

Integración de herramienta BIM en el aprendizaje del análisis estructural mediante proyectos de aula en la UIS.

Daniel Leonardo Velasco Sanabria

David Alexandro Duarte Pérez

Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Civil

Directora

María Alejandra Oliveros Caicedo

Magister en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Esto va dedicado primeramente a Dios, quien fue el que me puso en este lugar y me ayudo en cada proceso, en darme la fuerza mental y la capacidad de afrontar cada situación. A mi mamá, Ludy Sanabria Corzo por su compañía, su amor incondicional, su apoyo y por siempre estar para mí. A mi Papá Leonardo Velasco Rodríguez por siempre darme esa voz de aliento en momentos difíciles. A mis hermanas Diana Marcela y Karen Dayana, por siempre ser mis ejemplos para seguir; a mis primos, tíos, nonos y a mi sobrina por siempre su apoyo y compañía incondicional. A mis profesores por el conocimiento y la confianza que sembraron siempre en mí. Por último a mis amigos Karol Martínez, Laura Muñoz, Santiago Mateus, Santiago Sánchez, Kevin Rodríguez, David Amaya, Lorena Verdugo, a mis compañeros del CEIC y a muchos, muchos, muchos amigos más, a quienes la vida, Dios y la universidad pusieron en mi camino, gracias a su apoyo incondicional pude culminar una etapa tan importante en mi vida como siempre quise, disfrutándola al máximo. Gracias de verdad, por haber hecho parte de esta linda etapa.

Daniel Leonardo Velasco Sanabria

Dedicatoria

Agradezco, en primer lugar, a Dios por darme la vida, la fortaleza, la capacidad y la perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa de mi vida, incluso en los momentos más difíciles. A mi padre, Nelson Duarte, por guiarme siempre con su ejemplo y enseñarme el valor del esfuerzo y la constancia; a mi madre, Ninfa Pérez, por sus palabras de apoyo incondicional y por creer en mí incluso cuando yo dudaba; y a mi hermana, Nicolle Daniela, por ser siempre un ejemplo a seguir, mi confidente y un pilar fundamental en mi vida. A Sofía, por hacer este camino mucho más bonito, por impulsarme constantemente a ser mejor y por llenar cada momento de amor, calma y motivación. A Balto, por acompañarme fielmente en tantas noches de estudio, recordándome con su cariño la importancia de las pequeñas cosas. A mis amigos Santi, Mega y Amaya, quienes me enseñaron hasta dónde puede llegar la verdadera incondicionalidad en una amistad y lograron que esta etapa fuera mucho más llevadera y significativa. Finalmente, agradezco a cada persona que, de una u otra forma, hizo parte de este proceso, aportando un granito de arena para que hoy este logro sea una realidad.

David Alejandro Duarte Pérez

Agradecimientos

Agradecemos a Dios primeramente por permitirnos llegar hasta esta instancia, a la Universidad Industrial de Santander por los espacios y el apoyo necesario. A la profesora María Alejandra Oliveros Caicedo, directora de este trabajo, por su guía, su disposición y su apoyo constante. Gracias por la confianza que depositó en nosotros y por orientarnos en cada etapa para poder sacar adelante este proyecto. A nuestros familiares, amigos y personas cercanas por el ánimo y la motivación que nos brindaron. Y finalmente, a los estudiantes que hicieron parte de este proceso, ya que su participación fue fundamental para hacer posible la realización de este proyecto.

Daniel Leonardo Velasco Sanabria y David Alejandro Duarte Pérez

Tabla de contenido

1.	Introducción	10
2.	Objetivos	12
2.1.	Objetivo general	12
2.2.	Objetivos específicos	12
3.	Marco Pedagógico	13
4.	Diseño metodológico del proyecto de aula	15
4.1.	Enfoque metodológico	15
4.2.	Fase 1: Diseño y elaboración del material didáctico	15
4.3.	Fase 2: Implementación de la estrategia didáctica	17
4.4.	Fase 3: Evaluación del impacto	19
4.4.1.	Cuestionarios por módulo	19
4.4.2.	Taller en equipos	20
4.4.3.	Encuesta de percepción	20
5.	Desarrollo de la Experiencia Docente	21
5.1.	Ejecución de los Módulos de Aprendizaje	21
5.1.1.	Instalación y reconocimiento del software	21
5.1.2.	Revisión de predimensionamiento estructural	21
5.1.3.	Modelado de armaduras	23
5.1.4.	Modelado de pórticos	26
5.1.5.	Modelado de estructuras compuestas:	28
5.2.	Dinámica de Interacción y Estrategia Didáctica	30
5.3.	Evaluación del proceso de Aprendizaje	31
6.	Reflexión Pedagógica	33
7.	Conclusiones	35
	Referencias Bibliograficas	¡Error! Marcador no definido.

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Artículos de la NSR-10 considerados en el predimensionamiento estructural.</i>	22
Figura 2 (a) <i>Modelado de armadura en Revit</i>	23
Figura 2 (b) <i>Modelado de apoyos de la armadura</i>	24
Figura 2 (c) <i>Modelado de apoyos de la armadura</i>	24
Figura 2 (d) <i>Modelado de conexiones de la armadura</i>	25
Figura 2 (e) <i>Modelado de armadura en Robot Structural Analysis</i>	25
Figura 3 (a) <i>Modelado de pórtico en Revit</i>	26
Figura 3 (b) <i>Modelado de conexiones vigueta-viga en el pórtico.</i>	27
Figura 3 (c) <i>Modelado de conexiones columna-pedestal-zapata en el pórtico.</i>	27
Figura 3 (d) <i>Modelado de pórtico en robot</i>	28
Figura 4 (a) <i>Clase presencial sobre el modelado de estructuras compuestas en Revit y Robot Structural Analysis</i>	29
Figura 4 (b) <i>Geometría usada en la estructura compuesta</i>	30

Lista de apéndices

Apéndice A Guía de instalación de Revit 2026

Apéndice B Guía de interfaz de usuario de Revit

Apéndice C Guía de rótulos en Revit

Apéndice D Guía de modelado de armadura en Revit

Apéndice E Guía de modelado de pórticos en Revit

Apéndice F Taller Revit 2026-1

Apéndice G Encuesta inicial

Apéndice H Encuesta final

Apéndice I Cuestionario instalación e interfaz de usuario de Revit

Apéndice J Cuestionario Revisión de Predimensionamiento de Vigas y Columnas

Apéndice K Cuestionario Modelado de Armadura

Apéndice L Cuestionario Modelado de Pórticos

Apéndice M Enlaces del contenido Audiovisual

Resumen

Título: Integración de herramienta BIM en el aprendizaje del análisis estructural mediante proyectos de aula en la UIS.

Autores: David Alejandro Duarte Pérez y Daniel Leonardo Velasco Sanabria

Palabras Clave: BIM, Revit, Modelado Estructural, Análisis Estructural.

Este proyecto de grado aborda la integración de metodologías BIM (Building Information Modeling) como estrategia pedagógica en la asignatura de análisis estructural de Ingeniería Civil. El objetivo principal se centró en diseñar e implementar recursos didácticos en Autodesk Revit y Autodesk Robot Structural Analysis para facilitar la transición de la teoría abstracta hacia la visualización técnica y el modelado tridimensional. La propuesta metodológica consistió en un sistema de aprendizaje híbrido, articulando material audiovisual paso a paso, guías técnicas y cuestionarios virtuales con una sesión de taller presencial orientada a la resolución de problemas de ingeniería.

A través de esta intervención, se buscó fortalecer la capacidad de los estudiantes para identificar sistemas estructurales, comprender la transferencia de cargas y apoyar el proceso de aprendizaje simulaciones digitales como complemento a los conceptos teóricos abordados en la asignatura. La experiencia permitió analizar el impacto de las herramientas tecnológicas en la formación académica, destacando la importancia del acompañamiento docente y la calidad del material didáctico en la apropiación de software especializado. A partir de la experiencia desarrollada, se exponen las percepciones de los estudiantes sobre la utilidad de estas herramientas y se plantean recomendaciones para futuras implementaciones de tecnologías BIM en el material de la asignatura.

*Trabajo de Grado

**Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Programa académico

Directora: Maria Alejandra Oliveros Caicedo, M.Sc. Ingeniería civil

Abstract

Title: Integration of BIM Tools in the Learning of Structural Analysis through Classroom Projects at UIS.

Authors: David Alejandro Duarte Pérez and Daniel Leonardo Velasco Sanabria

Keywords: BIM, Revit, Structural Modeling, Structural Analysis.

This bachelor's thesis addresses the integration of BIM (Building Information Modeling) methodologies as a pedagogical strategy in the structural analysis course for civil engineering. The primary objective was to design and implement educational resources in Autodesk Revit and Autodesk Robot Structural Analysis to facilitate the transition from abstract theory to technical visualization and three-dimensional modeling. The methodological approach consisted of a hybrid learning system, combining step-by-step audiovisual material, technical guides, and virtual quizzes with an in-person workshop session focused on solving engineering problems.

Through this initiative, the aim was to strengthen students' ability to identify structural systems, understand load transfer, and support the learning process through digital simulations as a complement to the theoretical concepts covered in the course. The experience allowed for an analysis of the impact of technological tools on academic training, highlighting the importance of faculty support and the quality of instructional materials in the mastery of specialized software. Based on the experience, the students' perceptions regarding the usefulness of these tools are presented, and recommendations are proposed for future implementations of BIM technologies in the course material.

*Bachelor's thesis

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering School of Civil Engineering Academic Program

Supervisor: Maria Alejandra Oliveros Caicedo, Master Of Science in Civil Engineering.

1. Introducción

El análisis estructural constituye una de las áreas fundamentales en la formación del ingeniero civil, pues permite comprender y predecir el comportamiento de las estructuras frente a diferentes tipos de cargas y condiciones de apoyo. En la Universidad Industrial de Santander (UIS), el proceso de enseñanza-aprendizaje en esta área se desarrolla mediante la combinación de clases magistrales y ejercicios escritos, y un componente de laboratorio en el que se emplean herramientas tecnológicas especializadas como el software SAP2000 (*Computers and Structures, 2024*), para el modelamiento y análisis estructural basado en el método de elementos finitos. Este enfoque representa una fortaleza del programa académico, al articular fundamentación teórica con el uso de software especializado (Tijo & Mejia, 2023).

No obstante, el enfoque actual se centra en el análisis numérico del comportamiento estructural, lo cual, si bien fortalece las competencias técnicas, puede limitar el desarrollo de habilidades relacionadas con la interpretación espacial de las estructuras y su comprensión desde una perspectiva geométrica y visual. En este sentido, surge la necesidad de incorporar estrategias que permitan complementar este enfoque, facilitando una mejor articulación entre la representación de los sistemas estructurales y su comportamiento ante cargas.

En la UIS se ha identificado la posibilidad de potenciar el aprendizaje de asignaturas como Análisis Estructural mediante la implementación de estrategias didácticas basadas en herramientas de modelado como Autodesk Revit (Autodesk, 2026a). Esta integración permitiría no solo mejorar la interpretación espacial y práctica de los conceptos, sino también desarrollar competencias digitales alineadas con las exigencias actuales del sector.

Autodesk Revit, como herramienta basada en la metodología BIM (Building Information Modeling), permite la generación de modelos tridimensionales que integran información geométrica y técnica de los elementos estructurales. Más allá de su uso en procesos de modelación, esta herramienta ofrece la posibilidad de integrarse con software de análisis estructural como Autodesk Robot Structural Analysis (Autodesk, 2026), permitiendo procesos de interoperabilidad que conectan la representación geométrica del sistema con su comportamiento estructural. De esta manera, se facilita la comprensión de conceptos fundamentales como la transferencia de cargas, las condiciones de apoyo y la respuesta estructural de los elementos.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar recursos didácticos que integren Autodesk Revit en la asignatura de análisis estructural, con el fin de fortalecer el aprendizaje de conceptos y procedimientos propios del análisis estructural en estudiantes de Ingeniería Civil.

2.2. Objetivos específicos

Desarrollar material didáctico en Autodesk Revit que represente gráficamente conceptos fundamentales del análisis estructural, con el fin de facilitar su comprensión.

Diseñar recursos digitales que faciliten la identificación de los tipos de sistemas estructurales, la transferencia de cargas y las condiciones de los apoyos.

Analizar el impacto de los recursos implementados en el desempeño académico y la comprensión estructural de los estudiantes, mediante las encuestas aplicadas antes y después de la implementación del material.

3. Marco Pedagógico

El Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como una estrategia integral que trasciende la visión tradicional del software, constituyéndose en un proceso que transforma la manera de planear, diseñar y ejecutar proyectos en arquitectura e ingeniería. Su valor no radica únicamente en la generación de modelos digitales tridimensionales, sino en la posibilidad de gestionar de manera coordinada la información técnica, temporal y económica de una obra, permitiendo un mayor control durante el ciclo de vida del proyecto (Azhar & Asce, 2011)

En el ámbito de los fundamentos teóricos del análisis estructural, esta metodología ofrece ventajas relevantes. La integración de modelos tridimensionales (BIM 3D) con los procesos de simulación estructural posibilita una representación precisa de elementos constructivos, reduciendo los problemas de constructibilidad y minimizando errores derivados de la duplicación de datos (Nawari et al., 2011).

Dentro de las herramientas disponibles, Autodesk Revit se ha posicionado como una de las plataformas más utilizadas en el modelado BIM, tanto en la práctica profesional como en el entorno académico. Su capacidad de visualización tridimensional permite a los estudiantes comprender con mayor claridad el comportamiento espacial de los elementos estructurales, al tiempo que fomenta la interacción con modelos virtuales que reproducen condiciones reales de diseño y construcción. De esta manera, la herramienta no solo fortalece la comprensión teórica de los conceptos estructurales, sino que también impulsa la exploración de alternativas y la resolución de problemas en escenarios que difícilmente se abordan con metodologías tradicionales.

Adicionalmente, el potencial de interoperabilidad entre Autodesk Revit y softwares de análisis estructural como Autodesk Robot Structural Analysis permite establecer un vínculo directo

entre el modelado geométrico y los procesos de cálculo estructural. Esta integración facilita la transferencia de modelos desde entornos BIM hacia plataformas de análisis, incentivando una comprensión articulada entre la representación espacial y el comportamiento numérico estructural. Lo cual aporta un gran valor a la formación de estudiantes de ingeniería civil (Hadi et al., 2021) (Hadi et al., 2021).

El presente proyecto de práctica docente se enfocó en el diseño e implementación de estrategias didácticas que integren Autodesk Revit® con la interoperabilidad con Autodesk Robot Structural Analysis, para fortalecer el aprendizaje en la asignatura de análisis estructural de la UIS, en colaboración con la docente titular del curso. El proyecto abarca el desarrollo de contenido audiovisual que sirva como apoyo a la interpretación gráfica y comprensión estructural de lo que en el contexto de la asignatura se conoce como polilíneas, estableciendo bases futuras para ampliaciones e integraciones completas.

4. Diseño metodológico del proyecto de aula

La metodología se estructuró en tres fases principales, desarrolladas de manera secuencial: la primera consiste en el diseño y elaboración del material didáctico, la segunda en la implementación en el aula, y la tercera en la evaluación del impacto. Esta organización garantiza coherencia con los objetivos del proyecto y permite un orden claro del proceso realizado.

4.1. Enfoque metodológico

El enfoque metodológico adoptado se fundamenta en el aprendizaje activo mediado por tecnologías, en el cual el estudiante interactúa con recursos digitales que facilitan la comprensión de conceptos abstractos a través de su representación visual. (Ma & Tao, 2023) En este contexto, Autodesk Revit se emplea como herramienta pedagógica orientada a la visualización y conceptualización de la tipología de los elementos estructurales, mientras que Autodesk Robot Structural Analysis se integra como complemento para la interpretación del comportamiento estructural mediante la aplicación de cargas y el análisis de reacciones, permitiendo establecer una relación entre la representación gráfica del modelo y su respuesta estructural.

4.2. Fase 1: Diseño y elaboración del material didáctico

En esta fase se desarrollaron los recursos educativos que posteriormente fueron implementados en el aula. El diseño del material se realizó con base al contenido de fundamentos teóricos para la interpretación estructural en la asignatura de análisis estructural, tales como Predimensionamiento, Modelado de la estructura global y apoyos.

Como parte de esta fase, se estructuraron cinco módulos de aprendizaje que abordan de manera progresiva la relación entre modelación estructural y análisis conceptual las cuales son:

- Descarga, instalación de Revit 2026 e Interfaz de Usuario de Revit.

- Revisión de predimensionamiento estructural
- Modelamiento de armaduras
- Modelamiento de pórticos
- Modelamiento de estructuras compuestas

Para cada uno de estos módulos se desarrollaron modelos tridimensionales en Autodesk Revit que permitieran representar de manera clara la tipología de los elementos estructurales y sus componentes. Estos modelos fueron diseñados con un enfoque didáctico, buscando resaltar aspectos como la configuración estructural, la continuidad de los elementos, los grados de indeterminación, las condiciones de apoyo y las trayectorias de cargas.

Adicionalmente, se incorporó una integración básica con Autodesk Robot Structural Analysis, mediante la cual los modelos generados en Autodesk Revit eran exportados para realizar un análisis simplificado. Este proceso incluía la asignación de cargas y de restricciones, con el fin de que los resultados obtenidos se articulen con la esquematización de los apoyos en el modelo estructural en Autodesk Revit, completando así el proceso de abstracción, por otro lado, también incluía la visualización de reacciones estructurales, con el fin de complementar la comprensión del comportamiento de los sistemas modelados.

Además, se elaboraron recursos audiovisuales (Ver apéndice M) en formato de video por medio de YouTube, en los cuales se explicaba paso a paso el desarrollo de cada actividad, incluyendo tanto el cálculo del grado de indeterminación estática, el modelamiento en Autodesk Revit como la exportación a Autodesk Robot y la interpretación básica de resultados.

De manera complementaria, se realizó la solicitud al CENTIC, a través de la docente y tutora de la práctica, para la habilitación de un Aula Virtual de Aprendizaje en la plataforma

Moodle de la Universidad Industrial de Santander, orientada específicamente a este contenido. En este espacio se incorporaron de forma progresiva tanto las guías como los recursos audiovisuales desarrollados, donde los estudiantes podían acceder a la misma bajo las diferentes pestañas de cada módulo. La incorporación de los módulos se hace a medida que se abordaban los temas durante las clases teóricas, consolidándose como un apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos materiales fueron diseñados con el propósito de fomentar el aprendizaje autónomo y servir como apoyo permanente para los estudiantes.

Finalmente, por medio de esta misma Aula Virtual de Aprendizaje Moodle, se diseñaron cuestionarios asociados a cada módulo, orientados a evaluar la comprensión de los conceptos abordados y reforzar el proceso de aprendizaje.

4.3. Fase 2: Implementación de la estrategia didáctica

La implementación del proyecto se llevó a cabo con 54 estudiantes de la asignatura de análisis estructural. Esta fase se desarrolló de manera progresiva, siguiendo la estructura modular definida en la etapa de diseño.

Durante los primeros cuatro módulos, la estrategia se basó en el aprendizaje autónomo guiado. Para cada tema, los estudiantes disponían de un recurso audiovisual previamente elaborado, en el cual se presentaba el desarrollo completo de la actividad. A partir de este material, los estudiantes replicaban el proceso, iniciando con el modelamiento en Autodesk Revit y, posteriormente, realizando la exportación del modelo a Autodesk Robot Structural Analysis para aplicar cargas y realizar el análisis de estructura global.

Esta dinámica permitió a los estudiantes establecer una relación directa entre el grado de indeterminación, la representación geométrica del sistema estructural y su comportamiento ante cargas, facilitando la comprensión de conceptos como transferencia de cargas, condiciones de

apoyo y respuesta estructural. Al finalizar cada módulo, se habilitó un cuestionario con el fin de evaluar la apropiación de los contenidos y reforzar los conceptos trabajados.

Para la actividad final, se desarrolló una sesión presencial sincrónica en el aula en donde los estudiantes realizaron un taller en parejas, orientado a que los estudiantes aplicaran de manera integrada los conceptos adquiridos a lo largo del curso en un contexto práctico. La actividad se enfocó en el modelamiento, análisis y evaluación de un sistema estructural de dos niveles, conformado por un pórtico resistente a momento en concreto reforzado y una cubierta estructurada mediante una armadura metálica tipo cercha.

Este ejercicio permitió abordar la interacción entre diferentes tipologías estructurales entre pórticos y armaduras dentro de un mismo sistema, así como su comportamiento frente a cargas verticales. Además, se promovió el desarrollo de habilidades de modelamiento que fortalecen la interacción con software especializado de uso actual en la ingeniería.

El desarrollo del taller incluyó varias etapas. En primer lugar, los estudiantes realizaron el modelamiento estructural en Autodesk Revit, asegurando la correcta definición geométrica de los elementos, la asignación de propiedades mecánicas de los materiales, selección de familias y la configuración del sistema estructural. Posteriormente, se abordaron aspectos propios de la fundamentación teórica, tales como la determinación del grado de indeterminación estática de la armadura y del pórtico, así como la correcta estimación y asignación de cargas, incluyendo cargas muertas y cargas vivas conforme a la normativa vigente NSR-10.(Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2010)

En una segunda fase, el modelo fue exportado a Autodesk Robot Structural Analysis, donde los estudiantes llevaron a cabo un análisis estructural básico, enfocado en la obtención e interpretación de desplazamientos, rotaciones y reacciones en apoyos. Esta etapa permitió

establecer una relación directa entre la modelación geométrica y la respuesta estructural del sistema, fortaleciendo la comprensión del comportamiento global de la estructura.

El desarrollo de esta actividad promovió el trabajo en equipo, la discusión técnica y la aplicación integrada de los conceptos abordados durante la intervención. Asimismo, permitió profundizar en la comprensión de la combinación de estructuras anteriormente trabajadas, tales como pórticos y armaduras, incorporando los conocimientos adquiridos en los módulos anteriores. Se incluyó la exportación del modelo a Autodesk Robot Structural Analysis para realizar un análisis básico, permitiendo consolidar la relación entre modelo, comportamiento estructural y el grado de indeterminación estático con respecto a la idealización de condiciones de borde dentro del modelado en Autodesk Revit al Autodesk Robot Structural Analysis.

4.4.Fase 3: Evaluación del impacto

La fase final del proyecto se centró en la evaluación del impacto de la estrategia didáctica implementada, con el fin de analizar su contribución al proceso de enseñanza-aprendizaje. Para eso, se usaron diferentes mecanismos de evaluación, entre los cuales se incluyen:

4.4.1. Cuestionarios por módulo

Se diseñaron y aplicaron cuestionarios de evaluación orientados a verificar la apropiación de los contenidos abordados en cada etapa. Estos cuestionarios no se limitaron únicamente al manejo de las herramientas digitales, sino que también incluyeron preguntas relacionadas con conceptos fundamentales de análisis estructural que los estudiantes ya debían dominar. De esta manera, se buscó evaluar no solo el aprendizaje del uso del software, sino también la capacidad de articular dichos conocimientos con la fundamentación teórica de la asignatura. Estos cuestionarios permitieron evidenciar el nivel de comprensión integral de los estudiantes, estableciendo una

relación entre la modelación estructural, la interpretación de resultados y los principios teóricos previamente adquiridos.

4.4.2. Taller en equipos

La implementación del taller integrador permitió evidenciar un impacto positivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de análisis estructural. En particular, se observó una mejora en la capacidad de los estudiantes para articular los conceptos teóricos con su aplicación práctica.

El uso combinado de herramientas como Autodesk Revit y Autodesk Robot Structural Analysis favoreció el desarrollo de habilidades de visualización espacial, permitiendo a los estudiantes comprender de manera más clara la configuración tridimensional de los sistemas estructurales y su interacción. Asimismo, la interoperabilidad entre ambas plataformas facilitó la conexión entre la modelación geométrica y el análisis numérico, fortaleciendo la comprensión de variables como desplazamientos, y reacciones.

Desde el punto de vista pedagógico, el enfoque basado en actividades prácticas y trabajo colaborativo promovió una buena participación por parte de los estudiantes, incentivando la apropiación del contenido. Adicionalmente, este tipo de procesos de aprendizaje enriqueció la experiencia formativa mediante la integración de herramientas digitales y metodologías activas.

4.4.3. Encuesta de percepción

Encuesta aplicada al finalizar la implementación, orientada a evaluar el impacto de los recursos en la comprensión conceptual, la facilidad de aprendizaje y la valoración de la metodología. La información recolectada a través de estos mecanismos permitió identificar fortalezas, dificultades y oportunidades de mejora en la implementación del material.

5. Desarrollo de la Experiencia Docente

5.1. Ejecución de los Módulos de Aprendizaje

La intervención se realizó con 54 estudiantes de la asignatura de análisis estructural, abarcando un total de cinco módulos diseñados para integrar de forma progresiva el modelado BIM con conceptos del tema de Fundamentos Teóricos de la asignatura.

5.1.1. Instalación y reconocimiento del software

Se orientó a los estudiantes en el proceso de instalación y configuración inicial de Autodesk Revit y Autodesk Robot Structural Analysis, con el objetivo de garantizar que todos contaran con las herramientas necesarias para el desarrollo de las actividades posteriores. Este proceso se apoyó en un recurso audiovisual, en el cual se explicaba de manera detallada el paso a paso para la instalación y el reconocimiento básico de la interfaz de ambos programas. Posteriormente, se habilitó un cuestionario asociado al módulo, diseñado para evaluar la comprensión del contenido presentado en el video. Los resultados obtenidos evidenciaron un alto desempeño general por parte de los estudiantes, con un promedio de calificación superior a 4.3, lo cual permitió identificar que el material audiovisual fue claro y efectivo en la transmisión de los contenidos iniciales.

5.1.2. Revisión de predimensionamiento estructural

En esta etapa, los estudiantes trabajaron sobre un modelo estructural base previamente definido, con el objetivo de verificar el predimensionamiento de sus elementos. El ejercicio se desarrolló mediante la aplicación de criterios establecidos en la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10, específicamente en el Título C correspondiente al diseño de elementos de concreto reforzado (NSR-10, 2010). Para ello, se consolidaron en una tabla de verificación los principales numerales y tablas normativas aplicables al predimensionamiento de vigas, columnas

y otros elementos estructurales (ver Tabla 1), incluyendo referencias como C.21.6.1.1, C.21.5.1.2 y las tablas C.9.5(a) y CR.9.5. Esta herramienta permitió a los estudiantes realizar una revisión de las dimensiones de los elementos estructurales dentro del entorno del modelamiento, facilitando la aplicación práctica de la normativa y fortaleciendo su capacidad de interpretación.

Posteriormente, se habilitó un cuestionario orientado a evaluar la comprensión de los criterios normativos aplicados, incluyendo preguntas relacionadas con la identificación de numerales, interpretación de requisitos geométricos y verificación de condiciones básicas de diseño. Los resultados evidenciaron un desempeño general de 3.2, lo cual permitió identificar variabilidad en el nivel de comprensión de los estudiantes.

Figura 1

Artículos de la NSR-10 considerados en el predimensionamiento estructural.

Artículos de la NSR-10 que tienen en cuenta el predimensionamiento	
ELEMENTO ESTRUCTURAL	ARTÍCULO NSR-10
COLUMNAS	C.21.6.1.1; 6.21.6.1.2; C.10.9.1; C.7.10.5.1; C.7.10.5.2; C.21.3.5.6.
VIGAS	C.21.5.1.2; C.21.5.1.3; Tabla C.9.5(a); Tabla CR.9.5
MURO ESTRUCTURAL	C.21.1.3; C.21.1.7
LOSA ALIGERADA	Tabla C.9.5(a); Tabla CR.9.5; C.8.13.1; C.8.13.2; C.8.13.3; C.8.13.6; C.8.13.6.1.
LOSA MACIZA	Tabla C.9.5(a); Tabla C.9.5(b) y C.8.

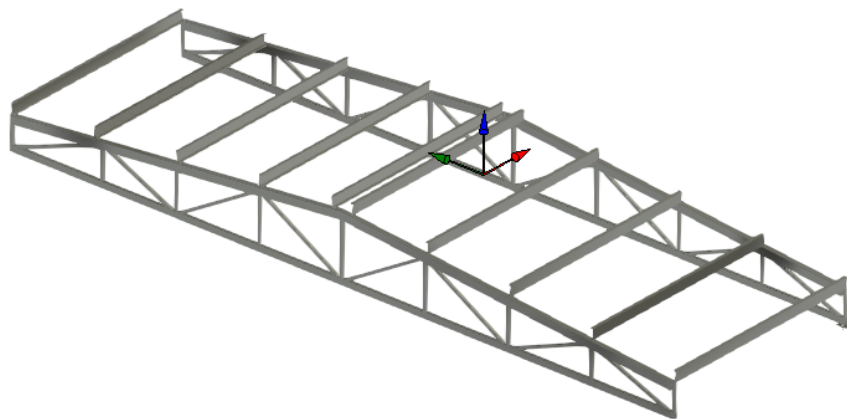
Nota. Imagen adaptada con información de la NSR-10, autoría propia

5.1.3. *Modelado de armaduras*

En este módulo se abordó el modelamiento de armaduras, orientando a los estudiantes desde el cálculo del grado de indeterminación estático (externo, interno y total) hasta su representación en un entorno de modelado digital. La actividad se desarrolló a partir de un recurso audiovisual en el cual se explicaba el proceso de creación de la armadura en Autodesk Revit, iniciando con la configuración de las familias estructurales y la definición de la geometría del sistema, como se muestra en la Figura 1(a). Posteriormente, se realizó el modelamiento de las conexiones entre los diferentes elementos de la armadura, así como la asignación de condiciones de apoyo, etapa ilustrada en la Figuras 1 (b) al (d), lo que permitió establecer el comportamiento estructural del sistema. Finalmente, el modelo fue exportado a Autodesk Robot Structural Analysis, donde se aplicaron cargas y se visualizaron las reacciones, tal como se observa en la Figura 1(e), permitiendo a los estudiantes relacionar directamente la geometría de la estructura con su respuesta ante solicitaciones. Esta secuencia de trabajo facilitó la comprensión integral del sistema estructural, integrando el análisis teórico con su modelación y evaluación en un entorno digital.

Figura 2 (a)

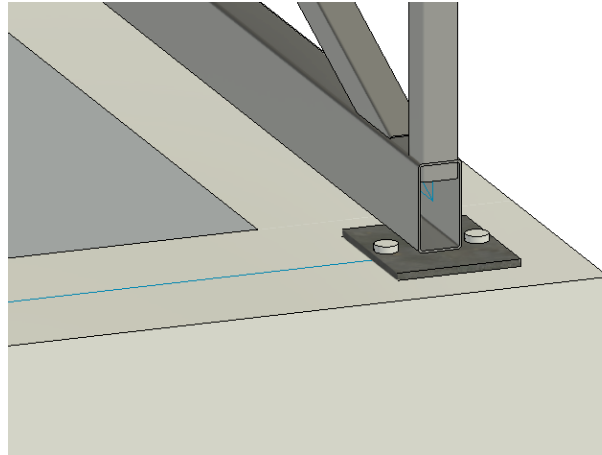
Modelado de armadura en Revit



Nota. Armadura de autoría propia realizada en *Autodesk Revit*

Figura 2 (b)

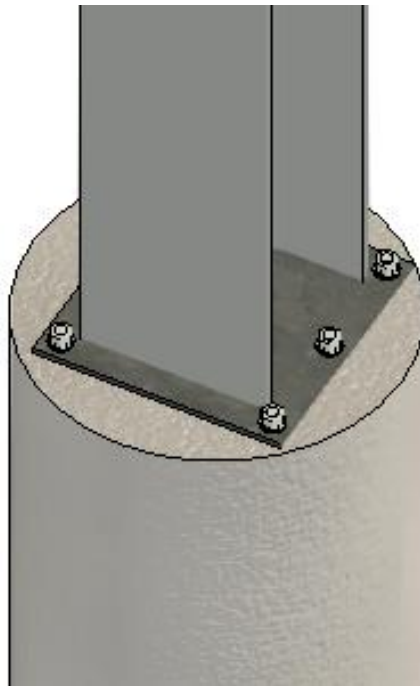
Modelado de apoyos de la armadura



Nota. Elaboración propia a partir de modelado en *Autodesk Revit*

Figura 2 (c)

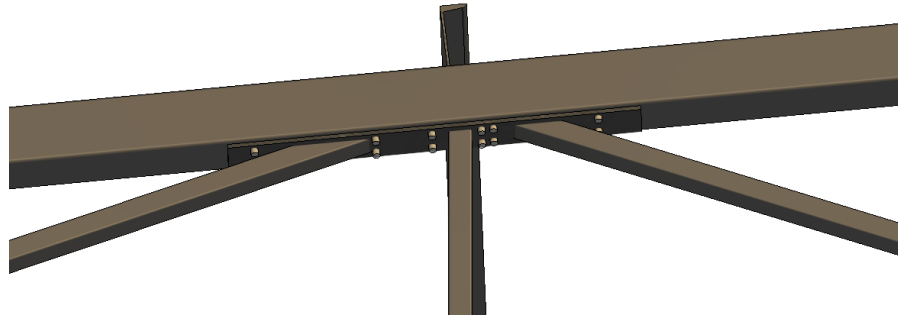
Modelado de apoyos de la armadura



Nota. Elaboración propia a partir de modelado en *Autodesk Revit*

Figura 2 (d)

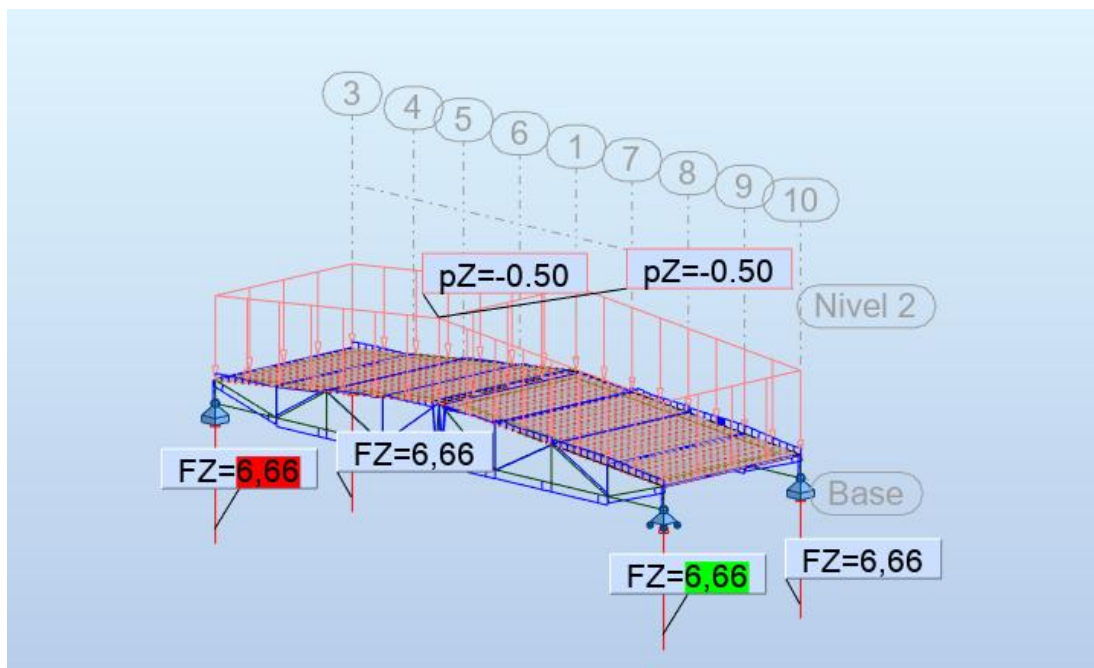
Modelado de conexiones de la armadura



Nota. Elaboración propia a partir de modelado en Autodesk Revit

Figura 2 (e)

Modelado de armadura en Robot Structural Analysis



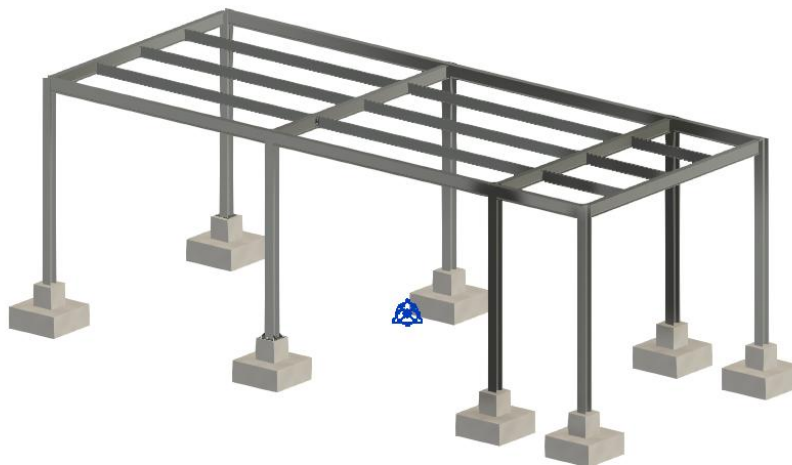
Nota. Elaboración propia a partir de modelado en Autodesk Robot Structural Analysis

5.1.4. Modelado de pórticos

En este módulo se abordó el modelamiento de pórticos, orientando a los estudiantes desde el cálculo del grado de indeterminación estático (externo, interno y total) hasta su representación en un entorno de modelado digital. La actividad se desarrolló a partir de un recurso audiovisual en el cual se explicaba el proceso de creación del pórtico en Autodesk Revit, iniciando con la configuración de las familias estructurales y la definición de la geometría del sistema, como se muestra en la Figura 2(a). Posteriormente, se realizó el modelado de los apoyos y las conexiones, etapa ilustrada en la Figura 2 (b) y (c), lo que permitió establecer el comportamiento estructural del sistema. Finalmente, el modelo fue exportado a Autodesk Robot Structural Analysis, donde se aplicaron cargas y se visualizaron las reacciones, tal como se observa en la Figura 2(d), permitiendo a los estudiantes relacionar directamente la geometría de la estructura con su respuesta ante solicitaciones. Esta secuencia de trabajo facilitó la comprensión integral del sistema estructural, integrando el análisis teórico con su modelación y evaluación en un entorno digital.

Figura 3 (a)

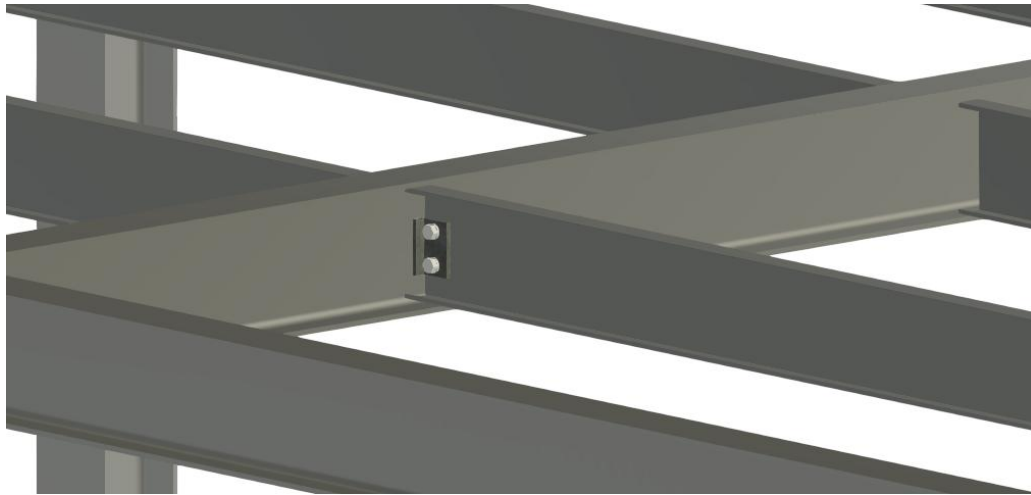
Modelado de pórtico en Revit



Nota. Elaboración propia a partir de modelado en *Autodesk Revit*

Figura 3 (b)

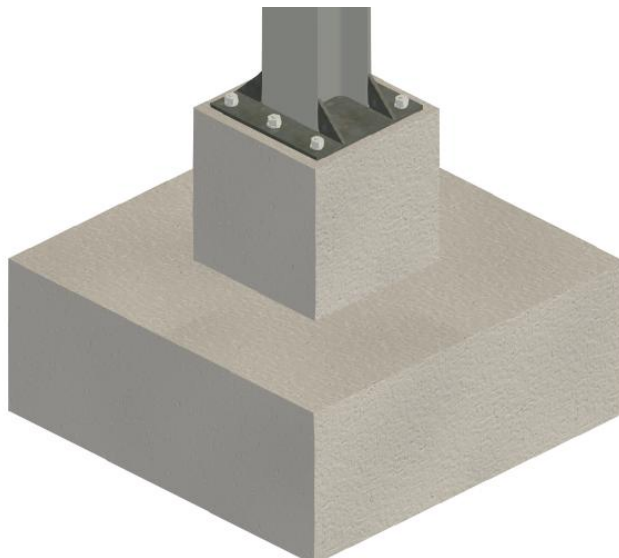
Modelado de conexiones vigueta-viga en el pórtico.



Nota. Elaboración propia a partir de modelado en *Autodesk Revit*

Figura 3 (c)

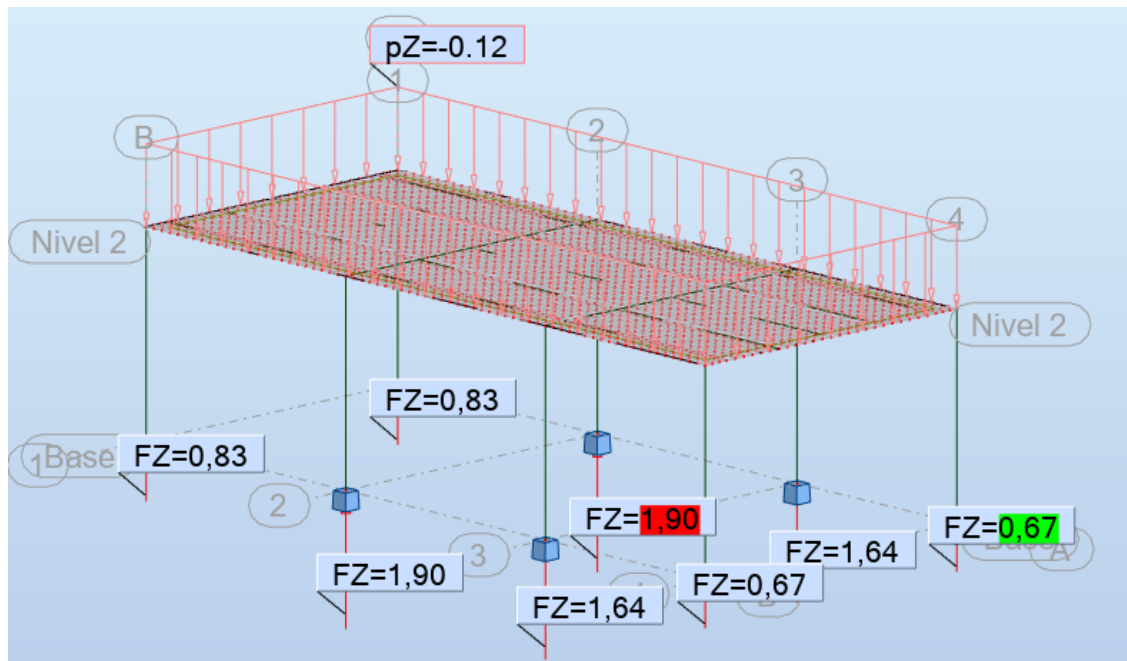
Modelado de conexiones columna-pedestal-zapata en el pórtico.



Nota. Elaboración propia a partir de modelado en *Autodesk Revit*

Figura 3 (d)

Modelado de pórtico en robot.



Nota. Elaboración propia a partir de modelado en *Autodesk Robot Structural Analysis*

5.1.5. Modelado de estructuras compuestas:

Como cierre del proceso, se desarrolló un taller de mayor complejidad en una sesión presencial (Figura 4(a)), el cual integraba los sistemas estructurales abordados en los módulos anteriores. A diferencia de las actividades previas, que se apoyaban principalmente en recursos audiovisuales y trabajo autónomo, este ejercicio se enfocó en la resolución de una estructura compuesta, exigiendo al estudiante la aplicación de criterio para la correcta unión de diferentes sistemas y la adecuada transferencia de cargas entre los elementos.

El desarrollo del taller inició con el modelamiento de la estructura en Autodesk Revit, donde los estudiantes definieron la geometría general, como se observa en la Figura 4(b).

Posteriormente, se realizó la asignación de condiciones de apoyo y la revisión del comportamiento global del sistema, etapa ilustrada en la Figura(b), permitiendo validar la coherencia estructural del modelo. Finalmente, el sistema fue exportado a Autodesk Robot Structural Analysis, donde se aplicaron cargas y se evaluaron las reacciones, consolidando la relación entre la configuración geométrica y el comportamiento estructural. Esta actividad permitió integrar los conocimientos adquiridos, fortaleciendo la capacidad de los estudiantes para interpretar estructuras complejas en un entorno de modelación.

Figura 4 (a)

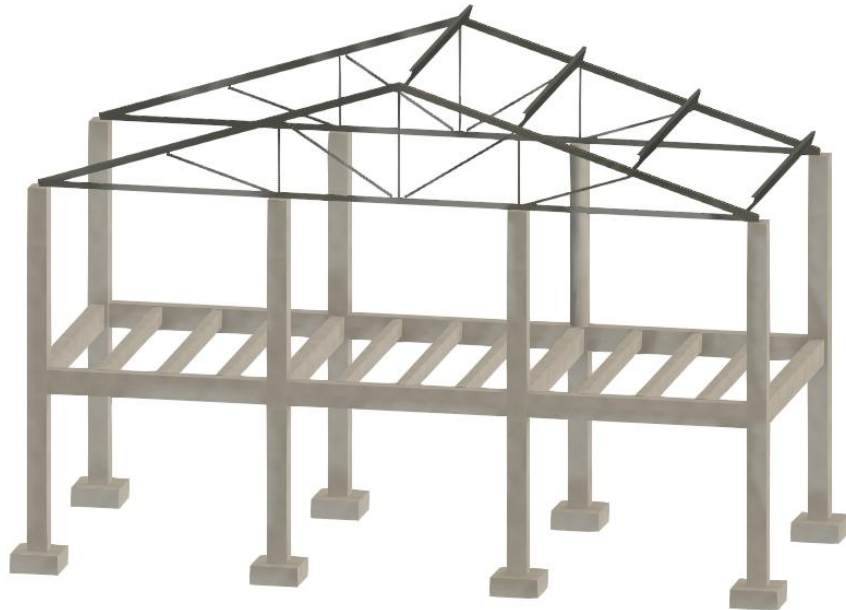
Clase presencial sobre el modelado de estructuras compuestas en Revit y Robot Structural Analysis



Nota. Imagen capturada por la directora del trabajo de grado.

Figura 4 (b)

Geometría usada en la estructura compuesta



Nota. Elaboración propia a partir de modelado en *Autodesk Revit*

5.2. Dinámica de Interacción y Estrategia Didáctica

Para los primeros cuatro módulos, se implementó una modalidad de aprendizaje autónomo asistido, desarrollada en coherencia con el avance progresivo de la cátedra de Análisis Estructural orientada por la docente titular del curso. La interacción se mediaba a través del Aula Virtual Moodle, donde semanalmente se publicaban videos tutoriales detallados junto con sus respectivos cuestionarios de evaluación, los cuales debían ser desarrollados dentro de los plazos establecidos, garantizando su articulación con el calendario académico de la asignatura. Esta metodología permitió a los estudiantes abordar los contenidos de manera guiada, utilizando los recursos audiovisuales como apoyo en su proceso de aprendizaje. Adicionalmente, se dispuso un foro en el Aula Virtual como un espacio de consulta permanente, en el cual los estudiantes podían interactuar y resolver dudas asociadas a las actividades propuestas.

En el quinto módulo, la dinámica cambió hacia un encuentro de carácter presencial, el cual permitió una interacción directa con los estudiantes, facilitando la resolución de dudas en tiempo real y fomentando el trabajo colaborativo. Esta sesión integradora contribuyó a consolidar los conocimientos adquiridos en los módulos anteriores y permitió evaluar la capacidad de los estudiantes para aplicar los conceptos técnicos en un contexto más complejo. Además, esta sesión permitió que, en el marco de la práctica docente, se desarrollaran habilidades de comunicación, manejo de grupo y gestión del tiempo.

5.3.Evaluación del proceso de Aprendizaje

El seguimiento del proceso de aprendizaje en los primeros cuatro módulos se realizó mediante la revisión de los resultados obtenidos en los cuestionarios implementados en el Aula Virtual Moodle, los cuales incluían preguntas orientadas tanto a la comprensión de los fundamentos teóricos como a su aplicación en el modelamiento estructural. Esta estrategia de evaluación permitió evidenciar el nivel de apropiación de los contenidos por parte de los estudiantes, así como identificar dificultades en la interpretación de conceptos estructurales dentro de un entorno de modelación.

La implementación de estos módulos en modalidad asincrónica respondió a la intención pedagógica de complementar la cátedra de fundamentos impartida por la docente, brindando a los estudiantes un espacio adicional para desarrollar habilidades de visualización, interpretación y aplicación de los conceptos previamente abordados de manera teórica. De esta forma, el uso de recursos audiovisuales y actividades guiadas permitió reforzar el proceso de abstracción estructural, facilitando la transición entre el análisis conceptual y su representación en modelos tridimensionales.

Por otra parte, el taller final, desarrollado en una sesión presencial y entregado en equipos a través del Aula Virtual de Aprendizaje, constituyó un espacio integrador en el cual los estudiantes, ya formados en los fundamentos teóricos, pudieron aplicar de manera conjunta los conocimientos adquiridos. Esta sesión permitió evidenciar la pertinencia de la estrategia implementada, al favorecer el acompañamiento directo en procesos de interpretación estructural y resolución de problemas más complejos. En este sentido, la combinación entre actividades asincrónicas y una sesión presencial facilitó no solo la consolidación de los conceptos, sino también el desarrollo de habilidades asociadas al análisis y comprensión del comportamiento estructural en un entorno de modelación.

6. Reflexión Pedagógica

La experiencia docente en la asignatura de análisis estructural permitió implementar una estrategia pedagógica orientada a complementar la formación teórica mediante el uso de herramientas BIM, específicamente a través de la articulación entre Autodesk Revit y Autodesk Robot Structural Analysis. En este contexto, la metodología se centró en fortalecer los procesos de interpretación y abstracción estructural, permitiendo a los estudiantes establecer una relación más clara entre los conceptos teóricos y su representación en modelos tridimensionales.

El seguimiento del proceso de aprendizaje se apoyó en cuestionarios implementados en el Aula Virtual de Aprendizaje, cuyos resultados permitieron evaluar la efectividad de los recursos didácticos. Por ejemplo, en el módulo de predimensionamiento se registró un promedio de 3.2, De manera complementaria se obtiene la retroalimentación de cada módulo, en el módulo de armaduras se obtuvo un promedio de calificación de 4.5, lo cual evidencia una adecuada comprensión de los contenidos abordados y sugiere que el material audiovisual fue claro e intuitivo para los estudiantes (ver Apéndice K). Y se logra ver el avance del aprendizaje de los conceptos de Fundamentos Teóricos y modelado de los estudiantes en el proceso del curso

Adicionalmente, a partir de la encuesta de percepción aplicada, se encontró que aproximadamente el 80% de los estudiantes consideraron los videos explicativos como un recurso fundamental dentro de su proceso de aprendizaje, destacando su utilidad para comprender procedimientos técnicos y reforzar los conceptos vistos en clase (ver Apéndice H). Estos resultados respaldan la pertinencia de la estrategia asincrónica como complemento a la cátedra de fundamentos, al facilitar espacios adicionales para la apropiación del conocimiento.

Por otra parte, la implementación del taller presencial permitió consolidar los aprendizajes adquiridos, brindando un espacio de acompañamiento directo en el cual los estudiantes pudieron

aplicar los conceptos en un contexto más complejo. Esta instancia favoreció el desarrollo de habilidades de análisis e interpretación estructural, promoviendo una mejora en la capacidad de los estudiantes para relacionar la geometría del modelo con su comportamiento estructural. También, en el marco de la práctica docente, esta sesión contribuyó al desarrollo de habilidades de comunicación, manejo de grupo y gestión del tiempo.

En conjunto, los resultados obtenidos por medio de las encuestas donde los estudiantes manifiestan su satisfacción con el material permiten afirmar que la estrategia pedagógica implementada contribuyó al fortalecimiento de los procesos de aprendizaje en análisis estructural, no desde la sustitución de herramientas existentes, sino mediante la integración y conocimiento de recursos adicionales que favorecen la comprensión, interpretación y aplicación de los conceptos en un entorno de modelación.

7. Conclusiones

Se logró el diseño y la implementación de un conjunto de recursos didácticos en Autodesk Revit y en Autodesk Robot que integran de manera efectiva la teoría del análisis estructural con el modelado digital. El uso de estos recursos permitió que los estudiantes de la práctica pasaran de una interpretación teórica abstracta a una aplicación práctica y visual, cumpliendo con el propósito de fortalecer el aprendizaje de los procedimientos propios de la asignatura.

La creación de guías y videos tutoriales permitió representar gráficamente conceptos que suelen ser complejos de visualizar en el tablero tradicional. La efectividad de este material fue validada por la totalidad de los estudiantes encuestados, el 88.9 % de los estudiantes encuestados calificaron la calidad de los recursos entre sobresaliente y excelente, confirmando que el soporte audiovisual facilita la comprensión de los procedimientos de modelado.

La implementación de modelos tridimensionales resultó determinante para que los estudiantes identificaran con mayor claridad los tipos de sistemas, las condiciones de apoyo y la transferencia de cargas. Los resultados de las encuestas muestran que el 94.4% de los participantes considera que el uso de estas herramientas le permitió entender mejor cómo se comportan las estructuras en la vida real, cerrando la brecha entre el cálculo matemático y la geometría física del proyecto

Referencias Bibliográficas

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Autodesk. (2026a). Revit (26). Autodesk.
- Autodesk. (2026b). Robot Structural Analysis (26). Autodesk.
- Azhar, S., & Asce, A. M. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Computers and Structures, Inc. (2024). SAP 2000 (26.0.0).
- Hadi, A. S., Abd, A. M., & Mahmood, M. (2021). Integrity of Revit with structural analysis softwares. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1076(1), 012119. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1076/1/012119>
- Ma, J., & Tao, Y. (2023). Learning Outcomes of Civil Engineering Students in PBL Based on Building Information Modeling. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(7), 89–102. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i07.38701>
- Marcelo, C., Viñan1, L., Manuel, V., Baloy1, P., Maritza, G., Bravo1, V., & Calle1, A. L. (2025). Uso de modelos BIM en la planificación de obras civiles: un análisis textual discursivo de artículos de investigación. *Revista Ingenio global*, 4(1), 175–189. <https://doi.org/10.62943/RIG.V4N1.2025.209>

Nawari, N., Itani, L., & Gonzalez, E. (2011). Understanding Building Structures Using BIM Tools.

Congress on Computing in Civil Engineering, Proceedings, 478–485.

[https://doi.org/10.1061/41182\(416\)59](https://doi.org/10.1061/41182(416)59)

Revit para diseño de arquitectura y construcción | Autodesk. (s/f). Recuperado el 24 de agosto de

2025, de <https://www.autodesk.com/latam/products/Revit/architecture>

Tijo Lopez, S., & Mejia Aguilar, G. (2023). Experiencias de la integración de la metodología BIM

en el aula: caso de estudio. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, 1–11.

<https://doi.org/10.26507/PAPER.3278>