

## PROGRAMA DE CURSO INGENIERÍA DE MATERIALES

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil (DIC)					
Nombre del curso	Ingeniería de Materiales	Código	CI4112	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Engineering Materials</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Obligatorio	X	Electivo			
Requisitos	CI3111: Mecánica estructural, MA3403: Probabilidades y estadística					

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes utilicen conceptos, teorías y modelos de la ciencia de los materiales para analizar el comportamiento, propiedades y diferentes tipos de falla de los materiales utilizados en ingeniería civil, así como mecanismos microscópicos que generan tales procesos.

Asimismo, se espera que los y las estudiantes determinen las propiedades de los materiales mediante ensayos de laboratorio y seleccione materiales según requisitos de diseño (serviciabilidad, resistencia, durabilidad, estabilidad, constructibilidad, funcionalidad), considerando las propiedades que lo hacen adecuado para una obra civil, así como los resultados del análisis de modelos estructurales.

El curso de Ingeniería de materiales se ubica en el VII semestre de la especialidad (ciclo de Licenciatura).

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE2: Interpretar y evaluar los métodos, herramientas y tecnologías utilizadas y sus resultados, siendo estas computacionales, experimentales, numéricas o analíticas, en la resolución de problemas asociados a obras y sistemas de ingeniería civil.

CE4: Identificar e incorporar los elementos de incertidumbre inherentes a todo proyecto de ingeniería civil, en la concepción, diseño, ejecución y administración de los proyectos.

CEE6: Concebir, analizar, diseñar y construir infraestructura resiliente y sustentable, utilizando materiales tradicionales y nuevos.

CEE8: Diseñar e implementar medidas de protección, reparación y rehabilitación de infraestructura.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

CG6: Innovación

Concebir ideas viables y novedosas para resolver problemas o necesidades, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural, económico y los beneficios para el usuario.

### C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE2, CEE6	RA1: Utiliza conceptos, teorías y modelos sobre la ciencia de los materiales y herramientas como curvas de tensión-deformación para analizar el comportamiento, propiedades y diferentes tipos de falla de materiales, así como mecanismos microscópicos que generan tales procesos.
CEE6	RA2: Selecciona materiales según requisitos de diseño (serviciabilidad, resistencia, durabilidad, estabilidad, constructibilidad, funcionalidad), considerando las propiedades que lo hacen adecuado para una obra civil, así como el análisis de modelos estructurales y sus resultados.
CE4	RA3: Realiza ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de materiales metálicos, poliméricos, cerámicos y compuestos, considerando un análisis del comportamiento, el tipo de falla y normas de ensayo correspondientes.

CE2, CE4	RA4: Evalúa, a nivel conceptual, el efecto de las condiciones de servicio (ambientales y de uso) sobre la vida útil de los materiales, considerando los fenómenos de fractura, fatiga, corrosión y creep.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1, CG4	RA5: Elabora, con su equipo, reportes de los ensayos de laboratorio, informando sobre la metodología para el ensayo correspondiente, el tipo de material ensayado, las propiedades obtenidas y los modos de falla observados.
CG5, CG6	RA6: Analiza y evalúa el proceso de selección de materiales en relación con condiciones de diseño de obras civiles, incorporando criterios de innovación y sustentabilidad para el cuidado del medioambiente, la huella de carbono, el manejo responsable de desechos.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA6	Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Ciencia e Ingeniería de materiales, clasificación y algunas de sus propiedades, materiales utilizados en la Ingeniería Civil y nuevos materiales de la ingeniería. 1.2. Definiciones y generalidades sobre la selección de materiales. 1.3. Uso de mapas de Ashby. 1.4. Problemas y aplicaciones de selección de materiales y diseño. 1.5. Sustentabilidad de los materiales (conceptos generales: huella de carbono, desechos, entre otros).		El/la estudiante: 1. Identifica y analiza, a partir de ejemplos, la estructura micro y macroscópica de los materiales. 2. Clasifica materiales, de acuerdo a sus propiedades. 3. Analiza cómo es el proceso de selección de materiales, tomando en cuenta criterios sobre las condiciones de diseño, innovación (uso de nuevos materiales) y sustentabilidad (huella de carbono, manejo de desechos, etc.).	
Bibliografía de la unidad		[Callister, cap. 1; pp. 1-6]. [Smith, cap. 1; pp. 1-21]. [Ashby 1, cap. 1; pp. 3-23].	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA5	Materiales metálicos	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Estructuras cristalinas de aleaciones metálicas, densidad teórica y fracción volumétrica.</p> <p>2.2. Aleaciones ferrosas: aceros sin y con otros elementos de aleación, diagrama de equilibrio Fe-C, tratamientos térmicos de los aceros, proceso de producción del acero, identificación de los aceros (según composición química y según su resistencia mecánica), fundiciones.</p> <p>2.3. Aleaciones no ferrosas: aleaciones de cobre, aleaciones de aluminio, otras aleaciones no-ferrosas.</p> <p>2.4. Aplicaciones a aleaciones metálicas utilizadas en obras de Ingeniería o Arquitectura.</p> <p>2.5. Módulos de deformación: Coeficiente de Poisson, módulo de elasticidad y cizalle. Propiedades y ensayos mecánicos: tracción, compresión, curvas de tensión-deformación (real y de ingeniería), ley de Hooke, ductilidad, dureza, tenacidad. Normas de ensayo para determinar propiedades de materiales metálicos.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza el comportamiento, propiedades y los diferentes tipos de falla de materiales metálicos.</li> <li>2. Selecciona el material metálico más adecuado según requisitos de diseño en ejemplos que se le presentan.</li> <li>3. Realiza, de manera planificada con su equipo, ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de materiales metálicos, considerando el cumplimiento de normas de ensayos de laboratorio atingentes.</li> <li>4. Calcula a partir de ensayos las propiedades de materiales metálicos.</li> <li>5. Reporta con su equipo, en un informe técnico, los resultados de los ensayos de laboratorio, utilizando criterios de claridad y concisión en la presentación y progresión de sus ideas.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>[Callister, cap. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12; pp. 113-386].</p> <p>[Smith, cap. 6, 9].</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA3	Materiales cerámicos	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Estructuras cristalinas de los materiales cerámicos.</p> <p>3.1.1. Arcillas: productos estructurales y porcelanas.</p> <p>3.1.2. Cementos: cementos Portland, cementos puzolánicos y siderúrgicos, proceso de fabricación del cemento, composición del Clinker, endurecimiento-hidratación del cemento, tipos de cementos según composición. Propiedades –control de calidad de los cementos.</p> <p>3.1.3. Vidrios: estructura del vidrio, características del vidrio, tipos de vidrios.</p> <p>3.2. Normas de ensayo para determinar propiedades de materiales cerámicos.</p> <p>3.3. Aplicaciones a materiales cerámicos utilizados en obras de Ingeniería o Arquitectura.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza el comportamiento, propiedades y los diferentes tipos de falla de materiales cerámicos.</li> <li>2. Selecciona el material cerámico más adecuado según requisitos de diseño para ejemplos de obras de ingeniería o arquitectura.</li> <li>3. Trabaja, de manera planificada con su equipo, en ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de materiales cerámicos, considerando las normas de ensayos de laboratorio correspondientes.</li> <li>4. Comunica, con su equipo, en un informe técnico, los resultados de los ensayos de laboratorio, utilizando criterios de claridad y concisión.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		[Callister, cap. 13, 14; pp. 387-457]. [Smith, cap. 11].	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3	Materiales poliméricos	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Estructura molecular, configuraciones moleculares.</p> <p>4.2. Clasificación de las moléculas poliméricas (química, tamaño, estructura), estados isoméricos.</p> <p>4.3. Principales tipos de polímeros, plásticos, elastómeros y polímeros naturales (madera).</p> <p>4.4. Propiedades mecánicas y termomecánicas de los polímeros. Módulos de deformación: Coeficiente de Poisson, módulo de elasticidad y cizalle. Propiedades y ensayos mecánicos: tracción, curvas de tensión-deformación (real y de ingeniería), ductilidad, dureza, tenacidad. Normas de ensayo para determinar las propiedades de los materiales poliméricos.</p> <p>4.5. Cristalinidad polimérica.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza el comportamiento, propiedades y los diferentes tipos de falla de materiales poliméricos.</li> <li>2. Selecciona el material polimérico más adecuado según requisitos de diseño.</li> <li>3. Realiza, planificadamente con su equipo, ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de los materiales poliméricos, considerando las normas de ensayos.</li> <li>4. Elabora con su equipo, un informe técnico donde reporta los resultados de los ensayos de laboratorio, utilizando criterios de claridad, progresión textual y concisión.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>[Ashby 2, caps. 23, 25, 26, 27; pp. 113-473].</p> <p>[Smith, cap. 10].</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2, RA3	Materiales compuestos	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>5.1. Conceptos fundamentales, propiedades de los compuestos, regla de las mezclas.</p> <p>5.2. Materiales reforzados con partículas, hormigón (matriz cemento y matriz polimérica), aplicación de la regla de las mezclas para calcular teóricamente algunas de las propiedades mecánicas y físicas de los compuestos reforzados con partículas.</p> <p>5.3. Materiales compuestos estructurales, materiales laminares y compuestos tipo sándwich, aplicación de la regla de las mezclas.</p> <p>5.4. Materiales compuestos reforzados con fibra, tipos de matriz y fibras, influencia de la longitud y la orientación de las fibras, compuestos con fibras continuas (carga longitudinal y transversal) y discontinuas, aplicación de la regla de las mezclas.</p> <p>5.5. Hormigón: antecedentes generales, materiales constituyentes del hormigón, propiedades, Fundamentos del diseño de mezclas de hormigón, Métodos de dosificación, Requisitos generales del control de calidad de hormigón, evaluación estadística de muestras de hormigón, hormigón reforzado y pre-esforzado, principales ensayos de mezclas. Ensayo de cono de Abrams en hormigón fresco.</p> <p>5.6. Módulos de deformación: Coeficiente de Poisson, módulo de elasticidad y cizalle. Propiedades y ensayos mecánicos: compresión, tracción, curvas de tensión-</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza el comportamiento, propiedades y los diferentes tipos de falla de materiales compuestos.</li> <li>2. Calcula teóricamente algunas de las propiedades mecánicas y físicas de los compuestos reforzados con partículas.</li> <li>3. Selecciona el material compuesto más adecuado según requisitos de diseño para ejemplos de obras civiles.</li> <li>4. Realiza ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de los materiales compuestos, considerando las normas de ensayos aplicables a este tipo de ensayos.</li> <li>5. Reporta con su equipo, los resultados de los ensayos de laboratorio, considerando criterios de claridad en el planteamiento y progresión de sus ideas.</li> </ol>	



deformación (real y de ingeniería), ductilidad, dureza, tenacidad. Normas de ensayo para determinar propiedades del hormigón.			
Bibliografía de la unidad		[Smith, cap. 12].	
Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA4, RA6	Desempeño de los materiales en servicio	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>6.1. Fractura: modos de fractura, características microestructurales de la fractura en metales y cerámicos, análisis de resistencia a la falla, criterio de Griffith, tenacidad a la fractura.</p> <p>6.2. Fatiga: tensiones cíclicas, curvas S-N, mecanismos de fatiga, propagación de grietas de fatiga, ley de Paris, ley de Miner, diagrama de Soderberg, factores ambientales y otros que afectan a la fatiga.</p> <p>6.3. <i>Creep</i> o fluencia lenta: termofluencia, curvas deformación-tiempo, rapidez de deslizamiento, efecto del esfuerzo y la temperatura.</p> <p>6.4. Oxidación: velocidad de oxidación, mecanismos de oxidación.</p> <p>6.5. Corrosión electroquímica: velocidad de corrosión, ley de Faraday, potencial de electrodo, diagramas de Pourbaix (aplicación al Fe), tipos de corrosión, control de la corrosión.</p> <p>6.6. Conceptos generales de la durabilidad y patologías del hormigón.</p>		<p>El/ la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuantifica la capacidad de fractura o fatiga que tiene el material, basado en la geometría de la pieza (del detalle estructural) y los rangos de tensiones o deformaciones a los que va estar sometido dicho material.</li> <li>2. Evalúa conceptualmente el efecto de las condiciones de servicio (ambientales y de uso) sobre la vida útil de los materiales, considerando los fenómenos de corrosión, oxidación y creep.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>[Callister, caps. 8 y 18; pp. 193-242, 565-606]          [Smith, caps. 7 y 13]          [Ashby 1, caps. 13, 14, 15, 17, 21, 23 y 25; pp. 131-154, 169-178, 211-218, 225-231, 241-249]</p>	



### E. Estrategias de enseñanza – aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- **Clases expositivas:** se presentan en cada sesión de clases los contenidos y el propósito de aprendizaje para la clase; el estudiante analiza los conceptos fundamentales tratados y luego aplica dichos aprendizajes a ejemplos nuevos o problemas que se le presentan.
- **Trabajo de laboratorio:** donde ensayará con materiales de diversa naturaleza, según protocolos. Esta actividad se desarrollará en horario de clase auxiliar.

*No obstante, opcionalmente se podrán aplicar otras estrategias de aprendizaje entre las que se pueden mencionar:*

- **Charlas.**
- **Visitas a terreno.**

### F. Estrategias de evaluación:

Al inicio del semestre se presentarán al curso las estrategias de evaluación propuestas, indicando tipos, cantidad y ponderaciones de las evaluaciones.

Para esta propuesta se podrían considerar las siguientes instancias de evaluación:

- Informes de laboratorio.
- Controles.
- Examen.

### G. Recursos bibliográficos:

#### Bibliografía obligatoria:

1. [Callister]: Callister, W. (2016), “Ciencia e ingeniería de materiales”, Ed. Reverté. Disponible en <http://bibliografias.uchile.cl/2867>.
2. [Smith]: Smith, W.F. (2006) “Ciencia e Ingeniería de Materiales” 4ª edición, México: Ed. McGraw Hill.
3. [Ashby 1]: Ashby M.F. y Jones DRH (1996), “Engineering Materials 1, An Introduction to their Properties and Applications, Oxford, Butterworth-Heinemann publications. <https://www.sciencedirect.com/book/9780080966656/engineering-materials-1>
4. [Ashby 2]: Ashby M.F. y Jones DRH (1998), “Engineering Materials 2, An Introduction to Microstructures, Processing and Design, Oxford, Butterworth-Heinemann publications. <https://www.sciencedirect.com/book/9780080966687/engineering-materials-2>.

### H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño 2021
Elaborado por:	Ricardo Herrera, César Pastén, Juan Felipe Beltrán
Validado por:	Revisión académicos pares: Eduardo Donoso, Gerardo Díaz CTD Ingeniería Civil y académicos del Departamento.
Revisado por:	Área de Gestión Curricular