|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **PROGRAMA EDUCATIVO:**  **INGENIERÍA EN NANOTECNOLOGÍA**  **EN COMPETENCIAS PROFESIONALES** |  |

**PROGRAMA DE ASIGNATURA: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES II CLAVE:­­­\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Propósito de aprendizaje de la Asignatura | | El estudiante determinará las técnicas de caracterización que permitan identificar las propiedades físicas y químicas de los nanomateriales, para contribuir en el diseño de los procesos de producción de los materiales nanoestructurados. | | | | |
| Competencia a la que contribuye la asignatura | | Diseñar procesos de producción de materiales nanoestructurados en laboratorio y a nivel industrial, con base en la planeación, técnicas de síntesis e incorporación y cumpliendo con la normatividad aplicable, para contribuir a la innovación tecnológica, a fin de resolver problemas del sector productivo, comercial, académico, de investigación y social, con principios éticos, inclusivos, de equidad y con visión sostenible. | | | | |
| Tipo de competencia | Cuatrimestre | | Créditos | Modalidad | Horas por semana | Horas Totales |
|
| **Específica** | **Séptimo** | | **6.562** | **Escolarizada** | **7** | **105** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Unidades de Aprendizaje** | **Horas del Saber** | **Horas del Saber Hacer** | **Horas Totales** |
|  |  |  |
| 1.- Técnicas para el análisis del tamaño y área superficial de partícula | 10 | 15 | 25 |
| 2.- Técnicas de Dureza | 10 | 15 | 25 |
| 3.- Técnicas Fototérmicas | 10 | 15 | 25 |
| 4.-Técnicas complementarias | 15 | 15 | 30 |
| **Totales** | **45** | **60** | **105** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Funciones** | **Capacidades** | **Criterios de Desempeño** |
| Justificar el diseño de un nanomaterial con base a una necesidad o problemática, desarrollarlo y caracterizarlo con base a los lineamientos correspondientes para asegurar su funcionalidad. | Diseñar procedimientos para aplicar técnicas de caracterización con base al tipo de nanomaterial, requerimientos del cliente, normatividad aplicable y condiciones de seguridad, para asegurar la calidad del producto. | Realizar una propuesta de caracterización de materiales,  - tipo de material.  - requerimientos del cliente  - propiedades y parámetros a evaluar  - propuesta de técnicas a emplear |
| Evaluar los diferentes riesgos en la cadena de suministros de nanomateriales conforme a la normatividad aplicable para establecer condiciones de seguridad ambiental y social, considerando principios éticos y de equidad. | Evaluar las nanoestructuras y los procesos de síntesis de los nanomateriales con base de simulaciones, registros de cada proceso, técnicas estadísticas y resultados de la caracterización, para evaluar la eficacia de su producción y el cumplimiento de los requerimientos del cliente. | 1) Realiza los diagramas de proceso e instrumentación, calcula los balances de materia y energía y apoya en estudios de impacto ambiental de procesos. 2) Simula las etapas del proceso empleando software especializado. |
| Evaluar el proceso de integración de nanoestructuras y nanomateriales con base en los registros del proceso, los resultados de la caracterización y mediante técnicas estadísticas establecidas para contribuir al cumplimiento de los requerimientos del cliente. | Elaborar un reporte técnico de producción de nanomateriales:  - material producido  - especificaciones técnicas requeridas,  - técnicas aplicadas  - equipos, materiales y reactivos empleados  - normatividad de referencia  - reporte de resultados de caracterización  - dictamen del cumplimiento de las especificaciones técnicas requeridas.  - observaciones y conclusiones.  - evidencias  - firma del responsable de la validación. |
| Definir las aplicaciones de los nanomateriales con base a sus características y propiedades físico-químicas obtenidas (tamaño, forma, composición y estructura de superficie) mediante su caracterización, correlacionando diferentes tamaños, formas, composición y estructura de superficie, así como carga, para determinar sus aplicaciones a nivel macroscópico. | Establece correlación entre las diferentes propiedades macroscópicas que pueden presentar los materiales en escala nanométrica. |
| Establecer procedimientos con base al tipo de nanomaterial, requerimientos del cliente, normatividad aplicable y condiciones de seguridad, para aplicar técnicas de caracterización y asegurar la calidad del producto. | Desarrolla procedimientos de caracterización de materiales para las técnicas seleccionadas, incluyendo los siguientes elementos:  - objetivo  - alcance  - definiciones  - políticas  - diagrama de proceso  - proceso  - formatos y registros  - condiciones de seguridad  - normas aplicables. |

**UNIDADES DE APRENDIZAJE**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | **I. Técnicas para el análisis del tamaño de partícula y del área superficial de partícula** | | | | | |
| Propósito esperado | El estudiante determinará el tamaño de partícula y propiedades texturales en materiales nano-estructurados para su aplicación en la industria. | | | | | |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber** | 10 | **Horas del Saber Hacer** | 15 | **Horas Totales** | 25 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber**  **Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer**  **Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir**  **Dimensión Socioafectiva** |
| Medición del tamaño de partícula | Describir las técnicas directas e indirectas para la determinación del tamaño de partícula  Identificar los intervalos del espectro electromagnético asociados a la determinación del tamaño de partícula de los nanomateriales  Reconocer los principios de funcionamiento y operación de un espectrofotómetro UV-Vis  Identificar los parámetros involucrados en la dispersión dinámica de la luz (índice de refracción, radio de curvatura, distancia focal, movimiento browniano, ley de Snell, Principio de Fermat) | Describir las características de las nanopartículas a partir de los plasmones de los espectros de absorción  Determinar el tamaño y forma de las nanopartículas a partir de los parámetros ópticos de la dispersión dinámica de la luz | Analizar de manera proactiva y mediante el trabajo en equipo, la problemática a resolver, siendo responsables de la veracidad de los resultados.  Desarrollar el pensamiento analítico a través del análisis de casos. |
| Medición de la porosidad en nanoestructuras | Explicar los fundamentos físicos de la técnica por fisisorción de gas:  absorción, adsorción fisisorción, quimisorción y distancia de adsorción, solido poroso, volumen de poros, tamaño de poros, área superficial y distribución del tamaño de poros.  Describir cualitativamente las características de los sólidos porosos.  Describir los métodos BET y BJH  Explicar los tipos de isotermas obtenidos de la fisisorción de gases. | Identificar los componentes texturales de un sólido poroso  Determinar la porosidad de nanomateriales aplicando el método BET  Determinar la distribución de la porosidad de nanomateriales aplicando el método BJH  Interpretar las características de las isotermas que pueden obtenerse con los métodos de fisisorción |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** | | | |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo | |
| **Aula** | X |
| Prácticas de laboratorio.  Investigación.  Equipos colaborativos. | -Laboratorio  -Muestras de materiales  -Equipo de Laboratorio de pruebas:  UV-Vis, DLS, Fisisorción- desorción  -Equipo de cómputo  -manuales de seguridad  -Equipo de seguridad | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso de Evaluación** | | |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| A partir de un caso práctico de mediciones de propiedades de superficie, elaborar un reporte que contenga:  - Justificación de cada técnica utilizada.  - Descripción de las condiciones de proceso  - Proceso de análisis.  - Interpretación de los resultados obtenidos.  - Conclusiones | 1. Comprender los fundamentos de la interacción de la luz con la materia para determinar el tamaño de partícula  2. Identificar las técnicas de análisis de área superficial.  3. Identificar las propiedades superficiales de materiales, tamaño y forma de partícula.  4. Comprender los fundamentos de la fisisorción para determinar las propiedades texturales de sólidos porosos  5. Interpretar isotermas y bucles de histéresis. | Ejercicios prácticos  Lista de cotejo |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | **II. Técnicas de dureza** | | | | | |
| Propósito esperado | El estudiante determinará la dureza en los materiales nano-estructurados para su aplicación en la industria. | | | | | |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber** | 10 | **Horas del Saber Hacer** | 15 | **Horas Totales** | 25 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber**  **Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer**  **Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir**  **Dimensión Socioafectiva** |
| Principios de las técnicas para la medición de dureza | Explicar el fundamento de las técnicas de dureza  Describir el módulo de Young y sus componentes  Explicar las unidades de dureza, sus conversiones y equivalencias.  Identificar las partes y componentes de los equipos de ensayo de dureza  Describir los procesos de calibración de los equipos de ensayo de dureza | Calcular el módulo de Young y sus equivalencias  Verificar que los equipos de ensayo de dureza se encuentren calibrados previo a los ensayos |  |
| Ensayos de microdureza | Describir el procedimiento experimental de microdureza  Describir el método de análisis por Oliver y Pharr.  Explicar el ensayo de dureza Vickers y Knoop | Elegir el tipo de ensayo de dureza en función del tipo de materiales  Analizar los resultados de la indentación por diferentes métodos |
| Ensayos de nano-indentación | Describir el proceso de nano indentación  Distinguir las diferencias entre el concepto de micro indentación y de nano indentación  Identificar los componentes de un equipo para ensayos de nanoindentación  Describir las rutinas de calibración del equipo de nano-indentación: ajuste de balanceo del péndulo; detección del contacto  Inicial muestra-indentador; detección de los niveles de vibración.  Describir el proceso de calibración de peso y profundidad de indentación en función del área de diamante | Verificar la calibración del nano-indentador.  Ejecutar ensayos de dureza por nano-indentación.  Determinar la dureza de materiales nano-estructurados a través de los resultados de la nano-indentación. |
| Espectrometría de Resonancia Ultrasónica | Describir el fundamento de espectrometría de resonancia ultrasónica.  Identificar en los parámetros resonantes, los componentes del módulo de Young.  Describir el método cuasi-estático y el método de pulsos.  Explicar las ventajas y desventajas de la técnica (URE) | Ejecutar pruebas de espectrometría de resonancia ultrasónica en materiales.  Determinar el módulo de Young en materiales nano-estructurados a partir de la técnica URE |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** | | | |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo | |
| **Aula** | X |
| Prácticas de laboratorio.  Investigación.  Equipos colaborativo. | Laboratorio  - Muestras de materiales  Equipo de Laboratorio de pruebas:  -Micro y Nano-indentador, URE | **Laboratorio / Taller** | X |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso de Evaluación** | | |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| A partir de un caso práctico de mediciones de nanodureza, entregará un reporte que contenga:  -Resultado de la verificación del nano-indentador.  - Justificación de la técnica de nano-indentación.  - Descripción del proceso de análisis.  - Interpretación de los resultados obtenidos.  - Conclusiones. | 1. Comprende el fundamento de la técnica de nano-indentación.  2. Identifica los componentes del nano-indentador para la calibración y posterior medición  3. Identifica las acciones de verificación del nano-indentador.  4. Analiza los resultados experimentales. | Ejercicios prácticos  Lista de cotejo |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | **III. Técnicas Fototérmicas** | | | | | |
| Propósito esperado | El estudiante ejecutará las técnicas de radiometría fototérmica infrarroja, fotoacústica y fotopiroeléctrica para determinar la presencia de defectos en los materiales nanoestructurados . | | | | | |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber** | 10 | **Horas del Saber Hacer** | 15 | **Horas Totales** | 25 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber**  **Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer**  **Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir**  **Dimensión Socioafectiva** |
| Fundamentos de Conducción y transferencia de calor | Reconocer los fundamentos y mecanismos de transferencia de calor.  Reconocer el principio de radiación de cuerpo negro de Plank.  Explicar la ecuación de Velocidad por la ley de Fourier.  Explicar el Coeficiente de conductividad Térmica.  Explicar el funcionamiento de la cámara fototérmica.  Identificar los tipos de materiales que se emplean en la fabricación de los sensores de radiación infrarroja | Calcular la cantidad de energía emitida por radiación por un cuerpo negro  Seleccionar las fuentes de emisión de calor en función de la radiación.  Seleccionar el tipo de detector de radiación infrarroja. | Analizar de manera proactiva y mediante el trabajo en equipo, la problemática a resolver, siendo responsables de la veracidad de los resultados.  Desarrollar el pensamiento analítico a través del análisis de casos. |
| Técnicas de Radiometría Fototérmica | Explicar el fundamento físico de la técnica de Radiometría fototérmica Infrarroja  Describir las características de las ondas térmicas:  - Radiometría infrarroja  - Efecto Mirage "Espejo"    Explicar los fundamentos de las técnicas de:  - fotoacústica  - microscopía fotopiroeléctrica  Identificar sensores piroeléctricos  Explicar el fundamento de detección de defectos internos | Ejecutar pruebas de radiometría fototérmica de infrarrojo |
| Termografía | Explicar los fundamentos de la teoría de la Termografía.  Explicar la ley de Kirchhoff  Explica el concepto y características de la estructura de la superficie.  Explicar los tipos de muestra termográfica, la suciedad y partículas en la muestra.  Explicar el concepto de temperatura ambiente y su relación con la termografía.  Explicar las características especiales de la Termografía en exteriores.  Explicar las técnicas de medición termográfica en cristales y metales. | Demostrar la ley de Kirchhoff.  Ejecutar pruebas de Termografía.  Preparar la imagen en cristales y metales.  Explica las características de la imagen termográfica. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** | | | |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo | |
| **Aula** | X |
| Prácticas de laboratorio.  Investigación  Equipos colaborativos | Laboratorio:  -Muestras de materiales  Equipo sugerido de Laboratorio de pruebas:  -PTR (Radiometría fototérmica Infrarroja)  - fotoacústica  - fotopiroelectrica  -Cámara termográfica | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso de Evaluación** | | |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| A partir de un caso práctico de mediciones de radiometría infrarroja fotoacústica, entregará un reporte que contenga:  -Fundamento de la técnica utilizada.  - Descripción del proceso de análisis.  - Interpretación de los resultados obtenidos.  - Conclusiones. | 1. Reconoce los fundamentos y mecanismos de transferencia de calor.  2. Comprende el fundamento físico de radiometría fototérmica infrarroja, fotopiroeléctrica y térmica  3. Interpreta las mediciones termográficas en cristales y metales. | Ejercicios prácticos  Lista de cotejo |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | **IV. Técnicas complementarias** | | | | | |
| Propósito esperado | El estudiante manejará técnicas que le permitan llevar a cabo un análisis complementario de los materiales que se encuentre desarrollando en sus proyectos. | | | | | |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber** | 15 | **Horas del Saber Hacer** | 15 | **Horas Totales** | 30 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber**  **Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer**  **Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir**  **Dimensión Socioafectiva** |
| Análisis dinámico mecánico (DMA) | Identificar el principio del DMA.  Describir los experimentos incluidos en la técnica:   * Creep * Experimento de relajación de estrés * Corte dinámico * Corte estacionario   Identificar el fundamento de operación del equipo | Determinar:     * Propiedades viscoelásticas * Temperatura de elongación * Módulo de elasticidad | Analizar de manera proactiva y mediante el trabajo en equipo, la problemática a resolver, siendo responsables de la veracidad de los resultados.  Desarrollar el pensamiento analítico a través del análisis de casos. |
| Técnicas electroquímicas | Describir las técnicas electroquímicas:  - curva de polarización (procesos de pasivación, activación, transpasivación y zona mixta)  - ruido electroquímico  - Impedancia  Describir el principio de Bode.  Describir el principio de Evans.  Describir el Principio del argumento de Nyquist. | Determinar los potenciales de óxido- reducción en sistemas electroquímicos.  Interpretar las curvas de polarización  Ejecutar la técnica de ruido electroquímico en sistemas.  Seleccionar el diagrama de acuerdo a la técnica electroquímica. |
| Fluorescencia de Rayos X | Conocer los fundamentos de la técnica  Identificar los elementos del equipo  Describir el principio de radiación X fluorescente o secundaria | Describir espectros fluorescentes  Interpretar el análisis químico elemental  Cuantificar elementos entre el flúor (F) y el uranio (U) de muestras sólidas |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** | | | |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo | |
| **Aula** | X |
| Prácticas de laboratorio.  Investigación  Equipos colaborativos | Laboratorio  - Reactivos químicos  Equipo de Laboratorio sugerido:  -Electrodos de disco rotatorio  -Potenciostato-Galvanostato  -Pulidora  -Cámara salina  -Cómputo  -Manuales de seguridad  -Equipo de seguridad | **Laboratorio / Taller** | X |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso de Evaluación** | | |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| A partir de un caso de estudio de un sistema en general, el estudiante entregará un reporte que contenga:  - Descripción del proceso.  - Resultados e interpretación  - Conclusiones. | 1. Reconocer el principio de óxido-reducción.  2. Diferenciar los procesos de pasivación, transpasivación, activación y zona mixta.  3. Interpretar los diagramas de Pourbaix, Bode, Nyquist, Evans.  4.Interpretar espectros fluorescentes.  5. Interpretar el análisis químico elemental.  6. Determinar propiedades viscoelásticas, temperatura de elongación y módulo de elasticidad. | Ejercicios prácticos  Lista de cotejo |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Perfil idóneo del docente** | | |
| **Formación académica** | **Formación Pedagógica** | **Experiencia Profesional** |
| Ingeniería, Maestría y/o Doctorado en el área de materiales o áreas afines: Metalurgia, Nanotecnológos, Tecnología Avanzada, Química. | Con experiencia docente, cursos o capacitaciones en el enfoque basado en competencias y manejo de TIC’s para fines didácticos. | Preferentemente en el área de su formación profesional, procesos de manufactura de materiales, laboratorio de pruebas físicas y mecánicas, caracterización de materiales. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Referencias bibliográficas** | | | | | |
| Autor | Año | Título del documento | Lugar de publicación | Editorial | ISBN |
| Walker, James S. | 2018 | *Física* | Madrid, España | Pearson | 9786073228305 |
| Douglas A. Skoog, Donald M. West | 2007 | *Introducción a la Química Analítica* | Barcelona, España | Reverté | 978-8429175110 |
| Kitagawa, S., R. | 2004 | *Functional Porous Coordination Polymers.* | Washington, USA | Wiley | 10. 0323955355 |
| Martín Martínez José Miguel | 2007 | *Adsorción Física de gases y vapores por carbono* | Alicante, España | Universidad de Alicante | 9788486809331 |
| Dickerson Gray Darensburg | 2010 | *Principios de Química* | Barcelona, España | Reverté | 9788429171754. |
| Ceuret F. | 2009 | *Introducción a la Ingeniería Electroquímica* | Barcelona, España | Reverté | 9788429171174 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Referencias digitales** | | | |
| Autor | Fecha de recuperación | Título del documento | Vínculo |
| Aditya Singh Panwar, Armender Singh, Shankar Sehgal | 2020 | Material characterization techniques in engineering applications: A review | [10.1016/j.matpr.2020.05.337](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.337) |
| [Christine Vanhoof](https://pubs.rsc.org/en/results?searchtext=Author%3AChristine Vanhoof),   [Jeffrey R. Bacon](https://pubs.rsc.org/en/results?searchtext=Author%3AJeffrey R. Bacon),   [Ursula E. A. Fittschen](https://pubs.rsc.org/en/results?searchtext=Author%3AUrsula E. A. Fittschen)  and  [Laszlo Vincze](https://pubs.rsc.org/en/results?searchtext=Author%3ALaszlo Vincze) | 2021 | Atomic spectrometry update – a review of advances in X-ray fluorescence spectrometry and its special applications | [10.1039/D1JA90033A](https://doi.org/10.1039/D1JA90033A) |
| Sudeshna Patra, Pulickel M Ajayan, Tharangattu N Narayanan | 2020 | Dynamic mechanical analysis in materials science: The Novice’s Tale | [10.1093/oxfmat/itaa001](https://doi.org/10.1093/oxfmat/itaa001) |
| PerkinElmer | 2013 | Dynamic Mechanical Analysis (DMA) A Beginner’s Guide | <https://www.mse.iastate.edu/files/2011/07/DMA-technique-pamphlet-PerkinElmer.pdf> |
| [Esteban Broitman](https://link.springer.com/article/10.1007/S11249-016-0805-5" \l "auth-Esteban-Broitman-Aff1) | 2017 | Indentation Hardness Measurements at Macro-, Micro-, and Nanoscale: A Critical Overview | 10.1007/s11249-016-0805-5 |