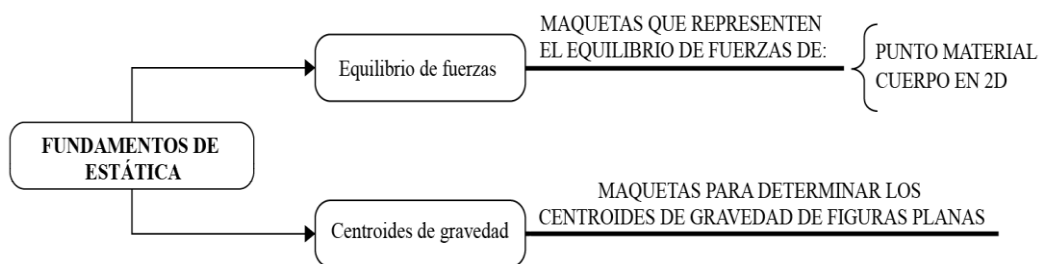


Nota. Fuente, elaboración propia.

En la segunda sección del grupo 2 se desarrolla el equilibrio de una partícula y equilibrio de un cuerpo rígido, para su sustento se podría elaborar maquetas físicas que representen el equilibrio de fuerzas de un punto material y un cuerpo en dos dimensiones, y finalmente determinación de los centros de gravedad de figuras planas (Figura 4.3).

Figura 4. 3.

Maquetas físicas que representen los fundamentos de Estática en 2D



Nota. Fuente, elaboración propia.

Finalmente, en el grupo correspondiente a los principios básicos de resistencia de materiales, se podría elaborar maquetas físicas que representen el comportamiento de flexión y cortante en vigas prismáticas (Figura 4.4).

Figura 4. 4.

Maquetas físicas que representen el comportamiento de flexión y cortante en vigas prismáticas



Nota. Fuente, elaboración propia.

¿Qué se puede enseñar con cada modelo físico?

A continuación, se estudiaría el comportamiento de algunas estructuras desarrolladas en la asignatura de Estructuras I mediante un modelo físico o maqueta física como recurso didáctico.

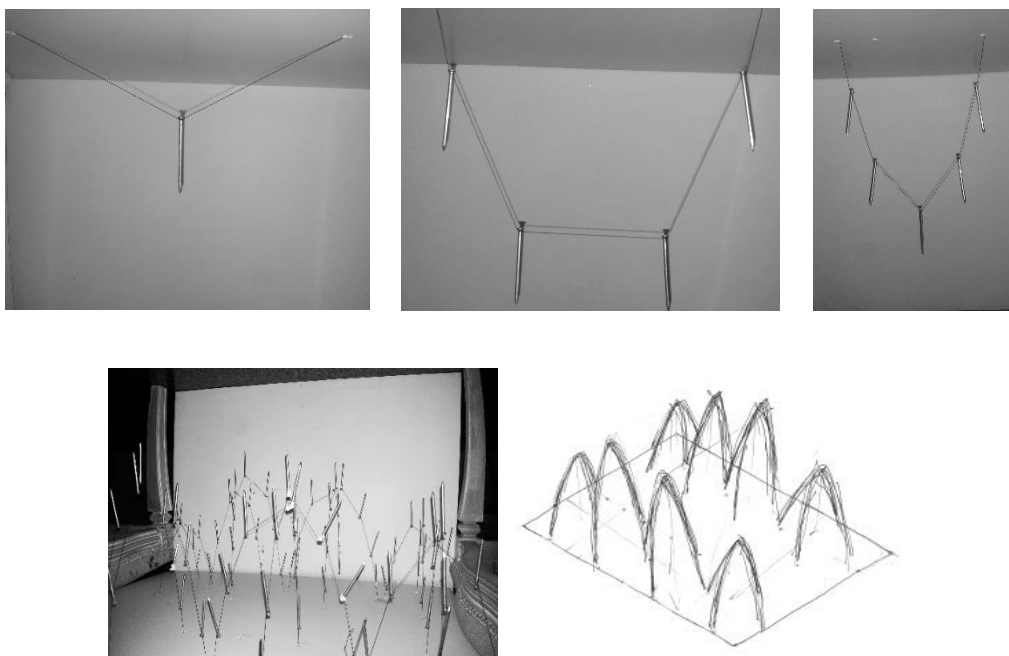
4.2.1. Comportamiento de Arcos funiculares

Según Salvadori & Heller (1998), si al invertir la forma catenaria que toma un cable sobre el cual actúan cargas puntuales se obtiene una forma denominada arco funicular, en esta forma ideal de arco sometido a estas cargas puntuales se desarrolla solo tensiones de compresión.

Para la elaboración del modelo, el estudiante podrá hacer uso de cordeles fijos en dos puntos permitiendo su arqueamiento, después colocar las cargas puntuales hasta conseguir la forma deseada, y finalmente invertir la curva. Posteriormente con estas formas de los arcos funiculares se experimentaría en las otras direcciones y con ello formaría la maqueta de análisis (Figura 4.5).

Figura 4. 5.

Generación del arco funicular en función del número de cargas sobre el cable



Nota. Fuente, Iniasta (2015).

El estudiante podrá comprender que bajo este sistema funicular se puede darle la forma más óptima posible a la estructura, que en un inicio trabaja exclusivamente a tracción por las fuerzas de gravedad, y al invertirse se convierten en estructuras que trabajan únicamente a compresión.

4.2.2. Comportamiento de Armaduras – Sistemas de vector activo

En este trabajo el estudiante asimilaría que la aplicación de elementos cortos, sólidos y rectos, los cuales son piezas lineales o componentes estructurales, que, debido a su reducida sección en relación con su longitud, solamente pueden ser comprimidas o extendidas. Asimismo, ensambladas triangularmente, el estudiante entendería que forman una composición estable y completa en sí misma (Engel, 2003). En esta práctica, el estudiante utilizaría las triangulaciones

en su sistema con el fin de otorgar estabilidad a un conjunto sometido a una determinada carga, para ello se podría analizar las estructuras más eficientes posibles construidas a partir de barras y pegamento (Figura 4.6).

Figura 4. 6.

Sistemas contruidos a base de elementos esbeltos



Nota. Fuente, Albertexperiences (2016).

4.2.3. Comportamiento de Cascaras delgadas

En este trabajo el estudiante comprendería que las estructuras pueden ser resistentes a partir de la forma que se le otorga (estructuras resistentes por forma). Vería que estas estructuras, con un espesor relativamente delgado, puedan resistir cargas por compresión, corte y tracción. También asimilaría que estas estructuras delgadas deben su eficiencia estructural debido a la curvatura y alabeo en su superficie (Salvadori & Heller, 1998).

Figura 4. 7.

Generación de una superficie curva



Nota. Fuente, Yalan & Arturo (2022).

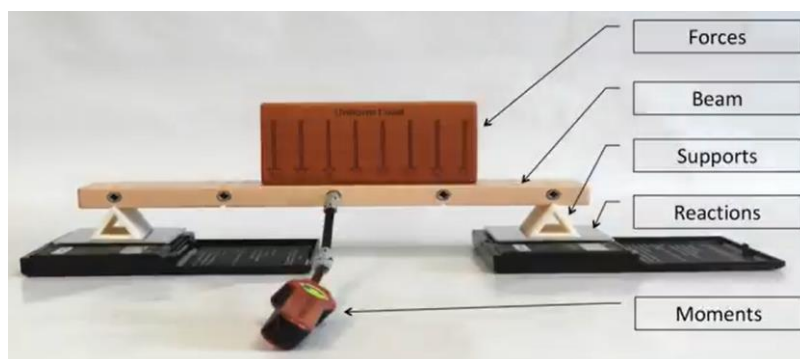
El proceso de la ejecución de la maqueta física consistiría en establecer la superficie curva a partir de alambres que forman los bordes y desarrollo interno, sobre el soporte o malla de vertería gases de yeso para generar la cáscara delgada (Figura 4.7). Se construirían diferentes alternativas de cascaras para cubrir un espacio determinando y soportar una carga determinada. Con ello el estudiante analizaría la forma óptima, además vería en que lugares de la superficie de la maqueta se desarrollarían esfuerzos de tracción y compresión.

4.2.4. Comportamiento de vigas

A partir de un modelo de reacción de vigas estáticas propuesto por Brodland (2020) los estudiantes pueden aprender sobre reacciones, los tipos de soportes, las fuerzas y momentos (Figura 4.8).

Figura 4. 8.

Modelo de reacción de viga

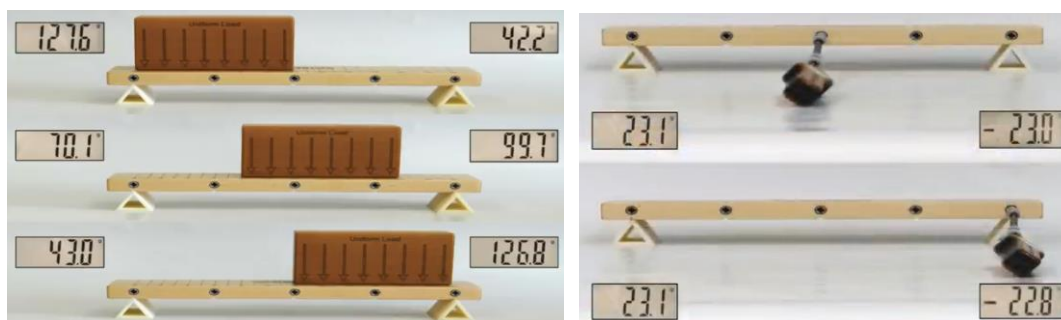


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Bajo este modelo instrumentado, el estudiante podrá mover las cargas y ver cómo afecta a las reacciones. Asimismo, verá que al aplicar un torque no afecta a las reacciones (Figura 4.9).

Figura 4. 9.

Reacciones según el movimiento de cargas y aplicación de torque en la viga estática

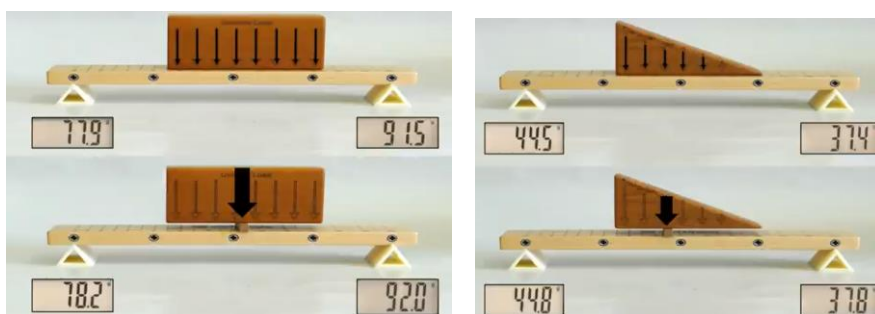


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Comprenderá también cómo las cargas distribuidas y las cargas puntuales equivalentes producen las mismas reacciones (Figura 4.10).

Figura 4. 10.

Reacciones por carga distribuida y puntual

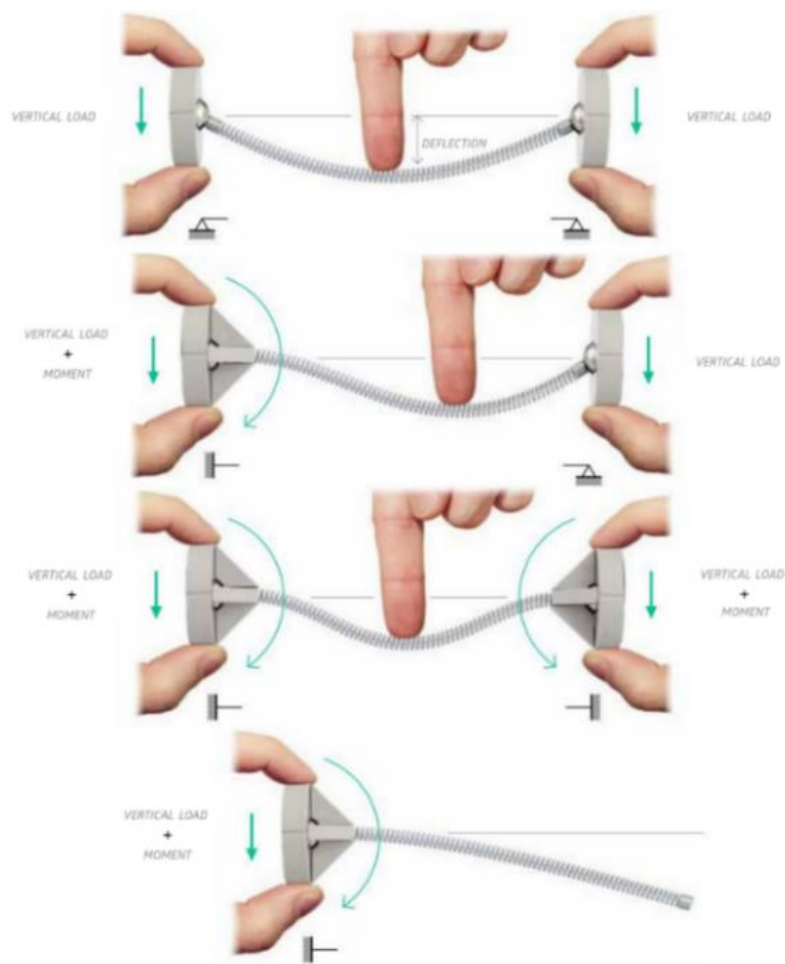


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Bajo los modelos físicos propuesto por Mola Structural Model (2021), se puede enseñar a los estudiantes la deflexión de modelos que representan vigas con diferentes condiciones de apoyo bajo una acción vertical. El estudiante podrá observar el comportamiento de cada uno de ellos bajo una misma condición de carga (Figura 4.11).

Figura 4. 11.

Comportamiento de una viga para la misma condición de carga



Nota. Fuente, Mola Structural Model (2021).

4.2.5. Comportamiento de Pórticos

En principio el estudiante podría aprender que una de las configuraciones estructurales más comunes en las edificaciones es el sistema compuesto por vigas y columnas. Bajo los modelos físicos propuesto por Mola Structural Model (2021) comprenderá que un pórtico compuesto por conexiones articuladas es inestable (Figura 4.12).

Figura 4. 12.

Comportamiento de un pórtico con conexiones articuladas



Nota. Fuente, Mola Structural Model (2021).

Por lo tanto, para generar una estructura estable, el estudiante podrá entender que se puede reforzar el sistema considerando las siguientes opciones: Colocando arriostramiento diagonales, rellenar el vano y usar conexiones rígidas entre miembros (Figura 4.13).

Figura 4. 13.

Alternativas de rigidización en pórticos

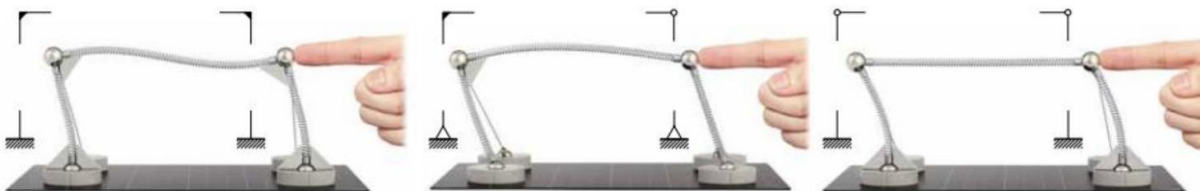


Nota. Fuente, Mola Structural Model (2021).

También podrá visualizar que, al rigidizar las conexiones de los miembros, el sistema se convierte en un pórtico rígido, que para una misma carga horizontal los desplazamientos serán diferentes (Figura 4.14)

Figura 4. 14.

Comportamiento de un pórtico con opciones de conexiones



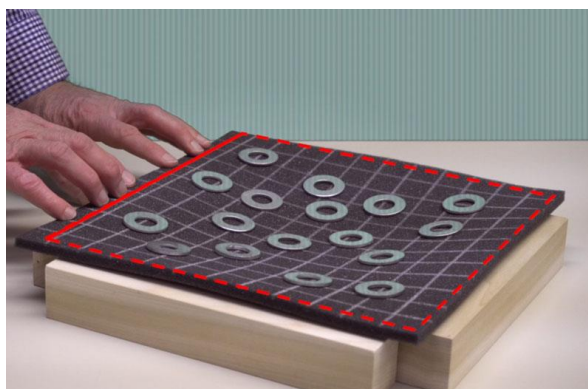
Nota. Fuente, Mola Structural Model (2021).

4.2.6. Comportamiento de placas rectangulares

A partir de un modelo de placas propuesto por Brodland (2020) los estudiantes pueden aprender cómo las placas soportan cargas y donde requiere refuerzo, también pueden visualizar cómo se deforma las placas bajo su propio peso y deformaciones adicionales debidas a cargas externas.

Figura 4. 15.

Modelo físico que representa una placa rectangular

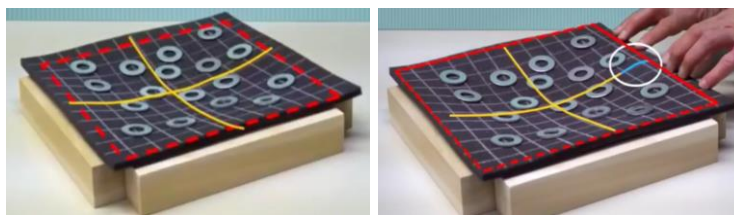


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Bajo un sistema de cuadrículas marcadas en la placa, el estudiante puede ver la forma que adoptara al cargarla y la ubicación de la máxima deflexión (Figura 4.15). Podrá apreciar que al fijar uno de los bordes que se generará un momento negativo (Figura 4.16)

Figura 4. 16.

Deflexión de la placa y cambio de la condición de borde

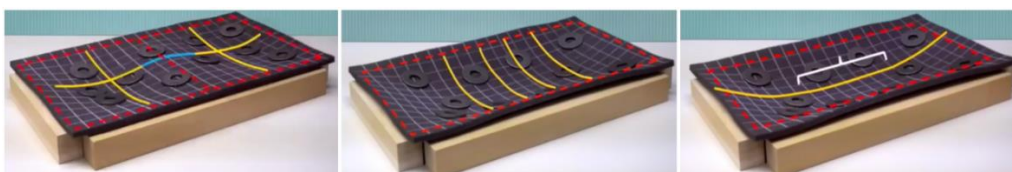


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Asimilará que, al eliminar un soporte central, la curvatura en dirección del ancho de la placa se mantiene constante (parte central). Y la curvatura en la dirección longitudinal es casi nula (Figura 4.17).

Figura 4. 17.

Deflexión de la placa y cambio de la condición de borde

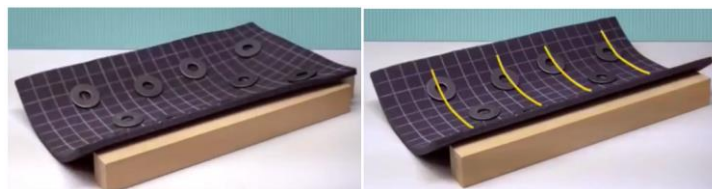


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Por otra parte visualizara las deformaciones cuando se le quite los soportes laterales hasta que la flexión se produce en una sola dirección (Figura 4.18).

Figura 4. 18.

Deflexión de la placa y cambio de la condición de borde

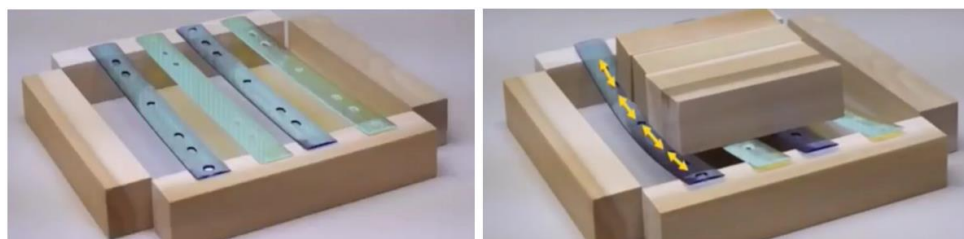


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Bajo un simple arreglo del modelo físico, el estudiante comprenderá la diferencia de una placa unidireccional y bidireccional. Si se posibilita que la placa se curve en una dirección, entonces la carga soportada se desarrollará en esa dirección (Figura 4.19). Por otro lado, si se posibilita que la placa se curve en ambas direcciones, entonces se tiene el comportamiento de una placa bidireccional (Figura 4.20).

Figura 4. 19.

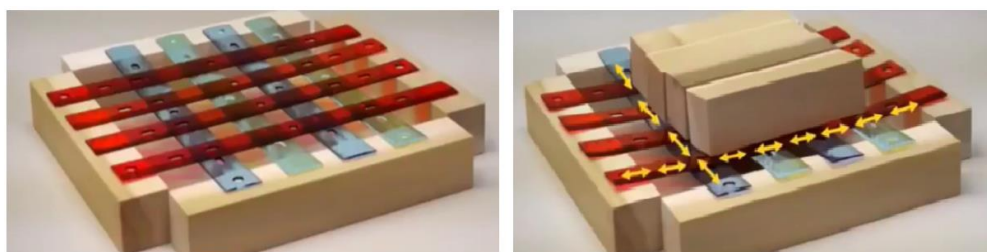
Comportamiento de una placa unidireccional



Nota. Fuente, Brodland (2020).

Figura 4. 20.

Comportamiento de una placa bidireccional

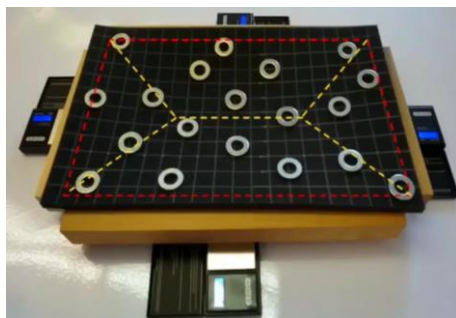


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Por otro lado, con el uso de una balanza, el estudiante podrá investigar las zonas tributarias (Figura 4.21).

Figura 4. 21.

Áreas tributarias de una placa rectangular



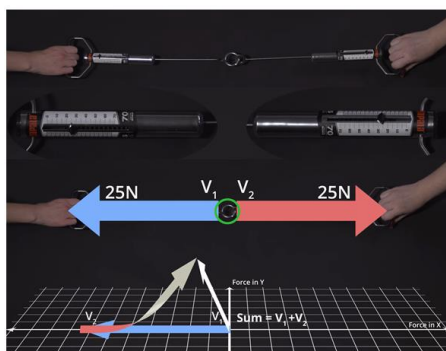
Nota. Fuente, Brodland (2020).

4.2.7. Equilibrio de una partícula

Bajo el modelo propuesto por Brodland (2020) el estudiante podrá investigar el equilibrio de un punto bajo la acción de fuerzas representadas por una balanza de resorte. Inicialmente podrá cuantificar las fuerzas utilizando dos balanzas de resorte, luego el estudiante podrá sumar, mediante el uso de un papel cuadriculado, los vectores asociados con estas fuerzas (Figura 4.22).

Figura 4. 22.

Desarrollo práctico del equilibrio de dos fuerzas aplicadas en un punto

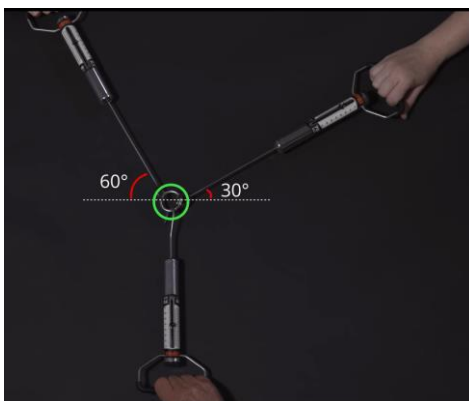


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Podrá agregar una balanza de resorte hasta que las tensiones aplicadas se equilibren y el anillo deje de moverse (Figura 4.23).

Figura 4. 23.

Desarrollo práctico de un sistema de tres fuerzas aplicadas en el anillo

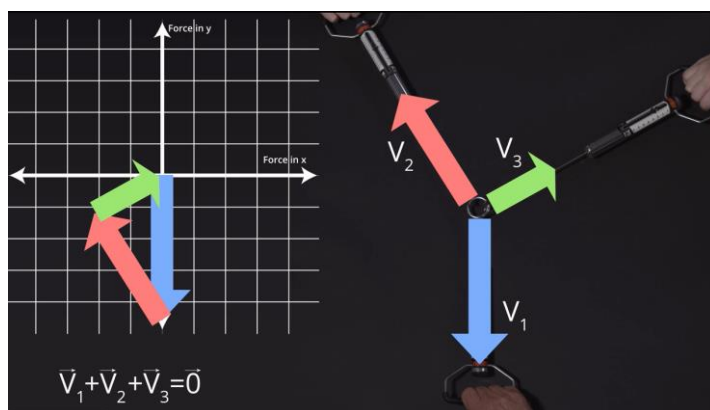


Nota. Fuente, Brodland (2020).

De la misma manera que en el anterior caso, el estudiante trasladara las fuerzas asociadas a balanza de resorte a un papel cuadriculado y podrá realizar las operaciones de sumas vectoriales, con ello verificara el equilibrio del anillo (Figura 4.24).

Figura 4. 24.

Representación del equilibrio de tres fuerzas aplicadas en un punto

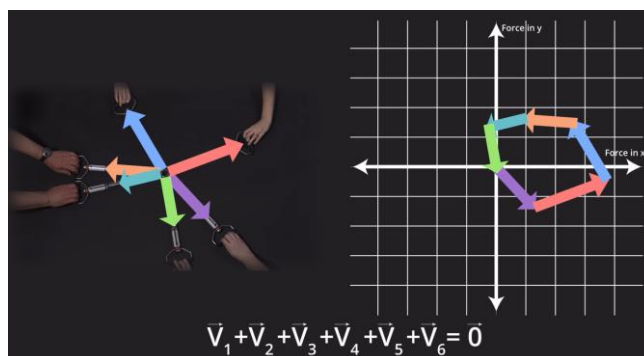


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Finalmente, bajo el mismo procedimiento se podrá verificar el equilibrio de varias fuerzas aplicadas en el anillo (Figura 4.25).

Figura 4. 25.

Representación del equilibrio varias fuerzas aplicadas en un punto



Nota. Fuente, Brodland (2020).

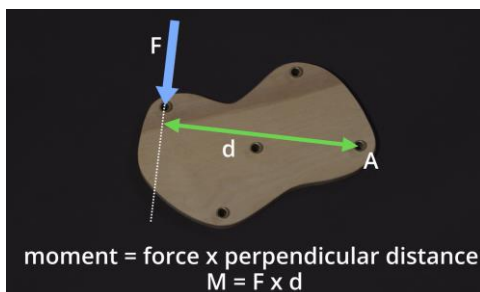
4.2.8. Equilibrio de un cuerpo en el plano

Bajo el modelo propuesto por Brodland (2020) el estudiante podrá investigar el equilibrio de un cuerpo rígido bajo la acción de fuerzas representadas por una balanza de resorte. Explorará mediante este modelo físico las dos condiciones que debe satisfacer un cuerpo rígido para estar en equilibrio.

En principio el estudiante comprenderá el concepto de momento que produce una fuerza con respecto a un punto sobre el cuerpo rígido (Figura 4.26).

Figura 4. 26.

Representación mediante un modelo del momento de una fuerza

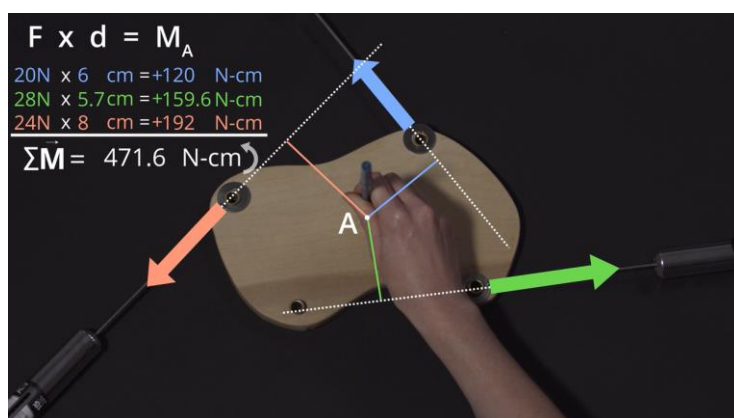


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Posteriormente se explorará la acción de tres fuerzas arbitrarias sobre un cuerpo rígido y determinar los momentos alrededor de cualquier punto sobre el cuerpo (Figura 4.27).

Figura 4. 27.

Representación mediante un modelo físico de la sumatoria de momentos respecto de un punto

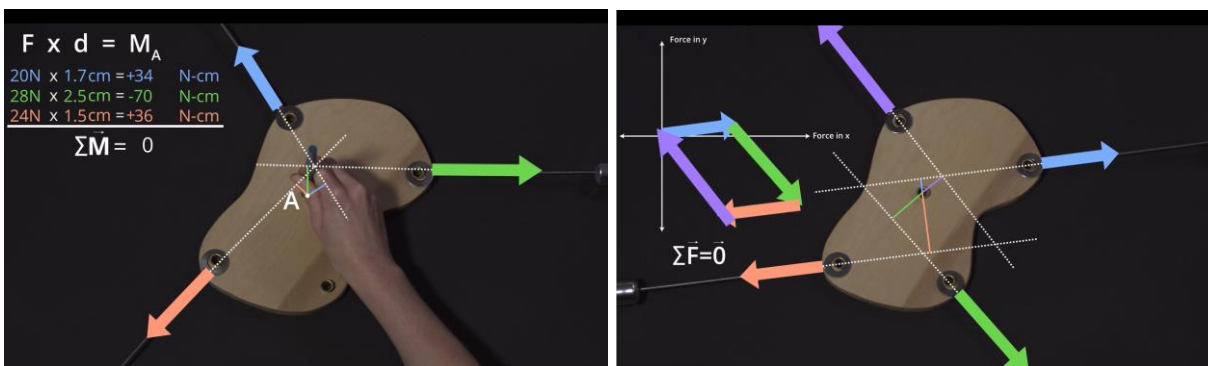


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Comprenderá que a medida que el cuerpo gira, las distancias perpendiculares cambian hasta que, finalmente, el cuerpo deja de girar y queda en equilibrio. Observará y determinará que la suma vectorial debe sumar cero (Figura 4.28).

Figura 4. 28.

Representación mediante un modelo físico del equilibrio varias fuerzas aplicadas en el cuerpo rígido

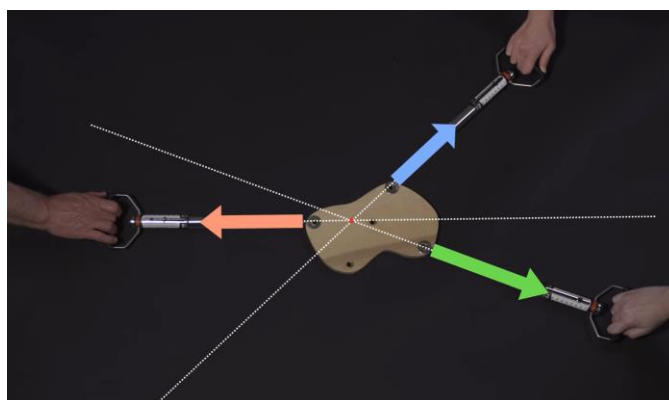


Nota. Fuente, Brodland (2020).

Entenderá el principio de fuerzas concurrentes, y que solo se aplica a cuerpos que soportan solo tres fuerzas (Figura 4.29).

Figura 4. 29.

Representación mediante un modelo físico de fuerzas concurrentes



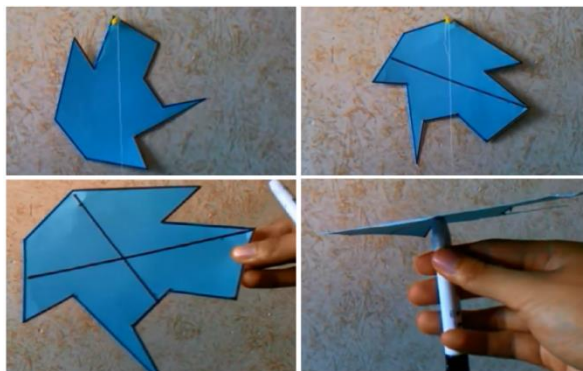
Nota. Fuente, Brodland (2020).

4.2.9. Determinación de centros de gravedad

El estudiante podría determinar los centroides de gravedad usando figuras arbitrarias, cuyos resultados fueron determinadas analíticamente por los procedimientos enseñados en clase. Para ello, la figura de estudio se sujetaría verticalmente a través de uno de sus vértices y con una línea que dirige en dirección de la gravedad se marcaría la línea vertical. Realizará el mismo procedimiento, sujetándolo la figura en otro vértice. El punto de intersección de esas líneas corresponderá el centro de gravedad buscado. Podrá comprobar el estudiante que la figura de estudio se equilibra apoyándola horizontalmente sobre ese punto (Figura 4.30).

Figura 4. 30.

Exploración del centro de gravedad mediante un modelo físico



Nota. Fuente, Crystal (2015).

4.2.10. Comprensión de la flexión en vigas prismáticas

Bajo un modelo cinemático simple construido a partir de un bloque de espuma (Figura 4.31), en el cual se marcan líneas longitudinales y transversales a intervalos regulares, el estudiante podrá visualizar como la línea central se deforma o curva a medida que se dobla la viga; reconoce que la longitud de la línea central no cambia; visualiza cómo las normales a la línea central permanecen rectas durante la flexión; y comprende cómo se comprimen y se tensionan diferentes secciones de la viga.

Figura 4. 31.

Exploración de la flexión mediante un modelo físico



Nota. Fuente, Brodland (2020).

Mediante los modelos físicos podrá observar y analizar las deformaciones producidas en diferentes secciones de la viga – modelo isostática bajo una determinada carga (Figura 4.32).

Figura 4. 32.

Medición de las deformaciones en vigas a partir de modelos físicos

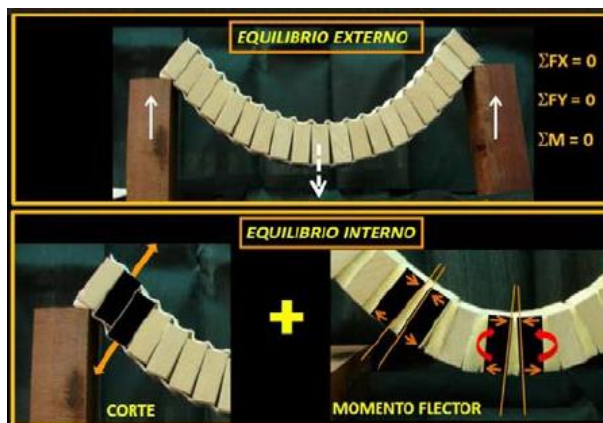


Nota. Fuente, Simonetti et al. (2004).

El uso de estos modelos físicos permitirá a los estudiantes visualizar el equilibrio externo y el equilibrio interno en el que se muestran las fuerzas internas de flexión y corte. También visualice el giro de la sección y los deslizamientos relativos de las mismas (Figura 4.33).

Figura 4. 33.

Comprensión de giros y desplazamientos relativos en el modelo físico



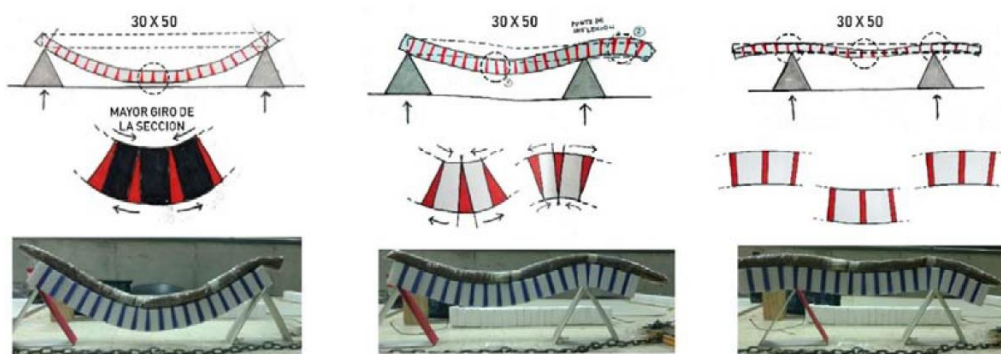
Nota. Fuente, Simonetti et al. (2004).

También los estudiantes podrán determinar la relación entre distintas variables: el claro de la viga, la carga, la sección, la continuidad y tipo de apoyo. De manera que, en cada condición planteada, los estudiantes medirán las deformaciones para sacar conclusiones comparativas,

posibilitando el entendimiento de que algunas variables inciden en las deformaciones (Figura 4.34).

Figura 4. 34.

Estudio de alternativas de vigas mediante modelos físicos



Nota. Fuente, Simonetti et al. (2004).

El contenido programático de asignatura de Estructuras I aborda los temas esenciales para el entendimiento de las ciencias de las estructuras por los estudiantes de Arquitectura, pero, solamente basados en un desarrollo teórico y práctico mediante la resolución de ejercicios.

El abordaje teórico del plan de la asignatura se pudo estructurarlo en grupos de conocimiento; y según los contenidos teóricos de cada grupo, más la necesidad de la aplicación de otros recursos didácticos según encuesta, es viable la incorporación de un grupo práctico adicional y complementario, en el que el estudiante podrá comprender de manera objetiva los contenidos teóricos desarrollados en clases mediante la aplicación de maquetas físicas. El estudio de los contenidos temáticos mediante estas herramientas didácticas permitiría reforzar los conceptos teóricos desarrollados en clase.

CONCLUSIONES

El presente trabajo trata sobre la factibilidad de la aplicación de la maqueta física como recurso didáctico complementario y adicional en el desarrollo y abordaje de los contenidos temáticos de la asignatura de Estructuras I de la carrera de Arquitectura de la USFX. Se observó que diferentes autores, de distintas instituciones académicas, indicaron que la enseñanza de un contenido teórico puede ser reforzada con el desarrollo de modelos reales. Por lo tanto, bajo un análisis del contenido programático actual de la asignatura de estructuras I, el cual se lo discretizó en grupos de conocimiento; y la aplicación del instrumento basado en un cuestionario para obtener información sobre la condición actual en términos de los recursos didácticos usados en la asignatura, se analizó la posibilidad de incorporar un grupo adicional – práctico que refuerce los contenidos teóricos.

A partir de la información expuesta en el presente trabajo se llega a las siguientes conclusiones:

- El programa actual de la asignatura de Estructuras I solamente aborda contenidos netamente teóricos, con un desarrollo práctico que consiste en la resolución de ejercicios. Por otro lado, según los resultados de las encuestas, un gran porcentaje de los estudiantes indican que los contenidos abordados en la asignatura les resulta abstractos y por ello se requiere la aplicación de otros recursos didácticos para su mejor comprensión. Además, el docente se limita al uso de la pizarra y libros como recurso didáctico y que las mismas no son suficientes para la comprensión adecuada de la asignatura. Asimismo, la incorporación de la maqueta física posibilitaría una mejor comprensión de las unidades temáticas.

- Las unidades temáticas del programa actual de la asignatura de Estructuras I se pueden estructurarlo en grupos de conocimiento, basados en los contenidos de cada unidad temática, con el fin de adicionar un cuarto grupo de conocimiento práctico, basado en la construcción de maquetas físicas que apoyen los contenidos de los tres primeros grupos iniciales.
- Bajo los contenidos de los tres primeros grupos de conocimiento se vio que es factible la elaboración de maquetas físicas que representen el comportamiento de arcos funiculares, armaduras, cascaras delgadas, vigas, pórticos, placas rectangulares; maquetas que representen el equilibrio de un punto material, y cuerpo en 2D; maquetas para determinar los centros de gravedad; y maquetas que representen el comportamiento a flexión de vigas. De manera que estas prácticas permitirían reforzar los conceptos abstractos, conllevando en los estudiantes a la observación, análisis y posibilidad de generar relaciones entre distintas alternativas.

RECOMENDACIONES

Mediante el contenido presentado en el presente trabajo, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda extender el estudio de la aplicación de este recurso didáctico, el cual es una maqueta física, a otras asignaturas con contenidos teóricos-abstractos, tal es el caso de las asignaturas de matemáticas y física en la carrera de Arquitectura. De tal manera que se generen nuevas experiencias de aprendizaje.
- Se recomienda realizar una investigación del grado de asimilación de los contenidos teórico – abstractos a partir del uso y aplicación de las maquetas físicas en los estudiantes que cursan las asignaturas de Estructuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albertexperiences, A. (2016). Experiencia en la enseñanza del comportamiento estructural a través de maquetas para alumnos de arquitectura. *Albertexperiences*.
<https://albertexperiences.wordpress.com/2016/09/26/experiencia-en-la-ensenanza-del-comportamiento-estructural-a-traves-de-maquetas-para-alumnos-de-arquitectura/>
2. Aparicio Ortube, A. J. (2022). *Análisis de la incorporación de gestores bibliográficos como unidad temática dentro de la asignatura de proyecto de grado i de la carrera de ingeniería civil de la U.M.R.P.S.F.X.CH*. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.
3. Arquitectura - USFX. (2024). Carrera de Arquitectura. *FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CIENCIAS DEL HÁBITAT*. <https://arquitectura.usfx.bo/principal/arquitectura/>
4. Bolzán, M. G. (1999). Una aproximación a la estructura conceptual a través de la definición de palabras. *SEDECI*, 1(3), 37-48.
5. Borobio, L., & Pellicer, D. (1978). *Arquitectura. Guía de los estudios universitarios* (Primera edición). Ediciones Universidad de Navarra, S. A. Pamplona.
6. Brodland, W. (2020). Mechanics Models [G. Wayne Brodland]. *Mechanics Models*.
<http://www.civil.uwaterloo.ca/brodland/models.html>
7. Cañedo Iglesias, C. M. (2008). *Fundamentos teóricos para la implementación de la didáctica en el proceso enseñanza- aprendizaje* [Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”]. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2008b/395/395.pdf>
8. Crystal (Director). (2015). *Cómo encontrar el centro de gravedad—SUPERFICIES* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=dVecSCtvRfk>

9. Elicabe, A., Asis, G., Rodriguez, E., Bellmann, L., Altamirano, H., & Torrisi, G. (2014). Maquetas didácticas de armado de elementos estructurales. *Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba*, 1(1), 1-10.
10. Engel, H. (2003). *Sistemas de estructuras* (Primera Edición). Editorial Gustavo Gili.
11. FAADU. (2008). *Proyecto Académico—Carrera de Arquitectura*.
12. Iniesta, M. (2015). Reconstrucción del sueño mediterráneo [Miguel Iniesta Arquitectura]. *Reconstrucción del sueño mediterráneo*.
<https://migueliniestarquitectura.wordpress.com/2015/02/20/reconstruccion1/>
13. Lewis, C., & Pendleton, A. (2002). *SANTIAGO CALATRAVA Conversaciones con estudiantes* (Primera edición). Editorial Gustavo Gili.
14. mchmaster. (2019). Maquetas arquitectónicas. *MCH MAS in Collective Housing*.
<https://www.mchmaster.com/es/noticias/maquetas-arquitectonicas/>
15. Mola Structural Model. (2021). *Mola Structural Model*.
16. Pérez C., T., Ferreiro P., I., Pigem B., R., Jover, T., Serrano, C., & Díaz, C. (s.f.). Las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la lectura e interpretación de planos en la ingeniería. *Universidad de ALICANTE*, 1(1), 1-8.
17. Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2022). Definición.DE. *Definicion.de*.
<https://definicion.de/asignaturas/>
18. Pérez Sánchez, J. C., Piedecausa García, B., Mateo Vicente, J. M., & Palma Sellés, P. (2015). Elaboración y exposición de maquetas constructivas como metodología docente. *XIII Jornades de xarxes d' investigació en docencia universitaria*, 1(8), 975-985.
19. Programa de la asignatura de estructuras I. (2016). *Programa de la asignatura de estructuras I*.

20. Real Academia Española. (2023). Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/asignatura>
21. Rediseño curricular. (2015). *Rediseño curricular de la carrera de arquitectura nivel licenciatura*.
22. Salvadori, M., & Heller, R. (1998). *Estructuras para arquitectos* (Tercera Edición). KLICZKOWSKI PUBLISHER.
23. Simonetti, I., Fabre, R., Asis Ferri, G., Marciani, F., Cardellino, A., Cicaré, Y., Gilabert, D., Rodríguez, E., & Wutrich, E. (2004). De las deformaciones a las solicitudes: Modelos para el aprendizaje. *Creta*, 1(2), 20-18.
24. UC Unicarrera. (2024). Universidad Mayor de San Francisco Xavier USFX. *UC UniCarrera Tu futuro ya*. <http://unicarrera.com/universidad/universidad-mayor-de-san-francisco-xavier-usfx/>
25. Universidad de Sevilla. (s.f.). *Informe sobre el rendimiento académico de las asignaturas de estructuras en el grado en fundamentos de arquitectura*.
26. Utadeo. (2021). Nombrar unidades temáticas. *Utadeo*.
<https://www.utadeo.edu.co/es/link/soy-profesor/281501/nombrar-unidades-tematicas>
27. Vargas Murillo, G. (2017). Recursos educativos didácticos en el proceso enseñanza aprendizaje. *Cuadernos Hospital de Clínicas*, 1(58), 68-74.
28. Yalan, R., & Arturo, I. (2022). Porta folio. *Orientación Estructural*, 1(2), 56-107.

ANEXO 1 CUESTIONARIO

Título. Cuestionario sobre la factibilidad de la maqueta física como recurso didáctico para la enseñanza del comportamiento de las estructuras dentro de la asignatura de Estructuras I de la carrera de Arquitectura de la USFX.

Objetivo. Obtener información sobre la condición actual de los recursos didácticos usados en la asignatura de Estructuras I de la carrera de Arquitectura.

Datos generales

Semestre:

Desarrollo del cuestionario

1. Al cursar por primera vez la asignatura de Estructuras I, ¿cree usted que sus contenidos teóricos son abstractos y se requiere del apoyo de otros recursos didácticos?

- ☐ Son abstractos y se requiere el apoyo de otros recursos didácticos
- ☐ No son abstractos y son suficientes los recursos didácticos que se usan actualmente

2. Marque en las casillas de verificación cuales son los recursos didácticos que usó el docente para la enseñanza de la asignatura de Estructuras I.

- ☐ Pizarra
- ☐ Libros
- ☐ Artículos científicos
- ☐ Gráficos físcos ilustrativos

- ☐ Internet
- ☐ Animaciones en video
- ☐ Elaboración de maquetas físicas

3. ¿En qué medida considera que los recursos didácticos usados actualmente por el docente en la asignatura de Estructuras I son suficiente para que haya comprendido el comportamiento básico de las estructuras?

- ☐ No sé
- ☐ Muy bajo o muy poco
- ☐ Bajo o poco
- ☐ Medio o regular
- ☐ Alto o mucho
- ☐ Muy alto o bastante

4. ¿En la asignatura de Estructuras I se realizan algunas prácticas como la construcción de maquetas reales o laboratorios para el entendimiento del comportamiento de las estructuras?

- ☐ **SÍ** se realizan las maquetas físicas o laboratorio
- ☐ **NO** se realizan las maquetas físicas o laboratorio

5. ¿En qué medida cree que la elaboración de una maqueta física ayuda a comprender algunos principios y conceptos básicos llevados en la asignatura de Estructuras I?

- ☐ No sé
- ☐ Muy bajo o muy poco

- ☐ Bajo o poco
- ☐ Medio o regular
- ☐ Alto o mucho
- ☐ Muy alto o bastante

¡Muchas gracias!