

**PRÁCTICA PEDAGÓGICA EN LA ASIGNATURA DISEÑO DE HORMIGÓN
ARMADO I**

DAVID SEBASTIÁN COTES PRIETO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017**

**PRÁCTICA PEDAGÓGICA EN LA ASIGNATURA DISEÑO DE HORMIGÓN
ARMADO I**

DAVID SEBASTIÁN COTES PRIETO

Trabajo de grado como requisito para optar por el título de
Ingeniero Civil

Director:

LUIS EDUARDO ZAPATA ORDUZ

Ingeniero Civil. Ph D

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017**

CONTENIDO

Pag

INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS	14
1.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2. METODOLOGÍA.....	16
2.1. REVISIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA	16
2.1.1. Diagnóstico con base en entrevista a los docentes.....	16
2.1.2. Diagnóstico y propuestas con base en encuestas a los estudiantes.....	17
2.1.3. Propuestas adicionales	22
2.2. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES.....	23
2.2.1. Cronograma de actividades.....	23
2.2.2. Horas de clase teóricas	27
2.2.3. Examen diagnóstico	32
2.2.4. Horas de tutoría.....	34
2.2.5. Armado, fundición y ensayo de vigas	49
2.2.6. Visita de obra.....	55
2.2.7. Conferencia por parte de profesional	57
2.2.8. Aula virtual de aprendizaje	59
2.2.9. Encuestas a estudiantes quienes tomaron el curso	60
3. CONCLUSIONES.....	61
REFERENCIAS	62
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Propósitos y competencias como parte del cronograma de actividades.	24
Figura 2. Bibliografía y porcentajes de evaluación como parte del cronograma de actividades.	25
Figura 3. Calendarización de las actividades en el cronograma.	26
Figura 4. Colapso del puente de Tacoma.	28
Figura 5. Diapositiva sobre la definición básica de concreto.	29
Figura 6. Diapositiva sobre la definición básica de concreto reforzado.	30
Figura 7. Diapositiva de ejercicio práctico de análisis de cargas en estructuras.	30
Figura 8. Desarrollo de actividades en el aula durante horas de clase teóricas.	31
Figura 9. Ejercicio aplicado a los estudiantes para evaluar los conocimientos previos en estática y análisis estructural.	33
Figura 10. Lista de estudiantes divididos en sub-grupos para horarios de tutoría.	35
Figura 11. Ejercicio de torsión por compatibilidad.	37
Figura 12. Ejercicio de torsión por equilibrio.	37
Figura 13. Diagrama momento-curvatura con el software Response 2000.	40
Figura 14. Idealización bilineal del diagrama momento-curvatura.	40
Figura 15. Clase de modelamiento en SAP 2000®. Sub-grupo 1.	42
Figura 16. Clase de modelamiento en SAP 2000®. Sub-grupo 2.	42
Figura 17. Clase de modelamiento en SAP 2000®. Proyección en video beam.	43
Figura 18. Modelo de edificación realizado por los estudiantes utilizando SAP 2000®.	44
Figura 19. Sección transversal asignada.	45
Figura 20. Ejemplo de consideraciones del Eurocode 2 para diseño de secciones a flexión.	46
Figura 21. Vista en alzado de bodega asignada.	47
Figura 22. Vista en planta de edificación de proyecto final de asignatura.	48
Figura 23. Despiece de viga sub-reforzada.	50
Figura 24. Mezcla del concreto para vigas.	51
Figura 25. Refuerzo y formaleta de vigas.	52
Figura 26. Estudiantes de la asignatura concluyendo el armado de las vigas.	52
Figura 27. Vigas 15 días después de la fundida ubicadas en el laboratorio.	53
Figura 28. Falla de viga sub-reforzada.	54
Figura 29. Falla de viga por cortante.	54
Figura 30. Estudiantes y docentes durante ensayo a vigas.	55
Figura 31. Estructura en construcción-San Lorenzo Reserva.	56
Figura 32. Estudiantes durante la visita de obra.	56

Figura 33. Auxiliar, Ingeniero residente y profesor durante la visita de obra.	57
Figura 34. Estudiantes e ingeniero durante conferencia.....	58
Figura 35. Presentación de proyectos estructurales.....	58
Figura 36. Aula virtual de aprendizaje para Diseño de Hormigón Armado I.	59

LISTA DE ANEXOS

VER CARPETA DE ANEXOS ADJUNTA EN EL CD. PUEDE SER VIZUALIZADA EN BIBLIOTECA EN BASE DE DATOS.

ANEXO A. EVALUACIÓN DOCENTE DILIGENCIADA POR EL ESTUDIANTE....66

ANEXO B. SE ADJUNTA CARPETA DE ANEXOS EN EL CD.

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA PEDAGÓGICA EN LA ASIGNATURA DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO I*

AUTORES: DAVID SEBASTIÁN COTES PRIETO**

PALABRAS CLAVE: Formación académica, Ingeniería Civil, Concreto Reforzado, Diseño estructural, Pedagogía.

El desarrollo de la sociedad está ligado a la formación de personas innovadoras y competentes en materia de su profesión, siendo la universidad una etapa donde el aprendizaje ético, cognitivo y social se enfoca hacia cierta área del conocimiento, sin pasar por alto la formación integral y teniendo en cuenta que actualmente es imperativo el buen manejo de herramientas tecnológicas. Aspectos muy importantes del conocimiento técnico y la responsabilidad de los profesionales en ingeniería civil formados por la Universidad Industrial de Santander, los cuales están relacionados con el curso Diseño de Hormigón Armado I, debido a que este es el primer curso de pregrado donde los conceptos se aplican directamente a la industria del diseño estructural y la construcción. Este proyecto se enfocó en integrar actividades al curso desarrollado durante el primer semestre del año 2016, cuya función fue servir como fundamento, guía e inspiración al futuro profesional. Las actividades desarrolladas se seleccionaron con base en las propuestas del ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) junto a las recomendaciones de los estudiantes y profesores. Dichas actividades, implementadas por primera vez en la historia del curso, buscaron acortar la brecha entre la academia y la industria de la construcción, desarrollar las habilidades en manejo de software especializado, contribuir a la realización del perfil profesional, utilizar normativa nacional e internacional para el cálculo de edificaciones y enfatizar en la aplicación de los conceptos a la práctica del diseño estructural.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis Eduardo Zapata Orduz.

ABSTRACT

TITLE: PEDAGOGICAL PRACTICE IN THE SUBJECT DESIGN OF REINFORCED CONCRETE I *

AUTHORS: DAVID SEBASTIÁN COTES PRIETO**

KEYWORDS: Academic formation, Civil Engineering, Reinforced Concrete, Structural Design, Pedagogy.

Society development is related to the formation of innovative and competent people in matter of their profession, being the university a stage where the ethic, cognitive and social learning focusses into a specific area of knowledge, without overlooking integral formation and taking on account nowadays it is imperative the good use of technological tools. Very important aspects about technical knowledge and the responsibility of the professionals at Civil Engineering formed at Industrial University of Santander are related to the subject Design of Reinforced Concrete. This is the first subject on the undergraduate program where concepts are directly applied to the structural design and construction industry. This project focused on integrating activities to the course which were developed on the first semester of 2016, whose role was serving as basis, guide and inspiration to the future professional. The proposed activities were selected based on the ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) along the student and teachers recommendations. These activities, implemented for the first time in the subject's history, seek to shorten the gap between the academy and the construction industry, to develop skills on specialized software use, to contribute on the realization of the professional profile, to use national and international building codes and to emphasize in the application of the theoretical concepts to the structural design practice.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis Eduardo Zapata Orduz.

INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual el hormigón armado, más comúnmente denominado como concreto reforzado, es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción [1]. Para contextualizar al lector, se puede definir de forma breve este material como el resultado de la combinación de otros dos materiales de gran uso en la industria: el concreto y el acero. La unión de estos dos materiales busca aprovechar las propiedades mecánicas de cada uno de tal manera que el resultado sea funcional, práctico, manejable y económico, por lo cual usualmente se trata de cantidades pequeñas de acero en comparación con las utilizadas de concreto. Definir la cantidad a utilizar de cada uno de estos es responsabilidad de un profesional facultado para ello, usualmente un ingeniero civil. En la práctica es común colocar estas cantidades de acero en forma de cables, fibras o varillas embebidas en el concreto dependiendo de la concepción de diseño manejada por el profesional responsable del cálculo.

Bajo el contexto previamente presentado, se entiende que es responsabilidad del Ingeniero Civil entender los fundamentos del comportamiento de este material, de manera que sea posible llevar a cabo el desarrollo de proyectos donde este material se encuentre involucrado.

La Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander se caracteriza por formar ingenieros competentes en la rama del diseño estructural. Parte de esta formación se realiza en la asignatura Diseño de Hormigón Armado I, en la cual, se pretende que el estudiante comprenda los conceptos básicos del concreto reforzado cuando el tipo de refuerzo usado consiste en varillas de acero.

El proceso educativo universitario que desea impartir la Escuela de Ingeniería Civil UIS a sus estudiantes busca garantizar su competitividad internacional. Para cumplir esta meta la escuela se encuentra actualmente realizando el proceso de acreditación internacional de programas de ingeniería del ABET (Accreditation

Board For Engineering and Technology) [2], el cual certificará que los estudiantes graduados del programa son capaces de desenvolverse internacionalmente en cualquier campo de acción pertinente a su profesión.

Es de gran importancia para la educación universitaria ayudar al estudiante a entender variedad de conceptos, utilizarlos para enfocar los problemas que conciernen a su profesión de forma crítica y dar soluciones viables debidamente justificadas [3,4]. Así mismo mostrar al estudiante las posibilidades de campos de acción en las que puede participar en su vida profesional, conocer las herramientas tecnológicas que el mundo actual le proporciona para el desarrollo de su profesión, además de darle a entender que es parte fundamental de su educación y por tanto debe contribuir con un proceso de retroalimentación expresando su opinión respecto a la manera en que se le está enseñando. Todo lo anterior busca que el efecto de este proceso impacte de manera positiva tanto en el docente como en el estudiante [5]. La aplicación de estos conceptos se refleja en profesionales mejor formados para servir a la sociedad por tanto es imperativo su desarrollo en las asignaturas de pregrado universitario como es el caso específico de la asignatura: Diseño de Hormigón Armado I.

Este proyecto busca un complemento en el proceso de aprendizaje del estudiante de la teoría básica del concreto reforzado, con ayuda de los conceptos adquiridos previamente en otras asignaturas, de manera que aborde y aplique las recomendaciones del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes (NSR-10) [6] de forma crítica y compare el contenido de esta norma con los conceptos básicos de la estática, la mecánica de los materiales, el análisis estructural y otras normas internacionales tales como las recomendaciones de cálculo propuestas por el ACI (American Concrete Institute) en el documento ACI-318 [7] y las reglas generales de cálculo para estructuras de concreto presentadas por la Unión Europea en el documento Eurocode 2 [8]; siendo el resultado de este

proceso académico, la contribución a la capacidad del estudiante para proponer soluciones viables a las problemáticas relacionadas con el tema.

Adicional a lo anteriormente descrito, se pretende contribuir al desarrollo del perfil profesional del estudiante, relacionando los conceptos estudiados en clase, a su desarrollo práctico en el campo de la investigación, y la industria comercial del diseño estructural y la construcción. Para este último ítem se hará uso en el aula de fotografías de proyectos actualmente en etapa constructiva como apoyo para explicar los conceptos teóricos. Además, el proyecto en su totalidad tiene como finalidad mostrar algunas herramientas computacionales comerciales, sus fundamentos, su forma de uso, y algunas de sus aplicaciones en el análisis y diseño de elementos de concreto reforzado. Finalmente, se busca permitir que el estudiante opine sobre la manera en que se va desarrollando el curso aprovechando un proceso de planeación táctica y retroalimentación.

El desarrollo de las actividades del proyecto aplica las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) con ayuda del Centro para la Enseñanza de la Docencia de la Universidad Industrial de Santander (CEDEDUIS), y contribuye con los lineamientos actualmente propuestos en la asignatura de acuerdo a los incisos seleccionados para el desarrollo del proceso de acreditación del ABET.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Integrar el uso de normativa de diseño estructural nacional e internacional, herramientas computacionales y experimentación, en los laboratorios de estructuras, como parte de la metodología de enseñanza en la asignatura Diseño de Hormigón Armado I, para contribuir al desarrollo cognitivo de los estudiantes.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Relacionar la “Norma Colombiana de Construcciones Sismo-Resistentes” con los códigos de diseño Norte-Americano ACI-318 y Europeo Eurocode 2, y los conceptos básicos de la mecánica, mediante el desarrollo de ejercicios en clase sobre diseño de vigas sometidas a flexión, para fortalecer la comprensión de los principios en los que se basa el diseño estructural.

Exponer las diferencias existentes entre el enfoque investigativo y la aplicación comercial de los conceptos del hormigón armado, mediante charlas de profesionales involucrados en ambos contextos para guiar al estudiante en su desarrollo profesional.

Emplear el uso de las herramientas computacionales comerciales SAP 2000, ETABS y Excel mediante clases especializadas en los laboratorios de computación, para explicar su relación y aplicabilidad en el diseño de estructuras de concreto reforzado.

Realizar el armado y ensayo de tres clases diferentes de vigas de concreto reforzado: falla controlada por compresión, falla controlada por tracción y falla por cortante; para dar a entender a los estudiantes el comportamiento de los diferentes tipos de falla.

2. METODOLOGÍA

2.1. REVISIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA

2.1.1. Diagnóstico con base en entrevista a los docentes Como actividad inicial se conversó con los docentes encargados de impartir la asignatura en el segundo semestre del año 2015 sobre la metodología aplicada por ellos, su forma de evaluación y las principales debilidades identificadas en los estudiantes. Los docentes manejaron metodologías similares donde destaca: la realización de tres exámenes y pequeñas actividades como componentes de evaluación, el uso exclusivo de las cuatro horas de clase destinadas semanalmente a la asignatura como espacio en el aula ofrecido a los estudiantes. No se evidencia la aplicación de: proyectos donde fuese necesario aplicar todos los conceptos relacionados a la asignatura, manejo de software especializado, y trabajo de campo o de laboratorio siendo el curso netamente una actividad desarrollada en el aula de clase. Entre todo, se destaca una actividad aplicada por uno de los docentes donde se solicitaba a los estudiantes capturar fotografías de elementos en la vida real y explicar las sollicitaciones de fuerzas internas a las que se encontraba sometido el elemento estructural previamente fotografiado.

Como principales debilidades los docentes afirmaron se encuentran: la mecanización del uso de las ecuaciones por parte de los estudiantes y debilidades en los conocimientos previos, los cuales son requisito para el normal desarrollo de la asignatura.

2.1.2. Diagnóstico y propuestas con base en encuestas a los estudiantes Se realizó una encuesta a una muestra de 55 estudiantes quienes tomaron la asignatura diseño de hormigón armado I durante el segundo semestre de 2015. Se aclara que dentro de la muestra existen estudiantes de cada uno de los cursos asignados a los diferentes docentes que impartieron esta asignatura durante el semestre mencionado. A continuación se presentan las preguntas realizadas en la encuesta, los resultados obtenidos y cómo se relacionan estos a las actividades propuestas en este proyecto.

1. ¿Cuáles de los siguientes temas fueron estudiados durante la asignatura? (Al lado de la opción de respuesta ofrecida se coloca el número de estudiantes que afirma haber abordado la temática durante el curso)

Análisis de cargas – 54

Diseño de elementos a flexión – 55

Diseño de elementos a cortante - 55

Diseño de elementos a torsión - 55

Longitudes de desarrollo y anclaje -55

Introducción a diseño sísmico – 06

Diseño de elementos a flexo-compresión – 26

Se evidencia entonces que la mayoría de temáticas parte del plan de la asignatura según lo propuesto por la Escuela de Ingeniería Civil si fueron objeto de estudio en la asignatura (para esto se debe tener en cuenta que introducción a diseño sísmico no es parte de las temáticas oficiales de la asignatura; sin embargo, históricamente algunos docentes imparten cierta parte de este contenido en la asignatura). Así mismo, se destaca el bajo número de estudiantes que afirman haber estudiado el diseño de elementos a flexo-compresión.

2. De las temáticas vistas ¿En cuál presentó dificultad? (Al lado de la opción de respuesta ofrecida se coloca el número de estudiantes que afirma haber tenido dificultad en la temática durante el curso)

Análisis de cargas – 02

Diseño de elementos a flexión – 12

Diseño de elementos a cortante - 03

Diseño de elementos a torsión - 09

Longitudes de desarrollo y anclaje -18

Introducción a diseño sísmico – 03

Diseño de elementos a flexo-compresión – 12

Como comentarios comunes de los estudiantes a esta cuestión destaca el uso de coeficientes y valores provenientes de la normativa, necesarios para el desarrollo de las temáticas, donde se obvia la explicación conceptual de la razón de ser de estos valores, convirtiendo el análisis en algo mecánico y contribuyendo a generar dudas en los estudiantes.

Como solución a las problemáticas identificadas con ayuda de las preguntas 1 y 2, se propuso en primera instancia abordar el problema desde la raíz, mediante el replanteo de la división de temáticas del curso, re-organizando el tema de diseño de elementos a flexión en dos sub-módulos, uno de análisis de elementos a flexión y otro de diseño de elementos a flexión, de manera que durante cada uno de estos sub-módulos fuese posible hacer énfasis en los conceptos fundamentales de la mecánica de elementos a flexión, buscando garantizar la claridad de los mismos en el aprendizaje del estudiante. Esto debido a que como muestran las respuestas a la pregunta 2, las mayores dificultades se presentaron en los módulos de diseño de elementos a flexión, longitudes de desarrollo y diseño de elementos a flexo-compresión siendo cada una de estas temáticas en esencia, una forma de aplicación de los conceptos fundamentales de análisis de elementos a flexión.

En segunda instancia se hizo énfasis en la explicación teórica del origen de las ecuaciones propuestas por la normativa NSR-10 y su aplicabilidad, es decir, el enfoque se direccionó a los conceptos y fundamentos de la mecánica del hormigón armado. Adicional a esto se propuso el uso de las normas internacionales ACI-318 [7] y Eurocode 2 [8] en el curso durante la temática de diseño de elementos a flexión, de manera que el estudiante pudiese notar que los fundamentos de las normativas globales son los mismos y entender la importancia de aclarar y afianzar conceptos como contrapartida a la memorización de ecuaciones contenidas en las normativas. A continuación otra de las preguntas de la encuesta:

3. ¿Fue de su agrado la metodología de enseñanza utilizada por el profesor? ¿Qué cambiaría? (Las opciones de respuesta presentadas corresponden a comentarios comunes de los estudiantes en esta pregunta. Al lado de la opción de respuesta se coloca el número de estudiantes cuyos comentarios tienen relación con esta)

Dar enfoque práctico a la asignatura mediante visitas de obra, manejo de software y proyectos de clase - 27

Brindar acompañamiento a los estudiantes para contribuir a la solución de dudas - 17

Dar enfoque teórico a los conceptos presentados en la NSR-10 [6] – 19

Como solución a las problemáticas identificadas con ayuda de la pregunta 3 las actividades propuestas y desarrolladas en el presente proyecto fueron: (i) Realizar una visita de obra a una estructura de concreto reforzado, (ii) Organizar una conferencia por parte de un profesional relacionado a la industria de la construcción tratando temas referentes a la aplicación de la asignatura en la vida profesional, (iii) El armado, la fundición y posterior ensayo de tres vigas de concreto reforzado por parte de los estudiantes en el laboratorio de estructuras de la escuela. (iv) La aplicación de un laboratorio computacional donde se utilice software especializado

relacionado a las temáticas de la asignatura y finalmente, (v) La asignación de horas adicionales de clase semanales denominadas “*horas de tutoría*” donde el estudiante puede aclarar conceptos mediante el desarrollo de ejercicios enfocados en problemas reales de la profesión.

4. ¿Fue de su agrado la metodología de evaluación utilizada por el profesor? ¿Qué cambiaría? (Las opciones de respuesta presentadas corresponden a comentarios comunes de los estudiantes en esta pregunta. Al lado de la opción de respuesta se coloca el número de estudiantes cuyos comentarios tienen relación con esta)

Realizar una retro-alimentación de cada una de las actividades evaluadas - 06
Entregar los resultados de las actividades evaluadas en el tiempo designado por la universidad - 09

Asignar un proyecto final relacionado a las temáticas de la asignatura – 07

Como solución a las problemáticas identificadas con ayuda de la pregunta 4 las actividades propuestas y desarrolladas en el presente proyecto fueron: (i) Entregar las calificaciones de cada una de las actividades a evaluar asignadas a los estudiantes en el tiempo exigido por la universidad, de forma presencial y personalizada. La entrega se realizará máximo una semana después de presentada la solución a la actividad por parte de los estudiantes tal como se exige en el Artículo 98 del Capítulo VI del reglamento académico estudiantil de pregrado de la Universidad Industrial de Santander [9]. Para garantizar que la hora de entrega de calificaciones se acomode a los horarios de disponibilidad de los estudiantes, se llevará a cabo durante las “*horas de tutoría*”. Durante la entrega se realizará el proceso de retroalimentación, donde el estudiante podrá presentar sus observaciones respecto a la calificación obtenida y recibir los debidos comentarios por parte del personal encargado de la asignatura bajo la representación del auxiliar. (ii) Asignar un proyecto final de la asignatura donde el estudiante deba aplicar todos

los conceptos adquiridos durante el curso. Se buscará el problema presentado en el proyecto sea similar a las situaciones desarrolladas durante el ejercicio profesional de un ingeniero civil y su revisión tenga una componente presencial por parte del personal encargado de la asignatura bajo la representación del auxiliar.

5. ¿Qué temáticas específicas considera son necesarias como fundamentación para tomar la asignatura diseño de hormigón armado I? (Las opciones de respuesta presentadas corresponden a comentarios comunes de los estudiantes en esta pregunta. Al lado de la opción de respuesta se coloca el número de estudiantes cuyos comentarios tienen relación con esta)

Cálculo - 01

Estática - 13

Mecánica de sólidos - 25

Análisis estructural - 26

Dinámica estructural – 02

Dentro de las temáticas que los estudiantes consideran fundamentales para el estudio del diseño del concreto reforzado, se encuentran: (i) Un estudio del análisis de cargas y una introducción al manejo de la normativa en la asignatura análisis estructural, (ii) Un estudio del comportamiento elástico de los elementos a flexo-compresión en la asignatura mecánica de sólidos.

Como solución a las problemáticas identificadas con ayuda de la pregunta 5 las actividades propuestas y desarrolladas en el presente proyecto fueron: (i) Un examen diagnóstico con calificación cualitativa para evaluar las fortalezas y debilidades de los estudiantes en las temáticas de fundamentación, (ii) Retroalimentación del examen diagnóstico a los estudiantes en el aula durante las “*horas de tutoría*” mediante su solución, (iii) Asignación de un taller de repaso cuyo

contenido se enfoque en fortalecer las debilidades encontradas en los estudiantes, (iv) Retroalimentación personalizada a cada estudiante sobre el taller de repaso asignado, (v) Desarrollo de la temáticas de análisis de cargas durante cada uno de los módulos propuestos en la asignatura, e (vi) Introducción al estudio del comportamiento elástico de elementos a flexo-compresión durante el módulo de diseño de elementos a flexo-compresión.

2.1.3. Propuestas adicionales Adicional a las actividades presentadas como solución a las problemáticas identificadas con ayuda de los docentes y estudiantes, se propuso la adaptación de un aula virtual de aprendizaje donde se organizan los contenidos del curso, se presenta el material didáctico utilizado durante la asignatura, esto incluye diapositivas, trabajos, talleres y videos ilustrativos referentes a las temáticas.

La creación y presentación de solución de los talleres, trabajos y exámenes fue también parte de las labores asignadas durante el proyecto, como también lo fue la calificación y revisión de los mismos. Los criterios de evaluación para la calificación utilizados fueron los planteados por el ABET para la asignatura en la que se desarrolló la práctica.

Finalmente, como parte del ejercicio práctico de la docencia, las clases donde se imparten las temáticas específicas listadas a continuación estuvieron a cargo del auxiliar de la asignatura y redactor de este documento David Sebastián Cotes Prieto con la permanente supervisión del docente encargado de la asignatura Luis Eduardo Zapata Orduz. Al lado de cada temática se coloca el número de horas empleadas en el aula

- Introducción a la asignatura (2).
- Diagrama momento-curvatura en secciones transversales de vigas (2).

- Análisis de momento flector resistente en vigas con sección transversal “T” (2).
- Principios del diseño a flexión en vigas con el NSR-10 y el Eurocode 2 (4).
- Diseño a cortante en vigas donde se presenta alternancia de cargas conforme al NSR-10 (2).
- Longitudes de desarrollo, anclaje y empalme del refuerzo (6).

Total de horas de clase formales impartidas en el aula por el auxiliar: 18.

Para un total de 16 semanas de clases, donde semanalmente la asignatura tiene asignadas 4 horas teóricas para su desarrollo en el aula [10]. Se evidencia entonces que el desarrollo de la asignatura en el aula durante las horas de clase planteadas en el plan curricular del pregrado en ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander, estuvo a cargo en un 30% por parte de quien desarrolló este proyecto.

2.2. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

2.2.1. Cronograma de actividades El cronograma de actividades consiste en una actividad durante la cual se redacta un documento detallado en el que se planifica el curso, mediante la calendarización de los temas y actividades a desarrollar, descritos en forma detallada para su presentación a los estudiantes. Si bien es una actividad que se debe desarrollar de manera minuciosa previa al desarrollo de cualquier curso según lo planteado por la Universidad Industrial de Santander y por el ABET, no suele hacerse un abordaje detallado de esta actividad.

Como parte del desarrollo de este proyecto, previo al inicio de actividades académicas del primer semestre del 2016 se realizó el siguiente cronograma de actividades, en el cual se presentaron, los propósitos y competencias, tal como muestra la Figura 1.

Figura 1. Propósitos y competencias como parte del cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE LA ASIGNATURA DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO I PARA EL PRIMER SEMESTRE DE 2016.	
Profesor: Luis Eduardo Zapata Ordúz	lezoingeniero@gmail.com.
Auxiliar: David Sebastián Cotes Prieto	davisecop@hotmail.com.
PROPÓSITOS Y COMPETENCIAS	
Propósitos de la asignatura	
<ul style="list-style-type: none">• Presentar al estudiante los fundamentos y los principios que le sirvan de base para la evaluación y el diseño de elementos de hormigón armado.• Hacer énfasis en el método de resistencia como método de diseño y siguiendo las Normas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes Colombianas.	
Competencias a desarrollar en la asignatura	
Al terminar el curso el estudiante:	
<ul style="list-style-type: none">• Analiza, proyecta y diseña elementos individuales como vigas y columnas.• Comprende y asocia los conceptos legales, económicos y financieros para la toma de decisiones, en el dimensionamiento de elementos de concreto.• Utiliza tecnologías de la información, software y herramientas para la Ingeniería Civil.	

La bibliografía y porcentajes de evaluación a seguir en el curso organizados como muestra la Figura 2.

Figura 2. Bibliografía y porcentajes de evaluación como parte del cronograma de actividades.

BIBLIOGRAFIA	
- NILSON, Arthur y WINTER, George. Diseño de Estructuras de Concreto. Mc Graw Hill.	
- NAWY, Eduard. Concreto Reforzado. Prentice Hall.	
- McCORMACK, Jack C. Diseño de Concreto Reforzado. Alfaomega.	
- GONZÁLEZ, Oscar M. Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado. Limusa.	
- AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.	
- AIS. ANEXO Modificaciones técnicas y científicas al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente - NSR-10. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.	
- AIS. ANEXO TÉCNICO. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.	
- CEN. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. European Committee For Standardization.	
- GIRALDO, Orlando. Estructuras de Hormigón 1. Universidad Nacional de Colombia.	
- GIRALDO, Orlando. Estructuras de Hormigón 2. Universidad Nacional de Colombia.	
PORCENTAJES DE EVALUACIÓN	
- Primer examen	15%
- Segundo examen	20%
- Tercer examen	20%
- Primer trabajo	7%
- Segundo trabajo	8%
- Proyecto final	15%
- Exposición	5%
- Quices	10%

Y finalmente la organización de cada una de las clases de la asignatura tal como ejemplifica la Figura 3.

Figura 3. Calendarización de las actividades en el cronograma.

Fecha	Día	Hora	Actividad	Temática	Contenido programado	Trabajo específico asignado
Abril 25	Lunes	10:00-12:00	Clase teórica	Introducción.	Definiciones básicas de hormigón armado y sus componentes, sistemas estructurales, concepto de estado límite, relaciones básicas de análisis y diseño, cargas de servicio y cargas mayoradas, relaciones esfuerzo-deformación real e ideal del hormigón y el acero de refuerzo.	-
Abril 26	Martes	8:00-10:00	Evaluación	Conocimientos previos.	Examen de conocimientos previos	-
Abril 29	Viernes	16:00-18:00	Revisión y retro-alimentación	Conocimientos previos.	Diagnóstico de los conocimientos previos de los estudiantes del curso mediante revisión y socialización del examen de conocimientos previos.	Dependiendo del diagnóstico se asignará una hora de auxiliatura adicional y un taller de repaso de las temáticas requeridas.

Para darle un uso efectivo al cronograma de actividades, se realizó un proceso de retroalimentación del mismo. Este proceso se realizó semanalmente de forma presencial en conjunto con el docente encargado Luis Eduardo Zapata Orduz. Mediante este proceso se buscó tener en cuenta las eventualidades presentadas durante el semestre académico y de tal forma ajustar el desarrollo de la asignatura garantizando así el desarrollo de todas las actividades de forma ordenada.

2.2.2. Horas de clase teóricas Durante el desarrollo del proyecto, 18 de las 64 horas de clase teórica fueron desarrolladas por David Sebastián Cotes Prieto. Como preparación para el correcto desarrollo de las clases en el aula durante las horas teóricas, se asistió al curso de preparación para la docencia dirigido a profesores de planta recién vinculados a la Universidad ofrecido por CEDEUIS, bajo la orientación de la Ingeniera Adriana Rocío Lizcano y el continuo acompañamiento del Profesor Luis Eduardo Zapata Orduz.

A continuación se realiza una breve descripción de una de las clases impartidas, explicando en que consiste su temática y como se abordó su desarrollo en el aula esto a modo de explicación, con el fin de evidenciar el trabajo realizado en el aula.

Introducción a la asignatura:

Esta temática fue desarrollada durante la primera clase de la asignatura, se dividió en dos fases, la primera con duración de 30 minutos y la segunda con duración de 1 hora y 30 minutos.

La primera fase inició con la presentación del personal encargado de la asignatura a los estudiantes seguida distribución del cronograma de actividades.

Durante la segunda fase se desarrolló el tema de introducción a la asignatura. Como elementos para el desarrollo de la clase se utilizaron diapositivas y varios videos mostrando diferentes fenómenos presentados en la ingeniería estructural a lo largo de la historia; un ejemplo de ello es el fenómeno del puente de Tacoma presentado en la Figura 4 el cual fue uno de los casos mostrados a los estudiantes.

Figura 4. Colapso del puente de Tacoma.



Fuente: UNIVERSITY OF WASHINGTON, History of the Tacoma Narrows Bridge.
Disponible en:
<http://www.lib.washington.edu/specialcollections/collections/exhibits/tnb>.

Los temas específicos abordados durante este módulo fueron:

- (i) Definiciones básicas de concreto y acero, durante esta parte se hizo énfasis en las diferencias que existen entre concreto, mortero y lechada, materiales que suelen ser confundidos por los estudiantes.
- (ii) Definición de concreto reforzado y alcance del curso, durante esta parte se aclaró al estudiante que existen varios tipos de refuerzo de acero que se pueden usar en los elementos de concreto reforzado y que el alcance del curso se limita al cálculo cuando el refuerzo consiste en varillas de acero.
- (iii) Clases de sistemas estructurales existentes para estructuras de concreto reforzado.

(iv) Análisis de cargas y su modelamiento en estructuras tipo pórtico, para introducir el abordaje práctico a este tema se realizó en conjunto con los estudiantes una idealización sencilla de una estructura simple y de las posibles cargas que podían afectar su funcionamiento.

(v) Introducción al método de diseño por resistencia con base en el análisis de estados límites y las convenciones manejadas.

(vi) Tendencias de las curvas esfuerzo-deformación del concreto y del acero, y las ecuaciones constitutivas a utilizar para cada material para los modelos de cálculo impartidos en el curso.

Las Figuras 5, 6 y 7 ejemplifican el abordaje de los temas específicos previamente descritos, mediante el uso de diapositivas.

Figura 5. Diapositiva sobre la definición básica de concreto.

1) INTRODUCCIÓN.

Hormigón (Concreto): Material resultado de la mezcla de agregados (grueso y fino), agua, cemento, aire y aditivos.

- Material frágil
- ¡No se debe confundir con el mortero y lechada!
- Mecánicamente es muy bueno para resistir esfuerzos de compresión.
- Se debe realizar diseño de mezcla para determinar cantidades. (Curso de materiales de construcción o caracterización de materiales).

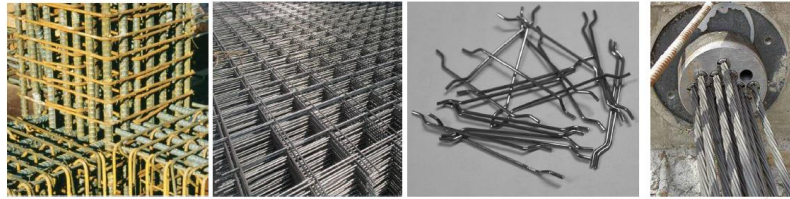
The diagram shows the process of concrete preparation. It starts with a summation symbol (Σ) indicating the combination of four components: cement (shown with a shovel), coarse aggregate, fine aggregate, and water. This mixture is then shown as a single component (fine aggregate) plus water, resulting in the final concrete product (shown in a bucket). A clock and a small image of a machine are also present in the diagram.

Figura 6. Diapositiva sobre la definición básica de concreto reforzado.

Concreto reforzado (Hormigón armado):

Material resultado del uso de acero de refuerzo en forma de varillas o mallas, o fibras para aumentar la resistencia de los elementos de hormigón.

- Se busca aprovechar de la mejor manera posible las propiedades mecánicas de cada material.
- Es un material versátil y económico.
- Es el material más empleado con fines estructurales a nivel mundial.



8

Figura 7. Diapositiva de ejercicio práctico de análisis de cargas en estructuras.

1) INTRODUCCIÓN.

Vamos a hacer una idealización estructural, y análisis cualitativo rápido y simplificado de las posibles cargas de la siguiente estructura...



25

Todas las clases teóricas fueron de carácter presencial cumpliendo con los horarios y tiempos asignados para el curso. La Figura 8 muestra el desarrollo de las actividades en el aula dirigidas por quien desarrolló este proyecto. La imagen fue obtenida de un video capturado durante la sesión de “diseño a cortante en vigas donde se presenta alternancia de cargas conforme al NSR-10”.

Figura 8. Desarrollo de actividades en el aula durante horas de clase teóricas.



2.2.3. Examen diagnóstico Durante la segunda clase teórica de la asignatura se aplicó un examen diagnóstico a los estudiantes con el fin de determinar los conocimientos previos de los estudiantes de la asignatura, en la rama de estructuras, asociada a la ingeniería civil. Con esta prueba se buscó examinar los conceptos de los estudiantes en: (i) Terminología básica relacionada a la ingeniería estructural, (ii) Habilidad en la solución rápida y práctica de problemas de estática, mecánica de sólidos y análisis estructural. (iii) Comprensión lectora.

La calificación del examen de conocimientos previos fue cualitativa y se buscó identificar los principales aspectos a reforzar. Específicamente, se identificó la necesidad de hacer énfasis en:

(i) Definición de terminología relacionada a la ingeniería estructural.

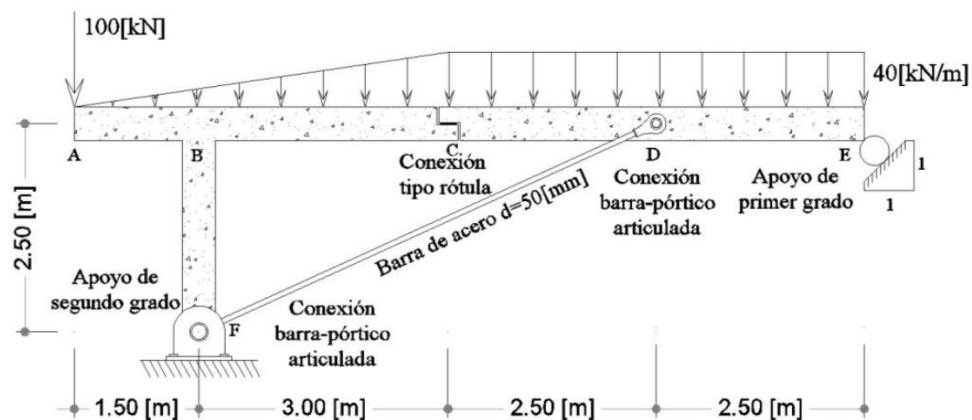
(ii) Solución rápida de problemas de análisis estructural, esto debido al abordaje mecánico de los estudiantes sobre los mismos, esto significa que el estudiante no buscaba la forma más práctica de solución de los ejercicios. Un ejemplo que aclara tal situación es el ejercicio mostrado en la Figura 9, el cual fue el problema asignado a los estudiantes en materia de estática y análisis estructural.

El problema consiste en un pórtico rotulado de peso despreciable donde la fuerza axial interna del elemento B-F se entregaba como dato conocido y se le pedía determinar las reacciones de la estructura y dibujar los diagramas de fuerzas internas del elemento ABCDE. El abordaje general de los estudiantes consistió en plantear un sistema de ecuaciones 7×7 desarmando la estructura en las componentes ABCF, CF y CDE.

Un análisis buscando solucionar el problema de forma más práctica se puede realizar teniendo en cuenta que debido a la geometría del sistema los valores de componentes de reacción vertical y horizontal en E son iguales al componente de reacción horizontal en F y teniendo en cuenta que no existen fuerzas distribuidas en

el elemento B-F, el valor de reacción en vertical en F era un dato conocido reduciendo el problema a un sistema de ecuaciones 4x4, bastante más rápido de plantear y resolver.

Figura 9. Ejercicio aplicado a los estudiantes para evaluar los conocimientos previos en estática y análisis estructural.



(iii) Conocimientos de análisis elástico de secciones sometidas a esfuerzo cortante debido a flexión, en esta parte los estudiantes afirmaron que la debilidad en este aspecto fue la ausencia de abordaje de esta temática en el curso mecánica de sólidos (curso requisito para tomar la asignatura Diseño de Hormigón Armado I).

El resultado del examen de conocimientos previos y su posterior socialización con los estudiantes definió la necesidad de asignar un taller de repaso cuya finalidad fue re-afianzar los conceptos, practicar la solución de problemas y adicional a esto, realizar un continuo acompañamiento en el repaso de las temáticas de estática y análisis estructural durante las horas de tutoría.

Los resultados positivos obtenidos por los estudiantes en el taller de repaso, demuestran su contribución a afianzar los conceptos básicos para abordar la asignatura.

2.2.4. Horas de tutoría Según lo expuesto por el Ministerio de Educación de Colombia, por cada hora de trabajo en el aula son necesarias 2 horas de trabajo fuera del aula por parte del estudiante [11]. La asignatura Diseño de Hormigón Armado I tiene asignadas 4 horas de trabajo semanal en el aula lo cual quiere decir que se espera que el estudiante dedique 8 horas semanales de trabajo fuera en lo referente a la asignatura.

Con el fin de contribuir a este trabajo fuera del aula de tal forma que el estudiante aclare las dudas que presenta en las temáticas de la asignatura, mediante el abordaje de problemas similares a los que pueden presentarse en su ejercicio profesional, en lo relacionado al concreto reforzado, se propusieron y llevaron a cabo horas de tutoría semanales. Las sesiones de tutoría consistían en espacios con una duración semanal de 2 horas por grupo de estudiantes y para su aplicación se repartió al grupo de estudiantes de la asignatura en 2 sub-grupos de máximo 21 personas con la finalidad de prestar mayor atención a las dudas de los alumnos y por ende brindar una mejor calidad de educación.

Estos sub-grupos se organizaron conforme a la disponibilidad de tiempo de los estudiantes, para esto se les pidió firmaran en una lista con sus nombres debajo del horario en el cual les era posible asistir a dichas actividades tal como muestra la Figura 10.

Figura 10. Lista de estudiantes divididos en sub-grupos para horarios de tutoría.

Armando I

Miércoles 2-4	Viernes 4-6
① Manuela Gómez Monsalve	① Iván Daniel Melo
② Daniela Galvis Gamboa	② Shoana Alexandra Ochoa
③ Jessica Silva Mayano	③ Julia Fernanda Velazco G.
④ Cristian David Ortiz	④ Lisett Dayan Vanegas G.
⑤ Tennyson Montero	⑤ Yina Catalina Bonilla
⑥ Angel Leonel Monroy	⑥ Wendy Carolina Ariza
⑦ Emerson Jair Otero Barrant	⑦ Richard Ruiz
⑧ Johan Rubiano Forero	⑧ Eliud Aiolfo Rico López
⑨ Laura Pimiento Ovintero	⑨ Jorge Luis Quintana V.
⑩ Yana Lamus Avila	⑩ Alejandro Villamizar
⑪ Sergio Andrés Angulo Melendez	⑪ Karen Tirado Galeano
⑫ José Alirio Soto	⑫ John Sebastián Cruz Sierra
⑬ Fernando A. Manilla M	⑬ Sergio A. Fierz García
⑭ Ariel Julian Leal Galvis	⑭ Cristian Ysidro Valencia
⑮ Geiman Ricardo Corredor	⑮ David Andrés Magincz
⑯ John Sebastian Fierz C.	⑯ Kevin Fabian Martínez S.
⑰ Luisa F. López Murcia	⑰ Jonathan Tenney Acosta
⑱ Daniel Felipe Rojas Castro	⑱ Mónica Estefanía Coronado S.
⑲ Dilmer Orley Pizarro S.	⑲ Erika Carolina Palomina G.
⑳ Erith Johany Urrea Velandía	⑳
㉑ Juan Sebastian Carrillo G.	㉑

Las actividades desarrolladas durante estas horas de tutorías fueron variadas por lo cual a continuación se listan y explican cada una de ellas.

Cabe resaltar que la asistencia a estas actividades no era de carácter obligatorio más sin embargo su acogida por parte de los estudiantes fue excelente, reflejándose esto en asistencias del 100% la mayoría del semestre.

i. Desarrollo de problemas relacionados a las temáticas de la asignatura.

Esta actividad consistió en horas de clase en el aula adicionales a las teóricas, donde se abordaron ejercicios para los cuales fuese necesario aplicar los conceptos estudiados en las horas de clase teóricas. Usualmente los ejercicios se propusieron

por el auxiliar con el apoyo de los estudiantes, quienes opinaban sobre la complejidad del ejercicio que a desarrollar.

Semanalmente se resolvía un ejercicio por sub-grupo de trabajo donde se aplicaban todos los conceptos vistos en clase teórica más conceptos de análisis estructural y estática. Se buscó que los ejercicios planteados difirieran de un sub-grupo a otro de manera que los estudiantes compartieran entre ellos la información estudiada en estos espacios. Ejemplo de ello son los ejercicios mostrados en las Figuras 11 y 12, los cuales corresponden a la temática de “Diseño de elementos a cortante y torsión”, cada uno fue resuelto en un sub-grupo diferente.

Los ejercicios demuestran que los enunciados se relacionan con situaciones que se presentan en el ejercicio profesional real. La Figura 11 contempla el cálculo de las vigas de un sistema de entrepiso típico con losa maciza cuya referencia se da en dos direcciones donde la torsión presentada se conoce como torsión por compatibilidad. La Figura 12 contempla el cálculo de la viga parte de un pórtico de una parada de autobuses con losa en voladizo donde la torsión se conoce como torsión por equilibrio.

Figura 11. Ejercicio de torsión por compatibilidad.

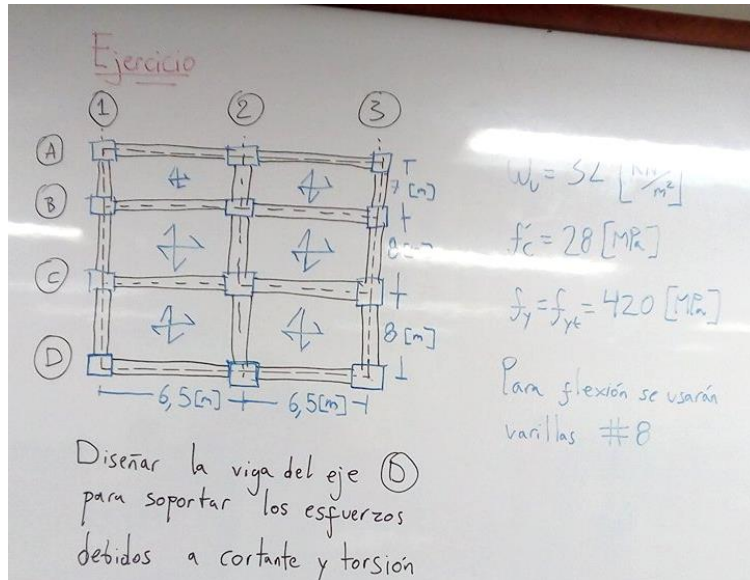
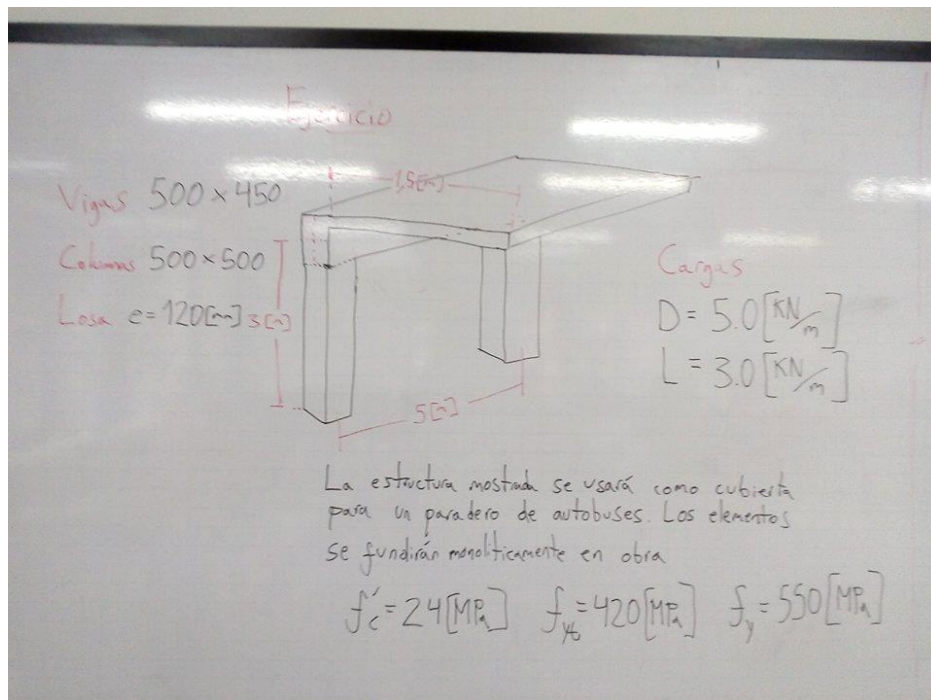


Figura 12. Ejercicio de torsión por equilibrio.



De las 16 semanas de clase, 10 se destinaron a esta modalidad de tutorías, teniendo en cuenta que se dictaron 4 horas semanales de clase; el total de horas dedicadas al desarrollo de problemas relacionados a las temáticas de la asignatura en el horario de tutorías fueron 40.

ii. Manejo de software especializado.

Esta actividad consistió en horas de clase en el aula, adicionales a las teóricas, donde se abordó el manejo de software especializado. Previo a estas clases, por medio virtual, se distribuyó a los estudiantes los enlaces pertinentes para descargar e instalar los softwares a utilizar. En concreto se hizo uso del software libre Response 2000® [12] y la versión educativa del software SAP 2000® [13].

La dinámica desarrollada en la clase implicaba proyección de pantalla desde el computador utilizado por uno de los estudiantes (seleccionado al azar en la clase) en la cual se visualizaba el desarrollo de los ejercicios en el software, los cuales eran resueltos bajo la guía del auxiliar. La idea que la proyección se realizara desde el computador de un estudiante fue con la finalidad que el auxiliar encargado de dictar la clase, David Sebastián Cotes Prieto, estuviese disponible para solucionar dudas puntuales a todos los alumnos durante el transcurso de la clase.

La idea inicial era ilustrar el manejo de tres software relacionados a la ingeniería estructural, Response 2000®, SAP 2000® y ETABS®. Por petición de los estudiantes se redujo el número de software a utilizar a dos; Response 2000® y SAP 2000®. La intención de esta modificación consistió en profundizar en el manejo del software SAP 2000®.

a) Response 2000.

El programa Response 2000 es un software libre especializado en análisis seccional de elementos de concreto reforzado, es decir, con este programa se puede analizar el comportamiento de las secciones transversales de elementos fabricados con este material, para cada uno de los estados de fisuración que se presentan durante su funcionamiento [14]. El software está fuertemente ligado a la temática de diagrama momento-curvatura desarrollada en el curso, la cual es de amplio uso en el desarrollo profesional como investigador en el área de la ingeniería estructural.

La finalidad de su uso es permitirle al estudiante una manera fácil y práctica de calcular diagramas momento-curvatura de secciones transversales, con resultados confiables. Para verificar esto se realizó la comparación de los resultados obtenidos con el software y el cálculo manual de este diagrama (enseñado en las horas teóricas). La comparación se realizó mediante la idealización bilineal del diagrama momento-curvatura obtenido en Response 2000® mediante la exportación y ajuste de los resultados al software Microsoft Excel®.

Se destinó una semana de tutorías al manejo de este software en conjunto con los estudiantes, en donde además de manejar el software, se mostró como exportar los resultados a Excel® e idealizarlos en forma de un diagrama momento-curvatura bilineal.

En la Figura 13 se ilustra el modelamiento realizado con este software, en clase, para una sección transversal de concreto reforzado. La Figura 14 ilustra la comparación de este diagrama con su idealización bilineal.

Figura 13. Diagrama momento-curvatura con el software Response 2000.

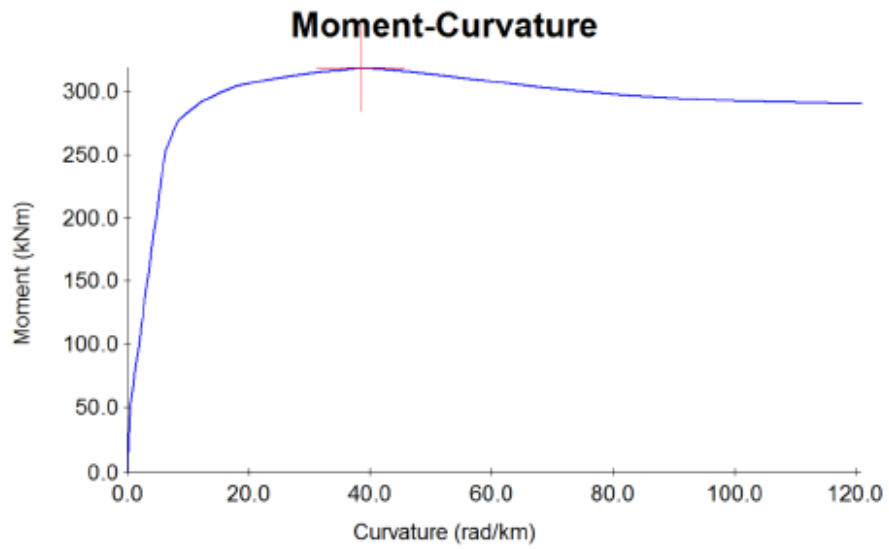
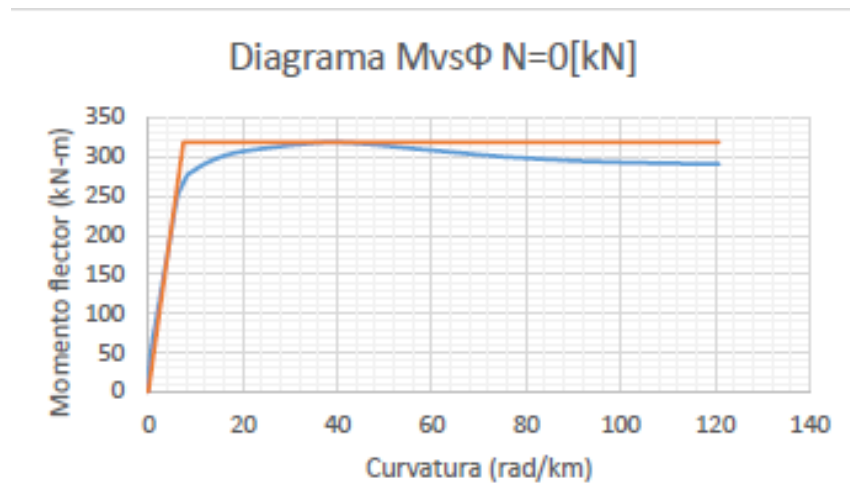


Figura 14. Idealización bilineal del diagrama momento-curvatura.



b) SAP 2000.

El software SAP 2000® es un software especializado para análisis y cálculo de estructuras. Si bien el software no es libre, si cuenta con una versión estudiantil para su uso en la académica la cual fue la distribuida a los estudiantes.

Los estudiantes contaban con un manejo básico del software gracias a su uso en el laboratorio computacional de la asignatura Análisis Estructural (requisito para tomar Diseño de Hormigón Armado I).

El manejo del software se dividió en dos sesiones, ambas siguiendo la misma metodología utilizada en la enseñanza del software Response 2000® y buscando ampliar el manejo de los estudiante con el software.

La primera sesión, abordada durante la temática de diseño de elementos a cortante y torsión, se centró en el modelamiento de placas de entrepiso mediante elementos tipo “shell” y el modelamiento de elementos con sección transversal no prismática tipo ménsula, ambos son temas de manejo avanzado del software que no suelen abordarse en el programa de pregrado en ingeniería civil ofrecido por la universidad. Las Figuras 15, 16 y 17 evidencian las sesiones de modelamiento con este software desarrolladas en el aula.

Figura 15. Clase de modelamiento en SAP 2000®. Sub-grupo 1.

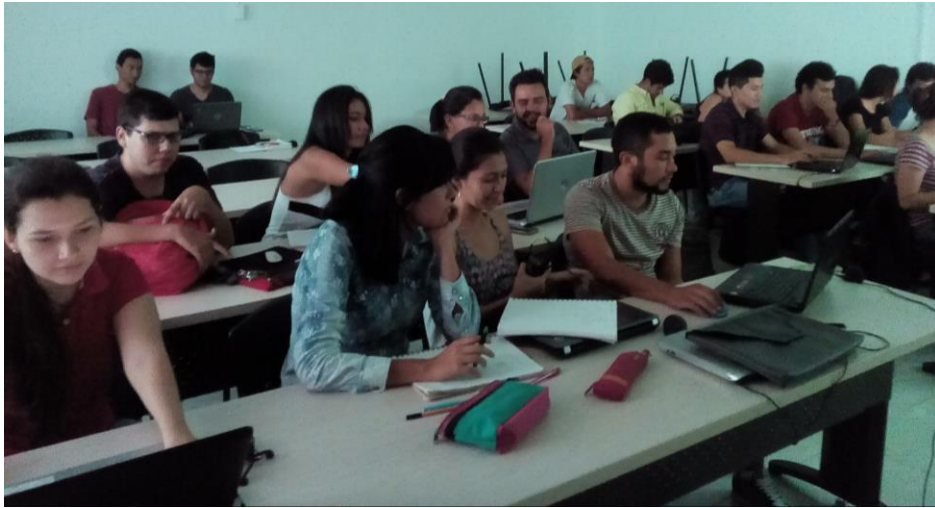
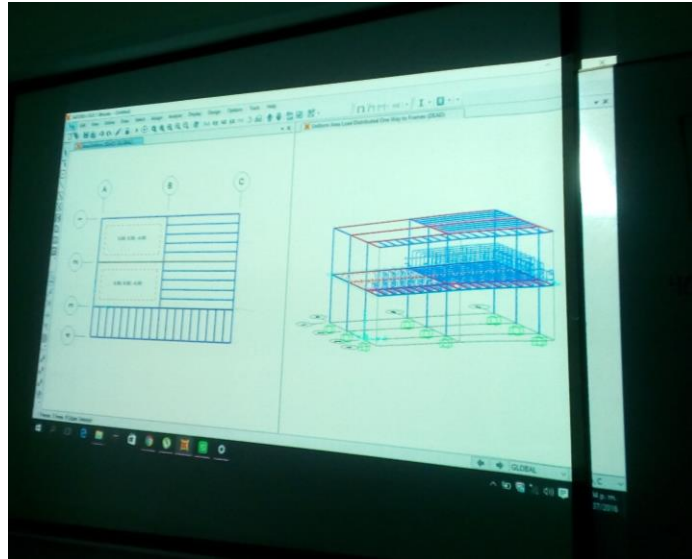


Figura 16. Clase de modelamiento en SAP 2000®. Sub-grupo 2.

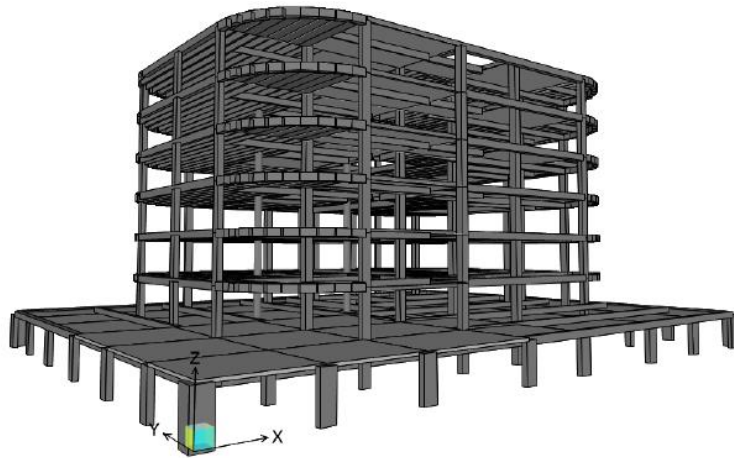


Figura 17. Clase de modelamiento en SAP 2000®. Proyección en video beam.



La segunda sesión, abordada durante la temática de diseño de elementos a flexo-compresión, se centró en el modelamiento de edificaciones, elementos tipo “frame” con geometría curva, la asignación de diafragmas rígidos y el modelamiento de las fuerzas sísmicas en una estructura tipo pórtico. En la Figura 18 se muestra el resultado final del nivel de modelamiento en este software alcanzado por los estudiantes al finalizar el curso.

Figura 18. Modelo de edificación realizado por los estudiantes utilizando SAP 2000®.



iii. Retro-alimentación de talleres, trabajos y exámenes.

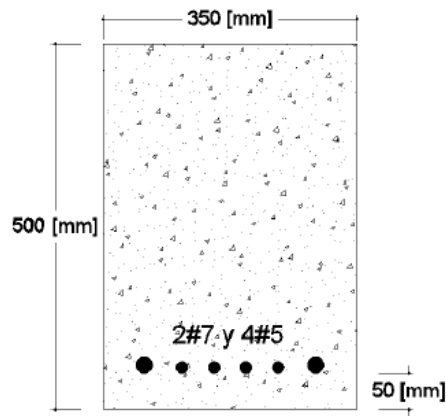
Esta actividad consistió en la retro-alimentación de las calificaciones obtenidas por los estudiantes en las actividades desarrolladas en el curso. En total se realizaron 3 quices, 3 exámenes y 3 trabajos contando el proyecto final. Los trabajos se asignaron antes de cada examen de manera que el estudiante pudiese detectar sus falencias antes de cada examen por medio de la retro-alimentación de estos. Debido a que el desarrollo de los trabajos por parte de los estudiantes, se llevó a cabo en grupos de 3 a 5 personas, la retro-alimentación se realizó con los grupos de trabajo en forma presencial. A continuación se presenta una breve descripción de los trabajos asignados a los estudiantes.

a) Primer trabajo:

El trabajo asignado evaluó los conocimientos de los estudiantes en los temas de introducción, análisis de secciones sometidas a momento flector y el manejo del software Response 2000®. Para evaluar la parte de introducción se le solicitó a los estudiantes capturar fotos de edificaciones cuyo sistema estructural fuese pórtico y presentar las razones de porque consideraban ellos las estructuras tenían este

sistema estructural, también se les entregaron fotos de una estructura real de geometría sencilla y se les pidió idealizarla y esquematizar las posibles cargas a las cuales se vería sometida. Para evaluar las demás temáticas se les solicitó calcular; manualmente y usando Response 2000®, el diagrama momento-curvatura de la sección transversal mostrada en la Figura 19 para diferentes condiciones de: (i) propiedades de materiales. (ii) dimensiones, y (ii) cantidad de refuerzo con la finalidad de concluir el impacto de cada variable en la ductilidad y resistencia de la sección.

Figura 19. Sección transversal asignada.



b) Segundo trabajo:

El trabajo asignado evaluó los conocimientos de los estudiantes en los temas de diseño de secciones a flexión, cortante y torsión y el manejo de lo estudiado en la primera sesión de modelamiento con el software SAP 2000®. Se asignaron dos tareas a los estudiantes. En primer lugar se les solicitó realizar la comparación de los resultados al calcular una sección transversal sometida a momento flector con la NSR-10 y el Eurocode 2, para esto se aclara que parte de las clases teóricas de

cálculo a flexión se realizaron en conjunto con el auxiliar y utilizando los requerimientos exigidos por el Eurocode, en la Figura 20 se muestran algunos de los requisitos del Eurocode 2 para cálculo de secciones a flexión.

Figura 20. Ejemplo de consideraciones del Eurocode 2 para diseño de secciones a flexión.

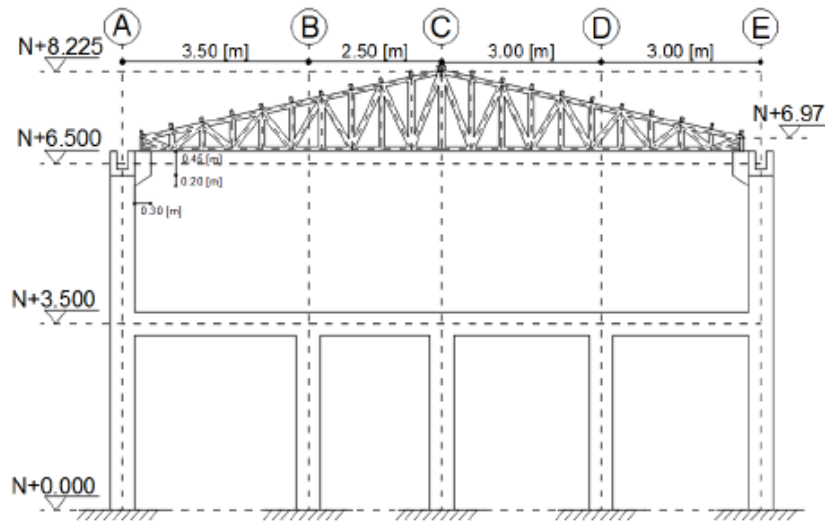
Consideración.	Eurocode.	
	Concepto y ecuaciones.	Literal de la norma.
Módulo de elasticidad del acero	$E_s=200000$ [MPa]	EC2-1-1 3.2.7.
Límites para el esfuerzo de fluencia del acero.	400 [MPa] $\leq f_{yk} \leq 600$ [MPa]	EC2-1-1 3.2.2.
Diagrama esfuerzo deformación para diseño del acero		EC2-1-1 3.2.7. y EC2-1-1 Table C.1.
	Los valores de "k" y "εuk" se pueden encontrar en el Anexo C del EC2 1-1	

Debido a que los estudiantes ya habían estudiado los requisitos de diseño a flexión según la NSR-10, una vez terminados de analizar los requisitos con el Eurocode 2, se les entregó un documento de resumen con los requisitos de este último para apoyarse en el desarrollo del trabajo.

En segunda instancia se asignó un trabajo de diseño de elementos utilizando la geometría de una bodega con sistema de entrepiso macizo y cubierta en armadura metálica previamente calculada y apoyada en ménsulas tal como muestra la Figura 21. Se les solicitaba modelar el sistema en el software SAP 2000® para obtener las fuerzas internas de las vigas del sistema de entrepiso, comparar estos resultados con los obtenidos mediante el método de análisis aproximado propuesto por la NSR-10 y calcular el refuerzo a flexión, cortante y torsión para las dos condiciones, de

manera que el estudiante pudiese notar el impacto del uso de diferentes métodos de análisis y el cálculo del refuerzo de los elementos.

Figura 21. Vista en alzado de bodega asignada.



c) Proyecto final:

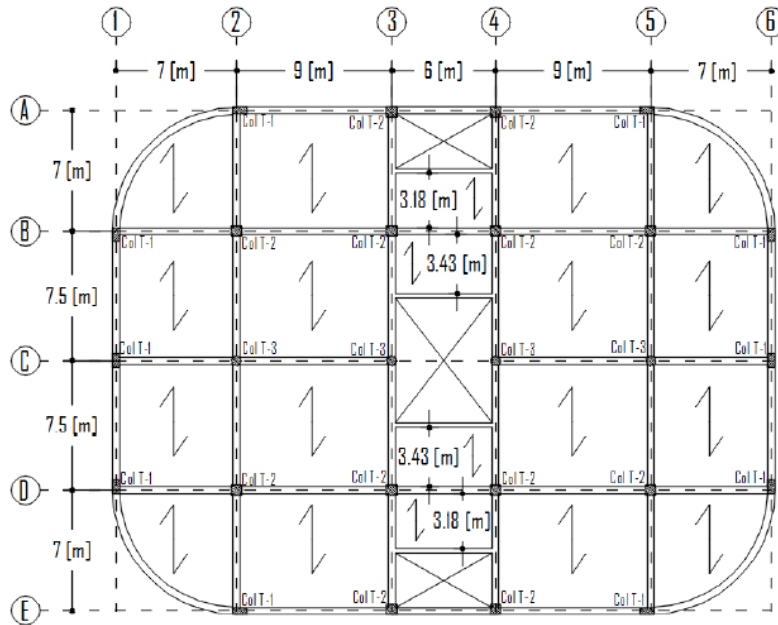
El proyecto final de la asignatura consistió en el cálculo de los elementos estructurales solicitados a los mayores esfuerzos debido a ciertas condiciones de carga descritas.

El documento presentado a los estudiantes contó con variedad de especificaciones entre propiedades de los materiales, dimensiones de los elementos, condiciones de carga, descripción de sistema de entrepiso y sistema estructural, de manera que se asemejase a un proyecto de cálculo estructural real.

Para modelar la estructura los estudiantes debían hacer uso de lo visto en las dos sesiones de manejo del software SAP 2000® y adicional a ello se dictó una pequeña tutoría sobre dibujo de planos estructurales y contenido de memorias de cálculo; esto debido a que los estudiantes como parte del proyecto debían presentar planos, memorias de cálculo y sustentación presencial al auxiliar de la asignatura, tal cual como sería un proceso real.

La Figura 22 muestra la vista en planta de una de las plantas estructurales de la estructura asignada como proyecto final de la asignatura.

Figura 22. Vista en planta de edificación de proyecto final de asignatura.



Este proyecto buscó evaluar todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la asignatura además de brindar al estudiante una idea del desarrollo auténtico que tienen los proyectos de diseño estructural en el ejercicio de la profesión.

Cada uno de los 3 exámenes realizados durante el desarrollo de la asignatura, se manejaron en bloques de dos sesiones. Cada sesión consistía en un ejercicio para el cual se le brindaba al estudiante un tiempo de entre 2 y 3 horas para su desarrollo.

Típicamente alguna de las dos sesiones proponía un ejercicio donde el estudiante debía hacer uso de los conceptos para demostrar alguna ecuación o determinar un resultado numérico específico siendo este inciso el más desafiante, buscando evaluar las capacidades de análisis de problemas en los estudiantes. La otra sesión proponía un ejercicio similar a los desarrollados en las clases teóricas y de tutoría, donde el estudiante debía aplicar de manera más mecánica los conceptos estudiados en clase, buscando evaluar la capacidad de aplicación de los conceptos a problemas sencillos.

Como estrategia pedagógica, en cada uno de los exámenes, se les asignaba un descanso de 30 minutos entre sesiones a los estudiantes, durante los cuales se les ofrecía un pequeño refrigerio.

La retro-alimentación de los resultados obtenidos en los exámenes por los estudiantes se hizo también en horas de tutoría, pero a diferencia de los trabajos, estas sesiones eran de carácter privado presencial donde la reunión se efectuaba únicamente entre auxiliar y estudiante.

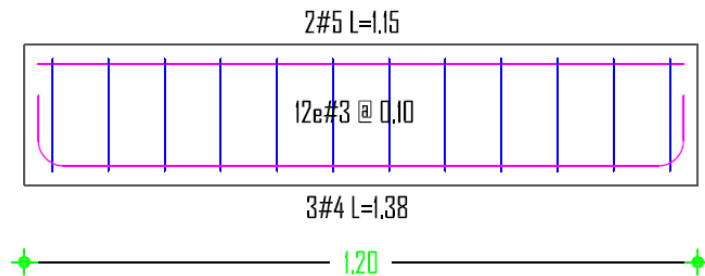
Para un total de tres trabajos y tres exámenes, donde la entrega del último examen y la retro-alimentación del proyecto final se desarrollaron durante la misma semana, se destinaron un total de cinco semanas de las horas de tutorías a los procesos de retro-alimentación presencial.

2.2.5. Armado, fundición y ensayo de vigas Como componente práctico para el desarrollo de este proyecto, se realizaron por parte de los estudiantes el armado, fundición y ensayo de tres vigas de concreto reforzado con diferentes modos de falla.

El objetivo de esta actividad fue proveer a los estudiantes la experiencia visual del proceso constructivo de los elementos de concreto reforzado y un punto de comparación experimental para consolidar la validez de las teorías vistas en la clase teórica.

En primer lugar se debieron realizar los diseños de las vigas a fallar, estos fueron realizados por el desarrollador de este proyecto, teniendo en cuenta que la carga puntual máxima a aplicar por la prensa hidráulica era de 300 [kN] en el centro del claro de las vigas y la luz libre máxima era de 1.50 [m]. Los tres diseños propuestos consistieron en vigas de 0.25x0.25 [m] y 1.2 [m] de luz con las siguientes especificaciones: (i) Una viga sub-reforzada de tal manera que su falla fuese dúctil, (ii) una viga sobre-reforzada de tal manera que su falla fuese frágil y (iii) una viga sin estribos de tal manera que su falla fuese por cortante. En la Figura 24 se muestra el plano que representa el diseño propuesto para el caso de la viga sub-reforzada.

Figura 23. Despiece de viga sub-reforzada.



Los diseños se entregaron a los estudiantes quienes con el apoyo del auxiliar, el profesor de la asignatura y un técnico en el área de construcción, realizaron la mezcla del concreto, el armado de los aceros de refuerzo y la formaleta, y fundieron los elementos. El curado de las vigas estuvo a cargo de todos los estudiantes quienes bajo la supervisión del auxiliar se encargaban de realizar este proceso a diario durante 15 días. El tiempo usual de curado para los elementos de concreto armado es de 28 días, pero debido a que en la mezcla se utilizó un aditivo acelerante de curado fue posible recortar este tiempo. Las Figuras 25 a 28 ilustran la experiencia vivida en el armado y fundido de las vigas.

Figura 24. Mezcla del concreto para vigas.



Figura 25. Refuerzo y formaleta de vigas.



Figura 26. Estudiantes de la asignatura concluyendo el armado de las vigas.



Figura 27. Vigas 15 días después de la fundida ubicadas en el laboratorio.



Una vez construidas las vigas y conforme a la disponibilidad de tiempo de los laboratoristas de la Escuela de Ingeniería Civil, se llevó a cabo el proceso de falla de las mismas, esta actividad contó con el apoyo del profesor Luis Eduardo Zapata Orduz y con el Profesor Sergio Cavalero de la Universidad Politécnica de Catalunya como invitado (consultor internacional en materiales y estructuras). La actividad quedó registrada como material didáctico por las cámaras de la televisora de la Universidad Industrial de Santander (TELEUIS) la cual se le dará uso en cursos posteriores.

Resalta que las fallas presentadas en las vigas se dieron acorde a lo visto en la clase teórica, siendo estas en efecto una manera de consolidar la validez de la teoría estudiada. Las Figuras 29 a 30 muestran esta experiencia.

Figura 28. Falla de viga sub-reforzada.



Figura 29. Falla de viga por cortante.



Figura 30. Estudiantes y docentes durante ensayo a vigas.



2.2.6. Visita de obra Se organizó y llevó a cabo una visita de obra a una edificación en construcción. La organización estuvo a cargo del auxiliar de la asignatura y se realizó con ayuda de la empresa de supervisión técnica KER Ingeniería S.A.S. La obra visitada fue San Lorenzo Reserva ubicada en el barrio Provenza de la ciudad de Bucaramanga, Colombia. El objetivo de esa sesión fue mostrar al estudiante la aplicación de los conceptos vistos en el aula a procesos constructivos llevados a cabo en proyectos de ingeniería donde se encuentran presentes las estructuras de concreto reforzado. Durante la visitas de obra el ingeniero residente de la obra fue el encargado de resolver las dudas de los estudiantes en materia de procesos constructivos. Las Figuras 32 a 34 evidencian la ejecución de esta actividad.

Figura 31. Estructura en construcción-San Lorenzo Reserva.



Figura 32. Estudiantes durante la visita de obra.



Figura 33. Auxiliar, Ingeniero residente y profesor durante la visita de obra.



2.2.7. Conferencia por parte de profesional Se organizó y llevó a cabo una conferencia por parte de un ingeniero civil relacionado a la industria del diseño estructural.

El ingeniero invitado fue Leonardo Rafael Cotes Navarro, egresado de la Universidad Industrial de Santander, quien con su conferencia “Presentación de proyectos estructurales” complementó los conocimientos de los estudiantes hablando de temas poco tratados en la academia como lo son las facultades que deben tener los diseñadores arquitectónicos, geotécnicos y estructurales según la normativa, los contenidos mínimos exigidos en las memorias de cálculo y planos de proyecto, consideraciones constructivas a tener en cuenta en el cálculo estructuras y los trámites con las oficinas de planeación y curadurías. En las Figuras 35 y 36 se evidencia el desarrollo de esta actividad.

Figura 34. Estudiantes e ingeniero durante conferencia.



Figura 35. Presentación de proyectos estructurales.



2.2.8. Aula virtual de aprendizaje El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación son parte fundamental del desarrollo de estos proyectos, por lo cual durante el curso y con el apoyo del CEDEDUIS, el desarrollador de este proyecto junto con el profesor de la materia Luis Eduardo Zapata Ordúz tomaron un curso en el manejo del software Moodle bajo la enseñanza del Ingeniero Jorge Iván Torres, profesional de esta entidad mediante el cual fue posible habilitar un aula virtual de aprendizaje la cual servirá de apoyo para posteriores cursos y en la que se encuentra toda la información referente a las actividad y en general a la experiencia que fue este proyecto. Para acceder a esta aula virtual la dirección web es (<http://tic.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=8908>). La Figura 37 presenta la interfaz general de esta aula virtual de aprendizaje.

Figura 36. Aula virtual de aprendizaje para Diseño de Hormigón Armado I.



2.2.9. Encuestas a estudiantes quienes tomaron el curso Como actividad final se encuestó a los estudiantes quienes fueron parte del desarrollo de este proyecto. La encuesta realizada consistió en el mismo conjunto de preguntas utilizadas como fuente de diagnóstico con los estudiantes del semestre anterior. Los resultados de la encuesta fundamentaron las conclusiones y recomendaciones presentadas en este documento. Adicional a esto el Anexo 1 muestra el resultado de la evaluación docente obtenida por el docente de la asignatura durante el semestre en que se desarrolló este proyecto como muestra del impacto del trabajo realizado.

3. CONCLUSIONES

Es importante durante el desarrollo de estas asignaturas incluir actividades que relacionen lo visto en el aula con el desarrollo del ejercicio profesional, pues como lo afirman los estudiantes, docentes y profesionales que de alguna manera estuvieron ligados al desarrollo del proyecto, estas sirven de motivación y guía para entender de una forma más visual los conceptos y contribuir al desarrollo del perfil profesional del estudiante.

El uso de herramientas de software especializado contribuye a mejorar la competitividad de los estudiantes en materia del ejercicios profesional una vez sean egresados, pues como afirman ellos, estas herramientas son una forma práctica y necesaria de abordar los proyectos de cálculo estructural.

El desarrollo de trabajos, ejercicios y exámenes donde se enfatice en problemas de la vida real ayuda a contextualizar a los estudiantes en materia de su profesión y a desarrollar su capacidad de análisis en busca de soluciones como evidencia el progreso de los resultados de los mismos durante la asignatura.

Como recomendación por parte de los estudiantes se debe hacer énfasis en los conocimientos previos impartidos en las asignaturas requisito de diseño de hormigón armado I de tal forma que los conceptos básicos estén claros al momento de iniciar este curso.

REFERENCIAS

[1] MCCORMAC, J.C. Design of Reinforced Concrete, John Wiley & Sons, Inc, 2014.

[2] ACCREDITATION BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY. Accreditation Policy and Procedure Manual 2015-2016, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/accreditation-policy-and-procedure-manual-appm-2015-2016/>

[3] MEJÍA, A., G, et al. Evaluación, Diseño, e Influencia de Estrategias de Instrucción-Aprendizaje en el Desempeño Académico de los Estudiantes de Ingeniería Civil en la Universidad Industrial de Santander, Colombia. En: J. Constr. Eng. Manage. 2014. vol 140. no. 4.

[4] CHINOWSKY, P. S. An open letter to the profession: civil engineering education at a crossroads. En: Leadership Manage. Eng. 2009. vol IX, no 2, p. 55-56.

[5] ÁVILA L. P. La importancia de la retroalimentación en los procesos de evaluación, una revisión del estado del arte. Querétaro. Universidad del Valle de México. Maestría en Ciencias de la Educación. 2009.

[6] COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Bogotá D.C: 2010. 406 p.

[7] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Building Code Requirements for Structural Concrete ACI-310-14. United States of America, 2014.

[8] THE EUROPEAN UNION. Design of Concrete Structures Eurocode 2. The European Union, 2004.

[9] UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Reglamento académico estudiantil de pregrado. Acuerdo N° 72 de 1982. Compilación de normas vigentes, 2012.

[10] UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan de estudios del programa en Ingeniería Civil. Acuerdo No. 24 de 1964.

[11] Sistema de créditos académicos. Ministerio de educación Nacional. República de Colombia. Altablero No. 10, Noviembre de 2001.

[12] BENTZ. E. Response 2000. University of Toronto. Disponible en: <http://www.ecf.utoronto.ca/~bentz/r2k.htm>

[13] COMPUTERS AND STRUCTURES. SAP 2000 V.18. University of Toronto. Disponible en: www.csiamerica.com

[14] THOMAS T. C. Hsu. Unified theory of Reinforced Concrete. CRC press Inc. USA, 1992.

BIBLIOGRAFÍA

MCCORMAC, J.C. Design of Reinforced Concrete, John Wiley & Sons, Inc, 2013.
720 p. ISBN 978-1118430811.

THOMAS T. C. Hsu. Unified theory of Reinforced Concrete. CRC press Inc. USA,
1992. 336 p. ISBN 978-0849386138.

ANEXOS

ANEXO A. EVALUACIÓN DOCENTE DILIGENCIADA POR EL ESTUDIANTE.

Página 2 de 2



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Vicerrectoría Académica
Evaluación docente diligenciada por el estudiante
Resultado por asignatura

NOMBRE DEL PROFESOR : ZAPATA ORDUZ LUIS EDUARDO
DEPENDENCIA : ESCUELA DE ING.CIVIL
ASIGNATURA : DISEÑO DE HORMIGON ARMADO I
PERIODO : 2016 - 1

Nro Evaluaciones: 39

FACTOR	PROFESOR		ESCUELA		FACULTAD		UNIVERSIDAD	
	Media	Desv. Estand	Media	Desv. Estand	Media	Desv. Estand	Media	Desv. Estand
1	90,68	8,82	82,08	18,55	82,07	19,18	83,64	18,85
2	90,54	8,95	81,83	18,73	81,87	19,32	83,74	18,79
3	90,40	8,22	81,45	19,35	81,61	19,73	83,69	19,15
4	87,59	11,60	81,46	18,94	81,65	19,37	83,51	18,92
5	86,79	12,06	81,00	19,69	81,29	20,07	83,19	19,60
GLOBAL	89,18	9,00	81,56	18,51	81,70	18,98	83,56	18,52

1	Saber: El profesor orienta su práctica docente a la formación de los estudiantes en los fundamentos científicos y técnicos de la asignatura que enseña, y en las actividades propias de su disciplina y su profesión.
2	Proyección a la Investigación: El profesor ofrece experiencias educativas para el alcance de los logros que le permiten al estudiante desarrollar competencia investigativa.
3	Potencial de Comunicación: El profesor propicia ambientes de interacción participación y diálogo permanente en los procesos de formación.
4	Integración a la Institución: El profesor ejerce y promueve su función docente orientada al logro del proyecto institucional.
5	Ser Persona y Ciudadano: El profesor promueve la formación autónoma y permanente del estudiante como persona y ciudadano.

GRAFICO COMPARATIVO

