



"Año de la reconstrucción de la Nación Argentina"

"40 años de la creación del Consejo Interuniversitario Nacional - CIN"



Universidad Nacional de San Luis
RECTORADO

SAN LUIS, 18 de noviembre de 2025.-

VISTO:

El EXPE: 6360/2025 mediante el cual se solicita la protocolización del Curso de Posgrado: TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DRX, XPS, SBET Y SEM y;

CONSIDERANDO:

Que el Curso de Posgrado se propone dictar en el ámbito de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia del 27 al 29 de octubre de 2025 con un crédito horario de VEINTE (20) horas presenciales y bajo la coordinación de la Dra. Fabiola Nerina AGÜERO.

Que la Comisión Asesora de Posgrado de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia recomienda aprobar el curso de referencia.

Que el Consejo de Posgrado de la Universidad Nacional de San Luis en su reunión del 17 de junio de 2025, analizó la propuesta y observa que el programa del curso, bibliografía, metodología de evaluación y docentes a cargo, constituyen una propuesta de formación de posgrado de calidad en su campo específico de estudio.

Que, por lo expuesto, el Consejo de Posgrado aprueba la propuesta como Curso de Posgrado, según lo establecido en Ordenanza CS N° 35/2016.

Que corresponde su protocolización.

Por ello, y en uso de sus atribuciones:

EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º.- Protocolizar el dictado del Curso de Posgrado: TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DRX, XPS, SBET Y SEM, Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia del 27 al 29 de octubre de 2025 con un crédito horario de VEINTE (20) horas presenciales.

ARTÍCULO 2º.- Protocolizar como docente responsable del curso al Dr. Jorge Alberto GONZÁLEZ, DU N° 14542614; Colaboradores: Dr. Octavio Javier FURLONG, DU N°



"Año de la reconstrucción de la Nación Argentina"

"40 años de la creación del Consejo Interuniversitario Nacional - CIN"



Universidad Nacional de San Luis
RECTORADO

27376075, Dr. Manuel Karim SAPAG, DU N° 16332699, Biól. Esteban María CRESPO, DU N° 17000284 todos pertenecientes a la Universidad Nacional de San Luis.

ARTÍCULO 3°.- Aprobar el programa del Curso de referencia, de acuerdo al ANEXO de la presente disposición.

ARTÍCULO 4°.- Comuníquese, Publíquese en el Digesto Administrativo de la Universidad Nacional de San Luis, insértese en el Libro de Resoluciones y archívese.

RC

Documento firmado digitalmente según Ordenanza Rectoral N° 15/2021 por: Rector GIL, Raúl Andrés - Secretaria Académica, de Innovación Educativa y Posgrado LORENZO, Rosa Alejandra.



“Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina”

**“40 años de la Creación del Consejo Interuniversitario
Nacional – CIN”**

**Universidad Nacional de San Luis
RECTORADO**

ANEXO

IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

UNIDAD ACADÉMICA RESPONSABLE: Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia.

DENOMINACIÓN DEL CURSO: TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DRX, XPS, SBET Y SEM

CATEGORIZACIÓN: Perfeccionamiento

FECHA DE DICTADO DEL CURSO: 27 al 29 de octubre del 2025

MODALIDAD DE DICTADO: Presencial.

CRÉDITO HORARIO TOTAL: 20 hs. (16 hs. teóricas y 4 hs. de prácticas de laboratorio)

COORDINADORA: Dra. Fabiola Nerina AGÜERO, DU N° 26813356

EQUIPO DOCENTE

RESPONSABLE: Dr. Jorge Alberto GONZÁLEZ

COLABORADORES:

Dr. Octavio Javier FURLONG

Dr. Manuel Karim SAPAG

Biol. Esteban María CRESPO

PROGRAMA ANALÍTICO

FUNDAMENTACIÓN:

En la síntesis de catalizadores, las propiedades de éstos dependen no sólo de las propiedades de los materiales de partida, sino también de su morfología y las características interfaciales, por lo que es muy importante su determinación. La caracterización de un catalizador es el aspecto más importante en la investigación y desarrollo de catalizadores. El área superficial, la elucidación de la estructura, composición y propiedades químicas, tanto de los sólidos utilizados en la catálisis heterogénea como de los compuestos absorbidos y los intermediarios presentes en la superficie del catalizador durante la reacción, son de vital importancia para entender la relación entre las propiedades del catalizador y la actividad catalítica. Estas técnicas constituyen una parte integral en cualquier tipo de investigación en el área de catálisis con miras a la trascendencia científica. El conocimiento profundo de los catalizadores permite tener herramientas para el diseño y optimización de estos. Este curso abordará cuatro de las técnicas más usadas para caracterizar materiales, la difracción de rayos X, la espectroscopía fotoelectrónica de rayos X, microscopía electrónica de barrido, y la caracterización textural mediante la adsorción de gases. Conocer los principios básicos de cada técnica y la información que cada una brinda sobre los catalizadores resulta de gran interés para todas las personas que trabajan en el campo de la catálisis heterogénea.

OBJETIVOS:

Introducir a los alumnos a los conocimientos mínimos necesarios para poner a su servicio las diferentes técnicas de caracterización de catalizadores, mediante clases teóricas, y experiencias prácticas en los equipos existentes. Asimismo, se pretende que los alumnos, al finalizar el curso, puedan analizar e interpretar los resultados provistos por estas técnicas.

CONTENIDOS MÍNIMOS:

Conceptos básicos de difracción de rayos X Espectroscopía de Fotoelectrones de Rayos X: Principios y Aplicaciones. Microscopía Electrónica de Barrido. Microanálisis con sonda



“Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina”

**“40 años de la Creación del Consejo Interuniversitario
Nacional – CIN”**

**Universidad Nacional de San Luis
RECTORADO**

de electrones. Caracterización Textural de Catalizadores Nanoporosos mediante Adsorción de Gases.

PROGRAMA DETALLADO:

Módulo I: Breve repaso del estado sólido. Sólidos cristalinos: (repaso) Clasificación de los sistemas cristalinos. Celda Unitaria. Planos e Índices de Miller. Fundamentos de la Difracción de rayos X. Naturaleza de los rayos X. Coherencia y cromaticidad. Interferencia de dos fuentes. Fenómeno de Young, efecto del número de rendijas. Interacción de los rayos X en cristales. Ley de Bragg. Fuente de rayos X. Monocromador y filtros. Detectores. Difractograma y orden atómico. Aplicaciones de la difracción de rayos X. Identificación de fases (práctico). Análisis de un difractograma experimental. Tarjeta de identificación y bases de datos. Vínculo entre las líneas de difracción y los índices de Miller, ejemplos simples. Visita al laboratorio de Difracción de rayos X del Intequi, Observación de los equipos, identificación de sus partes.

Módulo II: Interacción de fotones y electrones con la materia. Espectro de rayos X: generación del espectro continuo y del espectro característico. Espectroscopía de Fotoelectrones de Rayos X (XPS): Principios teóricos y equipamiento. Sistemas de ultra alto vacío (UHV). Análisis cualitativo y cuantitativo. Aplicaciones y ejemplos

Módulo III: Interacción de los electrones con la materia: Trayectoria de los electrones en una muestra. Pérdida continua de energía. Volumen de interacción. Simulaciones de trayectoria de electrones por método de Monte Carlo. Influencia de la energía del haz sobre el volumen de interacción. Medición del volumen de interacción- Rango de los electrones. Generación de electrones. Filamentos de tungsteno, de hexaboruro de lantano. Lentes electromagnéticas. Parámetros de la columna: Aperturas, astigmatismo, profundidad de campo. Formación de imágenes. Sistemas de vacío. Electrones secundarios. Electrones retrodispersados. Generalidades sobre preparación de muestras. Preparación de muestras conductoras, no conductoras.

Módulo IV: Introducción. -Superficies: Características, descripción Adsorción: Fisi y quimisorción, definición, características. Sólidos Porosos clásicos; características, clasificación, descripción Técnicas Experimentales y Métodos: Método Manométrico para medir adsorción: descripción y manejo de equipos. Determinación de las Isotermas de Adsorción. Clasificación de las Isotermas según la IUPAC Caracterización textural: Superficie específica:-Modelo: Brunauer, Emmet y Teller: descripción, modo de obtención y aplicación. Microporosidad: Teoría de Dubinin y colaboradores; Métodos gráficos: t plot y alfa; DR_t. Distribución de tamaño de microporos: Howarth-Kawaoe, Saito Foley, etc.; Aplicación de la Teoría del Funcional de la Densidad; Métodos de Simulación, conceptos y aplicación de Monte Carlo. Mesoporosidad: Condensación Capilar: conceptos y aplicación; Cálculo de la Distribución de tamaño de Poros: Barret Joyner y Halenda, Villarroel, Barrera y Sapag. Cálculos Adicionales: Regla de Gurvich, volumen total de poros; Uso del CO₂ para la estimación de ultramicroporos.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

Se realizará una evaluación final escrita individual y se espera asistencia del 100%

BIBLIOGRAFÍA:

- Walter Borchardt-Ott. Crystallography. An Introduction. Springer, Third Edition (2011).



“Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina”

**“40 años de la Creación del Consejo Interuniversitario
Nacional – CIN”**

**Universidad Nacional de San Luis
RECTORADO**

- Nevill Gonzalez Szwacki and Teresa Szwacka. Basic Elements of Crystallography. Pan Stanford Publishing Pte. Ltd. 2010.
- Richard Tilley. Crystals and Crystal Structures. John Wiley & Sons, 2006.
- Christopher Hammond. The Basics of Crystallography and Diffraction. International – Union of Crystallography. Oxford University Press. Third Edition (2009).
- Gerald Burns and A. Mike Glazer. Space Groups for Solid State Scientists. Academic Press. Third Edition, 2013.
- Ron Jenkins and Robert L. Snyder. Introduction to X-ray Powder Diffractometry. John Wiley & Sons, 1996.
- Vitalij K. Pecharsky and Peter Y. Zavalij. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials, Springer
- Lev S. Zevin Giora Kimmel. Quantitative X-Ray Diffractometry. Springer. 1995.
- D. L. Bish and J. E. Post (editors). Reviews in Mineralogy. Volume 20, Modern Powder Diffraction. The Mineralogical Society of America, 1989.
- Joseph I. Goldstein, Dale E. Newbury, Joseph R. Michael, Nicholas W.M. Ritchie, John Henry J. Scott, David C. Joy.; “Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis”, Fourth Edition, Springer (2018).
- S. J. B. Reed; “Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology”, Second Edition, Cambridge University Press, Great Britain (2005).
- Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Applications", edited by Weillie Zhou and Zhong Lin Wang, Springer, Nueva York (2007).
- P. Echlin; “Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis”, Cambridge Analytical Microscopy, Great Britain (2009).
- Siegfried, Hofmann; “Auger- and X-Ray Photoelectron Spectroscopy in Materials Science”, Springer (2013).
- C.J. Powell and A. Jablonski; “Progress in quantitative surface analysis by X-ray photoelectron spectroscopy: Current status and perspectives”, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, (2010) 178, 331-346.
- Fred A. Stevie and Carrie L. Donley; “Introduction to X-ray photoelectron spectroscopy”, Journal of Vacuum Science & Technology A, 38, 063204 (2020).
- Goldstein, J., Dale E. Newbury, Joseph.R. Michael, Nicholas W. M. Ritchie, John H. J. Scott, David C. Joy. 2018. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis. Fourth Edition. Springer, New Work, U.S.A.
- Lyman, C. E., D. E. Newbury, J. I. Goldstein, D. B. Williams, A. D. Romig Jr., J. T. Armstrong, P. Echlin, C. Fiori, D. C. Joy, E. Lifshin, K. 1990. Scanning electron microscopy, x-ray microanalysis, and analytical electron Microscopy. A Laboratory Workbook. Peters. Plenum press, New York and London.
- Goldstein, J. I., D. E. Newbury, P. Echlin, D. C. Joy, A. D. Romig Jr., C. E. Lyman, C. Fiori and E. Lifshin. 1994. Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis. A text for biologists, materials scientists and geologists. Second edition, Plenum press, New York and London.
- Reed, S. J. B. 2005. Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology. Cambridge University Press, Great Britain.



“Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina”

**“40 años de la Creación del Consejo Interuniversitario
Nacional – CIN”**

**Universidad Nacional de San Luis
RECTORADO**

- Riveros de la Vega, J. A. 1994. Microanálisis Cuantitativo. Principios básicos y situaciones experimentales. Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Applications. 2006. Edited by Weillie Zhou and Zhong Lin Wang. Springer, Nueva York, U.S.A.
- Hayat, M. A. 1981. Fixation for Electron Microscopy. Academic Press Inc. London.
- Echlin, P. 2009. Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. Cambridge Analytical Microscopy, Great Britain.
- Lowell, S.; Shields, J. E.; Thomas, M. A.; Thommes, M. Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density; Particle Technology Series; Springer Netherlands: Dordrecht, 2004; Vol.16.
- Rouquerol, F.; Rouquerol, J.; Sing, K. S. W.; Llewellyn, P.; Maurin, G. Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications, 2nd ed.; Academic press, 2014.
- Thommes, M.; Kaneko, K.; Neimark, A. V.; Olivier, J. P.; Rodriguez-Reinoso, F.; Rouquerol, J.; Sing, K. S. W. Physisorption of Gases, with Special Reference to the Evaluation of Surface Area and Pore Size Distribution (IUPAC Technical Report). Pure Appl. Chem. 2015, 87 (9–10), 1051–1069.
- Villarroel-Rocha, J.; Barrera, D.; Sapag, K. Introducing a self-consistent test and the corresponding modification in the Barrett, Joyner and Halenda method for pore-size determination. Mic. and Mesop. Mat. 2014, 200, 68-78
- Villarroel-Rocha, J.; Barrera, D.; García, A.; Jalil, M.E.; Sapag, K. Importance of the α plot Method in the Characterization of Nanoporous Materials. Adsorp. Science & Tech. 2013, 31 (2-3), 165-183
- Villarroel-Rocha, J.; Arroyo-Gómez, J.; Barrera, D.; Sapag, K. A new and reliable method to obtain micropore volume in nanoporous solids by gas adsorption based on Dubinin works and the thickness of the adsorbed layer. J. of Por. Mat. 2024, 31 (3), 1111-1120

CARACTERÍSTICAS DEL CURSO

DESTINATARIOS/AS Y REQUISITOS DE INSCRIPCIÓN:

Egresados de Licenciatura en química, Ingeniería química o carreras de grado afines o de nivel superior no universitario de 4 años de duración como mínimo que desarrollen sus actividades de investigación en el campo de la catálisis.

CUPO: mínimo 5 personas, máximo 30 personas

PROCESO DE ADMISIÓN:

Se seleccionarán preferencialmente estudiantes de posgrado según orden de inscripción.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Fecha	Tipo de actividad / temas a desarrollar	Docente/s responsable/s de la actividad	Ámbito
	Difracción de rayos X. Clases teóricas y de laboratorio.	Dr. Jorge GONZALEZ	UNSL



“Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina”

**“40 años de la Creación del Consejo Interuniversitario
Nacional – CIN”**

**Universidad Nacional de San Luis
RECTORADO**

27 de octubre de 2025	Espectrofotometría de rayos X. Clases teóricas y de laboratorio.	Dr. Octavio Javier FURLONG	UNSL
28 de octubre de 2025	Microscopía electrónica de barrido. Clases teóricas y de laboratorio.	Biól. Esteban CRESPO	UNSL
	Caracterización textural.	Dr. Karim SAPAG	UNSL
29 de octubre de 2025	Clases de consulta sobre el examen.	Todos los docentes	UNSL Ciencias de la Salud

LUGAR DE DICTADO: Aula 44 Bloque I - Universidad Nacional de San Luis.

**FECHA PREVISTA PARA ELEVAR LA NÓMINA DE ESTUDIANTES
APROBADOS/AS:** 28 de noviembre de 2025.

FINANCIAMIENTO DEL CURSO

COSTOS: insumos

FUENTES DE FINANCIAMIENTO: Se autofinancia.

ARANCEL GENERAL: PESOS VEINTICINCO MIL (\$25000).

BECA A DOCENTES DE LA UNSL:

Se realizará un descuento del 50% por lo que el arancel será de PESOS DOCE MIL QUINIENTOS (\$12.500) en este caso.

BECA A ESTUDIANTES DE LA UNSL: Gratuito para los estudiantes de posgrado relacionados con la temática de la UNSL y que sean integrantes del Comité organizador del XXIV Congreso Argentino de catálisis.

Hoja de firmas