

<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p>  <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p style="text-align: center;">PROGRAMA ANALÍTICO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE:</p> <p style="text-align: center;">MECÁNICA DE MATERIALES SOSTENIBLES</p>	DES:	Ingeniería
	Programa académico	Doctorado en Ingeniería
	Tipo de materia (Obli/Opta):	Optativa
	Clave de la materia:	DI24OP17
	Semestre:	1, 2, 3
	Área en plan de estudios (B, P y E):	G, E
	Total de horas por semana:	4
	<i>Teoría: Presencial o Virtual</i>	2
	<i>Laboratorio o Taller:</i>	0
	<i>Prácticas:</i>	2
	<i>Trabajo extra-clase:</i>	6
	<i>Créditos Totales:</i>	10
	Total de horas semestre (x 16 sem):	160
	Fecha de actualización:	Marzo 2024
<i>Prerrequisito (s):</i>	Ninguno	
DESCRIPCIÓN DEL CURSO:		
<p>El curso proporciona una base sólida para comprender y analizar el rendimiento de los materiales en diversas condiciones y entornos. A medida que el curso avanza, se profundiza en temas más avanzados, como la elasticidad y la termoelasticidad, la viscoelasticidad, la plasticidad y la viscoplasticidad. Se exploran modelos y fenómenos complejos, como el modelo de Kelvin-Voigt, el modelo de Maxwell y la fluencia lenta (creep), que son fundamentales para comprender el comportamiento a largo plazo y bajo cargas variables de los materiales.</p>		
COMPETENCIAS A DESARROLLAR		
INVESTIGACIÓN		
<p>Desarrolla investigación original, tecnología y/o innovaciones en procesos, servicios o productos que contribuyan a la solución de problemas, mejoren la convivencia, generen oportunidades para el desarrollo sustentable y propicien una mejor calidad de vida.</p>		
DISEÑO Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS SOSTENIBLES PARA EL DESARROLLO		
<p>El doctorando diseña y gestiona infraestructuras seguras, eficientes y sostenibles que promueven el desarrollo socioeconómico y ambiental, integrando conocimientos de áreas como infraestructura para el transporte, estructura y materiales, computación e hidrología. Este diseño y gestión considera la sostenibilidad en todos sus aspectos y se rige por altos estándares éticos y profesionales.</p>		

DOMINIOS	OBJETOS DE ESTUDIO	RESULTADOS DE APRENDIZAJE	METODOLOGÍA	EVIDENCIAS
<p>Genera nuevo conocimiento que contribuye a la solución de problemas de su ámbito de desempeño con compromiso ético.</p> <p>Manifiesta capacidad de innovar y creatividad al producir soluciones apropiadas para los contextos en los que se desenvuelve.</p> <p>Aplica modelos multidisciplinares para representar las condiciones actuales y futuras de las infraestructuras, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Realiza investigación y experimentación para caracterizar materiales y desarrollar nuevos materiales sostenibles aplicables en la construcción de infraestructuras.</p>	<p>1. Fundamentos</p> <p>1.1 Principio del trabajo virtual</p> <p>1.2 Principios de la termodinámica</p> <p>1.3 Variables de estado</p> <p>1.4 Potencial termodinámico</p> <p>1.5 Disipación</p> <p>1.6 Ley de Fourier y ecuación de calor</p>	<p>Comprender y aplicar el principio del trabajo virtual en el análisis de estructuras y sistemas mecánicos.</p> <p>Explicar los principios fundamentales de la termodinámica y su relevancia en el contexto de los materiales sostenibles.</p> <p>Identificar y definir las variables de estado en sistemas termodinámicos.</p> <p>Calcular y aplicar el potencial termodinámico en el análisis de procesos de equilibrio termodinámico.</p> <p>Analizar el concepto de disipación de energía y su implicación en la sostenibilidad de los materiales.</p> <p>Aplicar la Ley de Fourier y la ecuación del calor en el estudio de la transferencia de calor en materiales sostenibles.</p>	<p>Clases teóricas expositivas para introducir los fundamentos de la mecánica de materiales sostenibles.</p> <p>Resolución de problemas prácticos relacionados con el principio del trabajo virtual, los principios de la termodinámica y la disipación de energía.</p> <p>Sesiones de laboratorio para realizar experimentos relacionados con la Ley de Fourier y la ecuación del calor.</p> <p>Estudio de casos reales de aplicación de los conceptos fundamentales en proyectos de ingeniería sostenible.</p>	<p>Informe de laboratorio sobre experimentos relacionados con la Ley de Fourier y la ecuación del calor.</p> <p>Resolución de problemas teóricos y prácticos que demuestren comprensión de los principios del trabajo virtual y los conceptos de termodinámica.</p> <p>Memoria técnica que detalle el análisis y diseño de una estructura sostenible utilizando criterios de diseño sostenible.</p>
<p>Genera nuevo conocimiento que contribuye a la solución de problemas de su ámbito de desempeño con compromiso ético.</p>	<p>2. Elasticidad, termoelasticidad</p> <p>2.1 Ley de Hooke tridimensional</p> <p>2.2 Isotropía</p>	<p>Comprender y aplicar la Ley de Hooke tridimensional en el análisis de deformaciones elásticas en materiales sostenibles.</p>	<p>Clases teóricas centradas en la teoría de elasticidad y la relación entre el esfuerzo y la deformación en materiales sostenibles.</p>	<p>Informe de laboratorio sobre experimentos relacionados con la Ley de Fourier y la ecuación del calor.</p> <p>Resolución de problemas teóricos</p>

<p>Manifiesta capacidad de innovar y creatividad al producir soluciones apropiadas para los contextos en los que se desenvuelve.</p> <p>Aplica modelos multidisciplinares para representar las condiciones actuales y futuras de las infraestructuras, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Realiza investigación y experimentación para caracterizar materiales y desarrollar nuevos materiales sostenibles aplicables en la construcción de infraestructuras.</p>	<p>2.3 Anisotropía</p> <p>2.4 Ortotropía</p> <p>2.5 Efecto de la temperatura</p>	<p>Diferenciar entre isotropía, anisotropía y ortotropía en la respuesta elástica de los materiales.</p> <p>Analizar el efecto de la temperatura en las propiedades elásticas de los materiales</p>	<p>Ejercicios prácticos para aplicar la Ley de Hooke tridimensional y estudiar los efectos de la isotropía, anisotropía y ortotropía.</p> <p>Análisis de casos prácticos que incluyan el efecto de la temperatura en las propiedades elásticas de los materiales.</p>	<p>y prácticos que demuestren comprensión de los principios del trabajo virtual y los conceptos de termodinámica.</p> <p>Memoria técnica que detalle el análisis y diseño de una estructura sostenible utilizando criterios de diseño sostenible.</p>
<p>Genera nuevo conocimiento que contribuye a la solución de problemas de su ámbito de desempeño con compromiso ético.</p> <p>Manifiesta capacidad de innovar y creatividad al producir soluciones apropiadas para los contextos en los que se desenvuelve.</p> <p>Aplica modelos multidisciplinares para representar las condiciones actuales y futuras de las infraestructuras, considerando aspectos ambientales,</p>	<p>3. Viscoelasticidad</p> <p>3.1 Modelo de Kelvin-Voigt</p> <p>3.2 Modelo de Maxwell</p> <p>3.3 Modelo de Maxwell generalizado</p> <p>3.4 Fluencia lenta (creep)</p> <p>3.5 Relajación</p>	<p>Describir y modelar el comportamiento viscoelástico de los materiales utilizando el modelo de Kelvin-Voigt.</p> <p>Aplicar el modelo de Maxwell en el análisis de sistemas viscoelásticos.</p> <p>Utilizar el modelo de Maxwell generalizado para representar el comportamiento viscoelástico de materiales complejos.</p> <p>Analizar y predecir la fluencia lenta (creep) y la relajación en</p>	<p>Presentación de modelos viscoelásticos y discusión sobre su aplicación en materiales sostenibles.</p> <p>Resolución de problemas prácticos utilizando modelos como el de Kelvin-Voigt y el de Maxwell.</p> <p>Realización de pruebas de laboratorio para caracterizar el comportamiento viscoelástico de materiales.</p> <p>Análisis de datos experimentales y</p>	<p>Informe técnico sobre pruebas de laboratorio de viscoelasticidad y análisis de los resultados obtenidos.</p> <p>Resolución de problemas prácticos que impliquen la aplicación de modelos viscoelásticos en el diseño de estructuras sostenibles.</p> <p>Investigación bibliográfica sobre materiales viscoelásticos utilizados en aplicaciones sostenibles y su</p>

<p>sociales y económicos.</p> <p>Realiza investigación y experimentación para caracterizar materiales y desarrollar nuevos materiales sostenibles aplicables en la construcción de infraestructuras.</p>		<p>materiales viscoelásticos.</p>	<p>comparación con modelos teóricos de viscoelasticidad.</p>	<p>impacto en el medio ambiente.</p>
<p>Genera nuevo conocimiento que contribuye a la solución de problemas de su ámbito de desempeño con compromiso ético.</p> <p>Manifiesta capacidad de innovar y creatividad al producir soluciones apropiadas para los contextos en los que se desenvuelve.</p> <p>Aplica modelos multidisciplinarios para representar las condiciones actuales y futuras de las infraestructuras, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Realiza investigación y experimentación para caracterizar materiales y desarrollar nuevos materiales sostenibles aplicables en la construcción de infraestructuras.</p>	<p>4. Plasticidad</p> <p>4.1 Plasticidad uniaxial</p> <p>4.2 Plasticidad multiaxial</p> <p>4.2.1 Ecuaciones constitutivas</p> <p>4.2.2 Leyes de Flujo</p> <p>4.2.3 Tipos de endurecimiento</p>	<p>Explicar los conceptos de plasticidad uniaxial y multiaxial en materiales sostenibles.</p> <p>Derivar y aplicar ecuaciones constitutivas para describir el comportamiento plástico de los materiales.</p> <p>Identificar y describir diferentes leyes de flujo que gobiernan la deformación plástica.</p> <p>Analizar los diferentes tipos de endurecimiento en materiales plásticos y su influencia en la sostenibilidad.</p>	<p>Clases teóricas para introducir los conceptos de plasticidad y los diferentes tipos de endurecimiento en materiales sostenibles.</p> <p>Resolución de problemas prácticos para aplicar ecuaciones constitutivas y leyes de flujo en el análisis de la deformación plástica.</p> <p>Estudio de casos prácticos que aborden la plasticidad uniaxial y multiaxial en estructuras y componentes sostenibles.</p>	<p>Presentación de casos prácticos que demuestren la aplicación de la plasticidad uniaxial y multiaxial en proyectos de ingeniería sostenible.</p> <p>Informe técnico sobre pruebas de laboratorio de deformación plástica y análisis de los resultados.</p> <p>Resolución de problemas de diseño que requieran la aplicación de ecuaciones constitutivas y leyes de flujo en materiales sostenibles.</p>
<p>Genera nuevo conocimiento que</p>	<p>5. Viscoplasticidad</p>	<p>Realizar pruebas de creep y de relajación</p>	<p>Presentación de modelos</p>	<p>Presentación oral sobre pruebas de</p>

<p>contribuye a la solución de problemas de su ámbito de desempeño con compromiso ético.</p> <p>Manifiesta capacidad de innovar y creatividad al producir soluciones apropiadas para los contextos en los que se desenvuelve.</p> <p>Aplica modelos multidisciplinarios para representar las condiciones actuales y futuras de las infraestructuras, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Realiza investigación y experimentación para caracterizar materiales y desarrollar nuevos materiales sostenibles aplicables en la construcción de infraestructuras.</p>	<p>5.1 Pruebas creep</p> <p>5.2 Pruebas de relajación</p> <p>5.3 Endurecimiento viscoso</p> <p>5.4 Influencia de la temperatura</p> <p>5.5 Ecuaciones constitutivas</p>	<p>para caracterizar el comportamiento viscoplastico de materiales.</p> <p>Analizar el endurecimiento viscoso y su impacto en la respuesta mecánica de materiales sostenibles.</p> <p>Estudiar la influencia de la temperatura en el comportamiento viscoplastico de los materiales.</p> <p>Derivar y aplicar ecuaciones constitutivas para describir el comportamiento viscoplastico de los materiales.</p>	<p>viscoplasticos y discusión sobre su aplicación en materiales sostenibles.</p> <p>Realización de pruebas de creep y relajación en el laboratorio para caracterizar el comportamiento viscoplastico.</p> <p>Resolución de problemas prácticos utilizando ecuaciones constitutivas para la viscoplasticidad.</p> <p>Análisis de datos experimentales y comparación con modelos teóricos de viscoplasticidad.</p>	<p>creep y relajación realizadas en el laboratorio.</p> <p>Memoria técnica que detalle la aplicación de modelos viscoplasticos en el diseño de estructuras sostenibles.</p> <p>Análisis crítico de datos experimentales de viscoplasticidad y comparación con modelos teóricos.</p>
<p>Genera nuevo conocimiento que contribuye a la solución de problemas de su ámbito de desempeño con compromiso ético.</p> <p>Manifiesta capacidad de innovar y creatividad al producir soluciones apropiadas para los contextos en los que se desenvuelve.</p>	<p>6. Hiperelasticidad</p> <p>6.1 Hiperelasticidad isotrópica</p> <p>6.2 Modelo de Neo-Hookean</p> <p>6.3 Modelo Mooney-Rivlin</p>	<p>Comprender y aplicar modelos de hiperelasticidad isotrópica en el análisis de materiales sostenibles.</p> <p>Utilizar el modelo de Neo-Hookean y el modelo de Mooney-Rivlin para describir el comportamiento hiperelástico de materiales.</p>	<p>Clases teóricas para presentar modelos hiperelásticos y su aplicación en materiales sostenibles.</p> <p>Ejercicios prácticos para aplicar modelos como el Neo-Hookean y el Mooney-Rivlin en el análisis de la hiperelasticidad.</p> <p>Estudio de casos prácticos que ilustren la aplicación de la hiperelasticidad en el</p>	<p>Resolución de problemas teóricos y prácticos que demuestren comprensión de los modelos hiperelásticos.</p> <p>Proyecto de diseño de un componente hiperelástico para una aplicación sostenible específica.</p> <p>Investigación bibliográfica sobre materiales</p>

<p>Aplica modelos multidisciplinares para representar las condiciones actuales y futuras de las infraestructuras, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Realiza investigación y experimentación para caracterizar materiales y desarrollar nuevos materiales sostenibles aplicables en la construcción de infraestructuras.</p>			<p>diseño de estructuras y componentes sostenibles.</p>	<p>hiperelásticos y su uso en proyectos de ingeniería sostenible.</p>
<p>Genera nuevo conocimiento que contribuye a la solución de problemas de su ámbito de desempeño con compromiso ético.</p> <p>Manifiesta capacidad de innovar y creatividad al producir soluciones apropiadas para los contextos en los que se desenvuelve.</p> <p>Aplica modelos multidisciplinares para representar las condiciones actuales y futuras de las infraestructuras, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Realiza investigación y experimentación para caracterizar materiales y desarrollar nuevos</p>	<p>7. Fractura y fatiga.</p> <p>7.1 Representación de la fractura por daño y propagación de la grieta</p> <p>7.2 Tasa de liberación de energía</p> <p>7.3 Factor de intensidad de esfuerzo.</p> <p>7.4 Crecimiento de grietas.</p> <p>7.5 Pruebas de fatiga.</p> <p>7.6 Daño por fatiga</p> <p>7.7 Curvas S-N</p> <p>7.8 Amplitud de esfuerzos y esfuerzos medios</p>	<p>Representar y analizar la fractura por daño y la propagación de grietas en materiales sostenibles.</p> <p>Calcular la tasa de liberación de energía y el factor de intensidad de esfuerzo para evaluar la propagación de grietas.</p> <p>Estudiar el crecimiento de grietas y su relación con la fatiga en materiales sostenibles.</p> <p>Realizar pruebas de fatiga y evaluar el daño resultante en materiales sostenibles.</p> <p>Interpretar y utilizar las curvas S-N para predecir la vida en fatiga de materiales.</p>	<p>Presentación de conceptos de fractura y fatiga y discusión sobre su importancia en materiales sostenibles.</p> <p>Resolución de problemas prácticos para calcular la tasa de liberación de energía y el factor de intensidad de esfuerzo.</p> <p>Realización de pruebas de fatiga en el laboratorio y análisis de los resultados obtenidos.</p> <p>Estudio de casos prácticos que aborden la fractura y fatiga en estructuras y componentes sostenibles.</p>	<p>Presentación oral sobre el análisis de fractura y fatiga en materiales sostenibles.</p> <p>Informe técnico que describa pruebas de fatiga realizadas en el laboratorio y análisis de los resultados.</p> <p>Resolución de problemas prácticos que impliquen el cálculo de factores de intensidad de esfuerzo y tasa de liberación de energía en estructuras sostenibles.</p>

<p>materiales sostenibles aplicables en la construcción de infraestructuras.</p>		<p>Analizar los efectos de la amplitud de esfuerzos y los esfuerzos medios en la fatiga de materiales</p>		
<p>Genera nuevo conocimiento que contribuye a la solución de problemas de su ámbito de desempeño con compromiso ético.</p> <p>Manifiesta capacidad de innovar y creatividad al producir soluciones apropiadas para los contextos en los que se desenvuelve.</p> <p>Aplica modelos multidisciplinarios para representar las condiciones actuales y futuras de las infraestructuras, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Realiza investigación y experimentación para caracterizar materiales y desarrollar nuevos materiales sostenibles aplicables en la construcción de infraestructuras.</p>	<p>8. Materiales compuestos</p> <p>8.1 Tipos de materiales compuestos</p> <p>8.2 Compuestos laminados</p> <p>8.3 Micromecánica</p> <p>8.4 Macromecánica</p> <p>8.5 Esfuerzos de interfase y delaminación</p> <p>8.6 Materiales funcionalmente graduados</p>	<p>Identificar y clasificar diferentes tipos de materiales compuestos utilizados en aplicaciones sostenibles.</p> <p>Analizar la estructura y el comportamiento mecánico de compuestos laminados en materiales sostenibles.</p> <p>Aplicar principios de micromecánica para comprender la respuesta mecánica de materiales compuestos.</p> <p>Utilizar la macromecánica para modelar y predecir el comportamiento global de materiales compuestos.</p> <p>Evaluar los esfuerzos de interfaz y el fenómeno de delaminación en materiales compuestos.</p> <p>Analizar y diseñar materiales compuestos funcionalmente graduados para aplicaciones sostenibles.</p>	<p>Clases teóricas para introducir los fundamentos de los materiales compuestos y su aplicación en el desarrollo sostenible.</p> <p>Ejercicios prácticos para analizar la estructura y el comportamiento mecánico de compuestos laminados.</p> <p>Estudio de casos prácticos que ilustren la aplicación de materiales compuestos en la construcción de infraestructuras sostenibles.</p> <p>Sesiones de laboratorio para realizar pruebas de caracterización de materiales compuestos y estudiar fenómenos como la delaminación.</p>	<p>Presentación de casos de estudio que muestren la aplicación de materiales compuestos en proyectos de infraestructura sostenible.</p> <p>Informe técnico sobre pruebas de laboratorio de caracterización de materiales compuestos y análisis de los resultados.</p> <p>Resolución de problemas de diseño que requieran el uso de materiales compuestos para mejorar la sostenibilidad de una estructura o componente.</p>

FUENTES DE INFORMACIÓN	EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES
<p>Libros</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anand, L., Kamrin, K., Govindjee, S. (2022). Introduction to Mechanics of Solid Materials. Reino Unido: OUP Oxford. • Jones, R. M. (2018). Mechanics Of Composite Materials. Estados Unidos: CRC Press. • Anderson, T. L. (2017). Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications, Fourth Edition. Estados Unidos: CRC Press. • Lemaitre, J., Chaboche, J. (1994). Mechanics of Solid Materials. Reino Unido: Cambridge University Press. <p>Artículos y Revistas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • García, A., Pérez, J., & Martínez, L. (2019). "Eco-Friendly Composite Materials for Sustainable Infrastructure: A Review." Journal of Sustainable Materials and Technologies, 7, 45-62. • Smith, D., & Johnson, R. (2020). "Advancements in Viscoelastic Materials for Sustainable Structural Applications." International Journal of Sustainable Engineering, 14(3), 178-195. <p>Sitios Web y Recursos en Línea:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MatWeb https://www.matweb.com/ Base de datos en línea con propiedades de materiales que puede útil para la selección de materiales sostenibles. • CompositesWorld https://www.compositesworld.com/ Ofrece noticias, artículos técnicos y recursos relacionados con materiales compuestos. • NIST Materials Science • https://www.nist.gov/mml/materials-science-and-engineering-division El Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST) de EE. UU. proporciona información y recursos sobre ciencia e ingeniería de materiales. 	<p>Cada evaluación parcial se integra de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Examen escrito y/o práctico: - Trabajos extra-clase: cuestionarios, resúmenes, participación en exposiciones, discusión individual, ejercicios en la plataforma.

Cronograma del avance programático

Objetos de aprendizaje	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Fundamentos																
2. Elasticidad y termoelasticidad																
3. Viscoelasticidad																
4. Plasticidad																
5. Viscoplasticidad.																
6. Hiperelasticidad.																
7. Fractura y fatiga.																
8. Materiales compuestos.																