



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Planeación e Innovación en la docencia del Posgrado

Experiencia Educativa

MECÁNICA ESTRUCTURAL

Maestría en Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería, Veracruz

Realizado por:

Rolando Salgado Estrada

Asesorado por:

Pilar Verdejo Paris

Boca del Río, Ver., 06 de agosto de 2012



CONTEXTO DE LA EE, UNIDAD DE COMPETENCIA Y SUB-COMPETENCIAS

Perfil de egreso del plan de estudios: Maestría en Ingeniería Civil (Estructuras)

El egresado de la Maestría en Ingeniería Civil (Estructuras), es el profesional capaz de diseñar, proyectar, resolver y planear estructuras civiles de gran complejidad en toda su gama de materiales y topología. Además de diagnosticar y dictaminar su estado estructural. Para lo cual empleará técnicas avanzadas de análisis y diseño estructural, empleando nuevos materiales estructurales, ayudándose de programas de cómputo avanzado para su análisis y diseño. Todos estos procedimientos los realizará cumpliendo las normas y códigos de diseño vigentes, siendo además capaz de proponer soluciones innovadoras no presentes en estos reglamentos. El egresado será capaz de participar en grupos multidisciplinarios en la solución de diversas problemáticas como: presas, interacción suelo-estructura, muros de contención y en la aplicación de nuevos procesos y tecnologías de la obra civil. Estas actividades las realizará tomando en cuenta la seguridad de las estructuras civiles, su funcionalidad, buena calidad y economía.

Aportación de la EE de Mecánica Estructural al perfil de egreso:

Esta EE aporta a que el Maestro en Ingeniería Civil sea capaz de resolver los problemas para el análisis y diseño estructural. Conozca los distintos métodos para soluciones, sus ventajas y desventajas y tenga criterio ingenieril para su aplicación y uso cuando lo amerite.

Descripción general del curso:

Se pretende enseñar al alumno los conceptos fundamentales en que se basa el análisis y diseño de estructuras. Se aportan las bases teóricas para la solución de problemas en otras EEs y se propone la solución de algunos ejemplos prácticos.

Áreas de mejora de la Maestría en Ingeniería:

Establecer un comité permanente de evaluación de la maestría formado por expertos profesionales de la industria en conjunto con el núcleo académico de la maestría y que dicho comité tenga como funciones:



- Evaluar los proyectos de intervención de los estudiantes dando comentarios sobre su viabilidad y alcances,
- Evaluar a los profesores proponiendo sugerencias para mejorar su desempeño docente,
- Evaluar la pertinencia de la maestría a partir de las necesidades de la región,
- Evaluar las EEs proponiendo su actualización, así como la apertura o cierre de EEs.
- Vincular la maestría con el Cuerpo Académico y con las Líneas de Investigación que tienen los profesores,
- Evaluar el plan de trabajo de la maestría,
- Establecer vínculos y convenios de colaboración con la industria,
- Atraer financiamiento para la realización de proyectos que permita la adquisición de equipo de laboratorio e informático.

Áreas de mejora de la EE:

La EE de Mecánica Estructural tradicionalmente consideraba varias teorías para el entendimiento físico y matemático de varios conceptos que se requieren en métodos avanzados de análisis y diseño estructural. Las mejoras propuestas toman en cuenta la aplicación del pensamiento complejo mediante la solución de problemas prácticos en los cuales se introduce al estudiante las herramientas necesarias para la solución de estos problemas.

Se propone también el uso de programas de cómputo por medio de los cuales el estudiante puede resolver problemas numéricos en poco tiempo concentrándose en la propuesta de soluciones innovadoras.

Se considera importante vincular esta EE con los más recientes avances en esta área por medio de la búsqueda de artículos técnicos con los cuales los estudiantes propongan soluciones a los problemas planteados y los comparen con los métodos tradicionales.

Retos:

- Vincular la maestría con las líneas de investigación del CA de civiles.
- Establecer convenios de colaboración con industrias y otras universidades que ofrezcan maestrías en el área de Ingeniería Civil.
- Promover el intercambio estudiantil y académico con estancias cortas en otras universidades y la industria.

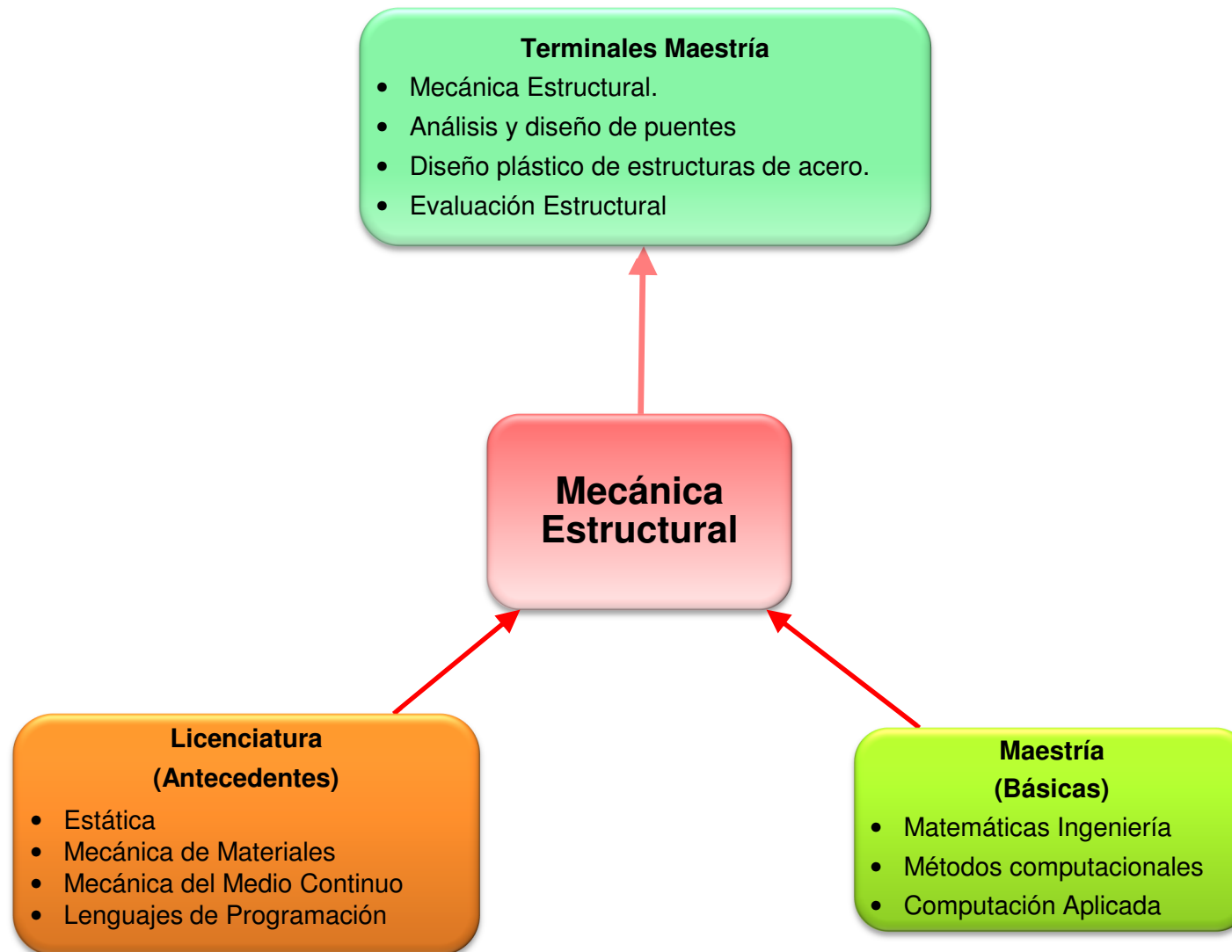


Figura 1. Relación de la EE *Mecánica Estructural* con otras EEs de la licenciatura y maestría.



Relación con otras EEs del plan de estudio

La EE de **Mecánica Estructural** pertenece al grupo de EEs obligatorias para el área de Estructuras y cuenta con un total de 8 créditos. El programa de estudio de la EE se cubrirá en un total de 45 horas presenciales frente a grupo y 30 horas de clases en línea y asesorías.

La relación que hay entre la EE de Mecánica Estructural y sus antecedentes, tanto de licenciatura como de maestría, se muestra en la Fig. 1. Se observa en esta figura que Mecánica Estructural sirve de base a varias EEs, de aquí su importancia.

Unidad de competencia

El alumno será capaz de proponer soluciones estructurales aplicando métodos innovadores, en los cuales utilizará su juicio ingenieril para encontrar la solución de problemas no comunes, pudiendo además interpretar y revisar soluciones a problemas estructurales a partir de los principios de la Mecánica Estructural, conociendo cuando es viable la aplicación de un método u otro.

Para lograr esta unidad de competencia se deberán llevar a cabo las siguientes sub-competencias:

Sub-competencias o Micro-unidades de competencia (MUC)

Sub-competencia 1

El alumno, mediante el entendimiento de las teorías de la mecánica estructural, **será capaz de resolver los problemas fundamentales de la Ingeniería Estructural.**

Sub-competencia 2

El alumno, mediante el manejo y realización de programas de cómputo que le permitan hacer operaciones repetitivas, **será capaz de solucionar problemas estructurales de alta complejidad.**

Tareas/proyectos de aprendizaje, clases de tareas, objetivos de desempeño

En las Tablas 1.1 y 1.2 se presentan las tareas de aprendizaje, las clases de tareas y los objetivos de desempeño para las dos sub-competencias propuestas.



Tabla 1.1 Tareas de aprendizaje, clases de tareas y objetivos de desempeño para la 1ª sub-competencia

Sub-competencia o MUC	Clase o tipo de tarea	Objetivos de desempeño
<p>El alumno, mediante el entendimiento de las teorías de la mecánica estructural, será capaz de resolver problemas de Ingeniería Estructural.</p>	<p>Nivel 1 Resolver problemas de esfuerzos y deformaciones en estructuras.</p> <p>Complejidad: Requiere conocimientos del comportamiento de esfuerzos y deformaciones.</p> <p>Tecnología: Se hace uso de la plataforma <i>emihus</i> para la asignación de tareas, ejemplos y lecturas que complementen lo visto en clase. También se encargará investigar los avances realizados en los últimos años en estos temas utilizando la biblioteca virtual de la UV.</p>	<p>Objetivo 1. Comprender el comportamiento físico de las estructuras.</p> <p>Objetivo 2. Comprender las soluciones tradicionales a los problemas estructurales.</p> <p>Objetivo 3. Determinar soluciones a problemas estructurales no comunes.</p>



Tabla 1.2 Tareas de aprendizaje, clases de tareas y objetivos de desempeño para la 2ª sub-competencia

Sub-competencia o MUC	Clase o tipo de tarea	Objetivos de desempeño
<p>El alumno, mediante el manejo y realización de programas de cómputo que le permitan hacer operaciones repetitivas, será capaz de solucionar problemas estructurales de alta complejidad.</p>	<p>Nivel 1 Resolver problemas de estructuras mediante el uso de programas de cómputo.</p> <p>Complejidad: Requiere conocimientos de métodos numéricos y lenguajes de programación.</p> <p>Tecnología: Se hace uso de programas de fácil acceso tales como: hojas de cálculo, lenguajes de programación libre, software libre y comercial.</p>	<p>Objetivo 1. Implementar las teorías de Mecánica Estructural en un programa de computadora, comprendiendo las variables que intervienen en su solución.</p> <p>Objetivo 2. Optimizar el proceso de cálculo estructural al resolver iterativamente los problemas estructurales.</p> <p>Objetivo 3. Analizar la solución de problemas complejos.</p>
	<p>Nivel 2 Realizar un trabajo donde se proponga la solución a un problema estructural empleando las teorías de la Mecánica Estructural.</p> <p>Complejidad: Requiere conocimientos de esfuerzos, deformaciones, elasticidad, plasticidad, dinámica estructural y mecánica de la fractura.</p> <p>Tecnología: Se hace uso de programas de fácil acceso tales como: hojas de cálculo, lenguajes de programación libre, software libre y comercial.</p>	<p>Objetivo 1. Proponer soluciones a problemas estructurales no comunes mediante el empleo de programas de cómputo.</p>



Información de apoyo, procedimental y práctica de parte de las tareas

En las tablas 2 y 2.2 se presenta la información de apoyo necesaria para el cumplimiento de los objetivos de desempeño planteados para la primera sub-competencia. Dicha información está clasificada como información: a) de apoyo (no recurrente), b) procedimental (recurrente) y c) de práctica (recurrente automatizable).

Tabla 2.1: Tarea de aprendizaje, clases de tareas y objetivos de desempeño para la 1ª Sub-competencia.

Sub-competencia o MUC		
El alumno, mediante el entendimiento de las teorías de la Mecánica estructural, será capaz de resolver problemas de Ingeniería Estructural.		
Clase o tipo de tarea	Objetivo de desempeño	Información de apoyo, información procedimental y prácticas
Nivel 1. Resolver problemas de esfuerzos y deformaciones en estructuras.	Objetivo 1. Comprender el comportamiento físico de las estructuras.	Recurrente. Identificar el nivel de deformaciones y esfuerzos a las cuales se encuentran las secciones transversales de los elementos estructurales. No recurrente. Engineering Mechanics of Solids, Popov, E., Edit. Prentice Hall, 1990.
	Objetivo 2. Comprender las soluciones tradicionales a los problemas estructurales.	No recurrente. Elementos de Mecánica del Medio Continuo, E. Levi, Editorial Limusa, 12ª reimpresión, 1996.
	Objetivo 3. Determinar soluciones a problemas estructurales no comunes.	No recurrente. Biblioteca virtual de la UV. < www.uv-mx/bvirtual >



Tabla 2.2: tarea de aprendizaje, clases de tareas y objetivos de desempeño para la 2ª Sub-competencia.

Sub-competencia o MUC		
El alumno, mediante el manejo y realización de programas de cómputo que le permitan hacer operaciones repetitivas, será capaz de solucionar problemas estructurales de alta complejidad.		
Clase o tipo de tarea	Objetivo de desempeño	Información de apoyo, información procedimental y practicas
Nivel 1. Resolver problemas de estructuras mediante el uso de programas de cómputo.	Objetivo 1. Implementar las teorías de Mecánica Estructural en un programa de computadora, comprendiendo las variables que intervienen en su solución.	Recurrente. Implementar algoritmos computacionales para la solución de problemas numéricos.
	Objetivo 2. Optimizar el proceso de cálculo estructural al resolver iterativamente los problemas estructurales.	No recurrente. Finite Element Procedures, K.J. Bathe, Editorial Prentice Hall, 1996.
	Objetivo 3. Analizar la solución de problemas complejos.	Recurrente. Realizar estudios paramétricos sobre problemas estructurales determinando la importancia de las variables que intervienen en el problema.
Nivel 2. Realizar un trabajo donde se proponga la solución a un problema estructural empleando las teorías de la Mecánica Estructural.	Objetivo 1. Proponer soluciones a problemas estructurales no comunes mediante el empleo de programas de cómputo.	No recurrente. Finite Element Procedures, K.J. Bathe, Editorial Prentice Hall, 1996. Introducción Mecánica de Fractura, Martínez, E., apuntes, 2012. An introduction to the Finite Element Method, J. N. Reddy, 2º Edición, Edit. McGraw Hill, 2005.



Andamiaje de las tareas/proyectos de aprendizaje

En las Tablas 3.1 y 3.2 se presentan las tareas/proyectos de aprendizaje específicos que se desarrollarán a lo largo del curso para el logro de la unidad de competencia; además se indican los apoyos que acompañan a cada una de las tareas.

Tabla 3.1. Tareas de aprendizaje específicas y los apoyos que favorecerán la consecución satisfactoria de las mismas para el logro de la Sub-competencia.

Sub-competencia 1

El alumno, mediante el entendimiento de las teorías de la mecánica estructural, será capaz de resolver los problemas fundamentales de la Ingeniería Estructural.

Clase de tareas			
Nivel 1.- Resolver problemas de esfuerzos y deformaciones en estructuras.			
Actividad	Productos solicitados	Fechas	Información/motivación/andamiaje
Actividad 1. El facilitador explica la teoría y realiza algunos ejemplos prácticos en clase.	Tareas y ejercicios que refuercen los conocimientos adquiridos en clase.	Primeras 3 semanas del curso, del 8 al 22 de Agosto de 2012.	Presentación multimedia con imágenes del comportamiento de estructuras empleando la Mecánica Estructural, solución de problemas comunes.
Actividad 2. Los estudiantes realizarán una investigación acerca de las teorías de la Mecánica Estructural.	Entrega de trabajos de investigación y presentación en clase	Del 29 de Agosto al 5 de Septiembre del 2012.	Biblioteca virtual de la UV <www.uv-mx/bvirtual> Aclaración de dudas por parte del facilitador.



<p>Actividad 3. Los estudiantes utilizan la plataforma <i>emihus</i>, dropbox y moodle para descargar material de apoyo, entregar tareas y preguntar dudas al profesor.</p>	<p>Lectura del material de apoyo y realizar preguntas en la página de <i>emihus</i> una vez repasado lo visto en clase.</p>	<p>En forma recurrente durante todo el curso.</p>	<p>Responder a las preguntas de los estudiantes en <i>emihus</i> mediante una página donde se publiquen las preguntas más frecuentes sobre la EE.</p>
--	---	---	--

Tabla 3.2. Tareas de aprendizaje específicas y los apoyos que favorecerán la consecución satisfactoria de las mismas para el logro de la Sub-competencia.

Sub-competencia 2

El alumno, mediante el manejo y realización de programas de cómputo que le permitan hacer operaciones repetitivas, será capaz de solucionar problemas estructurales de alta complejidad.

Clase de tareas			
Nivel 1.- Resolver problemas de estructuras mediante el uso de programas de cómputo.			
Actividad	Productos solicitados	Fechas	Información/motivación/andamiaje
<p>Actividad 1. El facilitador explica algunos ejemplos prácticos de cómo realizar programas de cómputo.</p>	<p>Que el alumno realice sus propios programas de cómputo y los evalúe ante problemas prácticos entregándolos como evidencia al facilitador.</p>	<p>Del 12 de Septiembre al 31 de Octubre de 2012.</p>	<p>Uso y manejo de algunos programas de cómputo más populares. Algoritmos de computación empleados, programas ya realizados que sirvan como guía.</p>



Clase de tareas

Nivel 2.- Realizar un trabajo donde se proponga la solución a un problema estructural empleando las teorías de la Mecánica Estructural.

Actividad 3. El facilitador explica los pasos requeridos para realizar el trabajo.	a) Planteamiento del problema; b) Investigación documental de problemas similares c) Teorías empleadas en su solución; d) Programas de cómputo empleados; e) Memoria de cálculo.	Del 7 de Noviembre al 12 de Diciembre del 2012	Ejemplos de trabajos y problemas similares ya realizados; uso de programas para el análisis y cálculo estructural. Asesorías y respuesta de dudas y/o comentarios por parte del facilitador.
--	---	--	---

Evaluación de la resolución / ejecución de las tareas / proyectos de aprendizaje

En la Tablas 4.1, 4.2 y 4.3 se presentan los criterios de evaluación de la resolución de las tareas/proyecto de aprendizaje en función de los objetivos de desempeño propuestos para alcanzar las sub-competencias y finalmente la unidad de competencia de la EE de *Miembros de Mecánica Estructural*.



Tabla 4.1. Criterios de evaluación de las tareas de aprendizaje para el logro de la 1ª Sub-competencia de la EE Mecánica Estructural.

Sub-competencia 1

El alumno, mediante el entendimiento de las teorías de la mecánica estructural, será capaz de resolver los problemas fundamentales de la Ingeniería Estructural.

Clase de tareas					
Nivel 1.- Resolver problemas de esfuerzos y deformaciones en estructuras.					
Objetivos de desempeño	Evidencias y criterios de evaluación	Excelente	Muy bueno	Bueno	No suficiente
Comprender el comportamiento físico de las estructuras así como sus soluciones tradicionales, determinando propuestas de solución a problemas no comunes.	Trabajos de investigación y presentación en clase de problemas estructurales.	Buena presentación, llega a los resultados correctos sin errores numéricos. Presenta información adicional analizando el tema, proporciona sus puntos de vista y recomendaciones sobre los problemas resueltos. Emplea TICs en sus presentaciones, utiliza un vocabulario variado, acorde, fluido y claro	Buena presentación, llega a los resultados correctos sin errores numéricos graves. Proporciona sus puntos de vista y recomendaciones sobre los problemas resueltos. Emplea TICs en sus presentaciones, tiene un vocabulario variado pero no fluido.	Presenta errores numéricos no graves, el procedimiento es el adecuado pero no llega a los resultados correctos. Presenta comentarios sobre el desarrollo del problema sin profundiza en él.	Mala presentación escrita, no presenta comentarios sobre el desarrollo del problema, no profundiza en el tema. Presenta errores numéricos graves. El procedimiento es incorrecto, no presenta orden en la solución del problema.



Tabla 4.2. Criterios de evaluación de las tareas de aprendizaje para el logro de la 2ª sub-competencia de la EE Mecánica Estructural.

Sub-competencia 2

El alumno, mediante el manejo y realización de programas de cómputo que le permitan hacer operaciones repetitivas, será capaz de solucionar problemas estructurales de alta complejidad.

Clase de tareas					
Nivel 1.- Resolver problemas de estructuras mediante el uso de programas de cómputo.					
Objetivos de desempeño	Evidencias y criterios de evaluación	Excelente	Muy bueno	Bueno	No suficiente
Que el alumno sea capaz de desarrollar programas de cómputo para resolver problemas de la Mecánica Estructural y los aplique en la solución de problemas prácticos.	Comprobar los programas de cómputo mediante tareas y ejercicios de problemas resueltos y propuestos.	El(Los) programas de cómputo llega(n) a la solución correcta, existe una interface gráfica amigable para la introducción de datos; se presentan los resultados de forma gráfica y se muestran los resultados numéricos en base de datos ordenadas.	El(Los) programa(s) de cómputo llegan a la solución correcta, la presentación visual de los resultados es buena, pero no hay una interface visual amigable. Se muestran los resultados en base de datos ordenadas.	El(Los) programa(s) de cómputo llegan a la solución correcta. No hay una interface visual y los resultados no se muestran en forma gráfica. Los resultados se muestran en base de datos ordenadas.	El(Los) programa(s) de cómputo no llegan a la solución correcta. No hay una interface visual y los resultados no se muestran en forma gráfica. Los resultados no se muestran en base de datos ordenadas.



Nivel 2.- Realizar un trabajo donde se proponga la solución a un problema estructural empleando las teorías de la Mecánica Estructural.

Objetivos de desempeño	Evidencias y criterios de evaluación	Excelente	Muy bueno	Bueno	No suficiente
Que el alumno realice, de manera independiente, el trabajo de la solución de un problema estructural de importancia.	Entrega del trabajo con su memoria de cálculo y su reporte incluyendo bibliografía. Presentación de forma oral en clase.	Buena presentación del proyecto, redacción clara y concisa, bien organizado, presenta todos los puntos acordados, el alumno da conclusiones de los resultados obtenidos, <u>presenta sugerencias al proceso constructivo</u> , no muestra errores de cálculo o de conceptos, las dimensiones de los elementos estructurales son correctas para resistir las cargas. <u>Presenta información adicional</u> que ayuda a complementar el trabajo.	Buena presentación del proyecto, redacción clara y concisa, bien organizado, presenta todos los puntos acordados, el alumno da conclusiones de los resultados obtenidos, <u>no</u> presenta sugerencias al proceso constructivo, no muestra errores de cálculo o de conceptos, las dimensiones de los elementos estructurales son correctas para resistir las cargas.	Buena presentación del proyecto, redacción confusa, mal organizado, presenta todos los puntos acordados, <u>no se muestran conclusiones de los resultados obtenidos</u> , muestra errores de cálculo o de conceptos pero no son graves, las dimensiones de los elementos estructurales principales son adecuadas para resistir las cargas.	Mala presentación del proyecto, redacción confusa y mal realizado, mal organizado, no presenta todos los puntos acordados, el alumno no da conclusiones, tiene errores de cálculo y/o de conceptos, las dimensiones de los elementos estructurales no son correctas para resistir las cargas.



Tabla 4.3 Evaluación final del desempeño:

Evidencias y criterios de evaluación	Criterios de desempeño	Campos de aplicación	Porcentaje
Exámenes parciales	Responder acertadamente las preguntas y problemas planteados.	En clase y en línea (επιτηυs)	1^{er} parcial 15 %
			2^o parcial 15 %
Tareas y trabajos de investigación	Redacción adecuada, respaldada con bibliografía, presentación oral fluida y clara. Problemas bien realizados con resultados correctos.	Extramuros	10 %
Programas de cómputo	Código correcto, se llega al resultado adecuado, de fácil uso, interface gráfica.	Extramuros	15 %
Proyecto final	Redacción buena, presentación excelente, resultados correctos, comentarios, sugerencias, puntos de vista, dibujo estructural y secciones transversales adecuadas. Cumple con todos los puntos establecidos.	Extramuros	25 %
Examen ordinario	Responder acertadamente las preguntas y problemas planteados.	Clase	20 %
Total			100 %

El primer examen parcial se aplicará al final del capítulo 3, el segundo examen parcial al final del capítulo 6 y el examen final se aplicará en las fechas establecidas por la Facultad para el examen ordinario y abarcará todo lo establecido en el curso.

Las tareas contemplan la realización de programas de cómputo que permitan automatizar el proceso de solución de los problemas estructurales. Contemplan también la in-



investigación de temas y su exposición en clase incluyendo la solución de problemas prácticos.

Se encargarán tareas para que el alumno practique y refuerce los conocimientos adquiridos en clase. Su realización es fundamental para acreditar los exámenes escritos. Estas tareas se tomarán en cuenta en la calificación final del estudiante.

La participación se tomará en cuenta considerando aquellos alumnos que respondan acertadamente las preguntas planteadas por el profesor durante la clase y realicen preguntas coherentes y en línea a lo visto en clase. Los alumnos que tengan una participación continua durante todo el curso tendrán hasta un 10% más en su calificación final.

Acreditación:

El alumno se evaluará en una escala de 1 al 10, siendo 1 la calificación mínima (insuficiente), y 10 la calificación máxima (excelente). El alumno aprobará el curso si alcanza en la suma de las 5 evidencias de evaluación, al menos una calificación de 6 (60%). Además, deberá tener el 75% de asistencias durante el curso para tener derecho al examen ordinario.

Temario

Los temas que se abarcarán durante el curso y las horas requeridas por capítulo son las siguientes:

- | | | |
|-----|--|------------|
| 1. | Introducción | (3) horas |
| 1.1 | Soluciones de la Mecánica Estructural | |
| 2. | Estática Estructural (Esfuerzos) | (10) horas |
| 2.1 | Estados de esfuerzos en un punto y tensor de esfuerzos | |
| 2.2 | Círculo de Mohr y esfuerzos principales | |
| 2.3 | Ecuaciones de equilibrio | |
| 2.4 | Modelos esfuerzo-deformación y deformación-tiempo | |
| 3. | Cinemática Estructural (Deformaciones) | (7) horas |
| 3.1 | Descripción del movimiento mediante campos vectoriales | |
| 3.2 | Deformaciones volumétrica y distorsionante | |
| 3.3 | Estados de deformaciones en un punto y tensor de deformaciones | |
| 3.4 | Principio de conservación de cantidad de movimiento | |
| 4. | Modelos reológicos y relaciones constitutivas | (10) horas |
| 4.2 | Relaciones constitutivas. Modelos comunes | |



4.3	Modelos de Maxwell, Kelvin y Burgers	
5.	Elasticidad lineal aplicada	(15) horas
5.1	Problemas fundamentales	
5.2	Función de Airy	
5.3	Ecuaciones de Plasticidad	
6.	Dinámica Estructural	(10) horas
6.1	Sistema de un grado de libertad	
6.2	Sistema de Múltiples grados de libertad	
7	Mecánica de la Fractura	(10) horas
7.1	Conceptos fundamentales	
7.2	Modos de falla y aplicaciones	
8	Aplicaciones	(10) horas
8.1	Pandeo en columnas	
8.2	Análisis dinámico de vigas agrietadas	
	Horas totales del curso:	75 horas

Bibliografía:

Básica

- [1] Engineering Mechanics of Solids, Popov, E., Edit. Prentice Hall, 1990.
- [2] Elementos de Mecánica del Medio Continuo, E. Levi, Editorial Limusa, 12^a reimpresión, 1996.

Complementaria

- [3] Introduction to the Mechanics of Continuous Medium, L. Malvern, Editorial Prentice Hall, 1969.
- [4] Introduction to Continuum Mechanics, Lai, M., Rubin, D. & Krempel E., Edit. Prentice Hall, 1992.
- [5] Dynamics of Structures, Chopra, A. K., Editorial Prentice Hall, 1996.
- [6] Roark's formulas for strain and stress, Young, W & Budynas R., Editorial McGraw Hill, 2002.



- [7] Theory of Elasticity, S.P. Timoshenko, J.N. Goodier, Editorial McGraw-Hill, 1970.
- [8] Finite Element Procedures, K.J. Bathe, Editorial Prentice Hall, 1996.
- [9] Introducción Mecánica de Fractura, Martínez, E., apuntes, 2012.
- [10] An introduction to the Finite Element Method, J. N. Reddy, Segunda Edición, Edit. McGraw Hill, 2005.

Artículos de investigación y divulgación científica y técnica

- [11] Base de datos de la Biblioteca virtual de la Universidad Veracruzana, <www.uv-mx/bvirtual>, 2012.