



Resolución de Consejo Directivo **405 / 2026 - EXA -UNSa**

EXP-318/2024-EXA-UNSa: Autorizar el dictado de la asignatura "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar" para la carrera de Maestría en Energías Renovables - Plan 2021, a cargo del Dr. Germán Ariel SALAZAR

De: **EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,
30/06/2026

VISTO la presentación efectuada por el Dr. Germán Ariel SALAZAR, por la cual propone el dictado de la asignatura "*Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar*", correspondiente a la Orientación en Energía Solar Térmica de la carrera de Maestría en Energías Renovables – Plan 2021 – Cohorte 2024, y

CONSIDERANDO:

Que se cuenta con el aval del Comité Académico de Especialización y Maestría en Energías Renovables y el despacho favorable de la Comisión de Posgrado.

Que la Comisión de Docencia e Investigación, desde el punto de vista académico, aconseja: a) autorizar el dictado de la asignatura "*Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar*", a cargo del Dr. Germán Ariel SALAZAR y b) aprobar el programa analítico y plantel docente propuesto.

Por ello y en uso de las atribuciones que le son propias.


EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
(en su 8° Sesión Ordinaria del 20/05/2026)
RESUELVE

ARTÍCULO 1º: Autorizar el dictado de la asignatura "*Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar*", correspondiente a la Orientación en Energía Solar Térmica de la carrera de Maestría en Energías Renovables – Plan 2021, bajo la responsabilidad del Dr. Germán Ariel SALAZAR, a dictarse los días 2, 3, 6, 7 y 8 de julio de 2026.

ARTÍCULO 2º: Aprobar el programa analítico y el plantel docente para la asignatura "*Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar*", que se dictará con las características y requisitos que se explicitan en el anexo de la presente resolución.

ARTÍCULO 3º: Hágase saber al el Dr. Germán Ariel SALAZAR, a los docentes colaboradores mencionados en el anexo de la presente resolución, al Comité Académico de Especialización y Maestría en Energías Renovables, al Departamento de Física, a la Comisión de Posgrado y a la Dirección Administrativa de Posgrado. Cumplido, resérvese.

mxs
aa


LIC. MARCELA F. LÓPEZ
SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa




Dr. JOSÉ RAMÓN MOLINA
DECANO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa





Resolución de Consejo Directivo 405 / 2026 - EXA -UNSa

EXP-318/2024-EXA-UNSa: Autorizar el dictado de la asignatura "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar" para la carrera de Maestría en Energías Renovables - Plan 2021, a cargo del Dr. Germán Ariel SALAZAR

De: EXACTAS-Dirección de Posgrado



Salta,
30/06/2026

ANEXO

Asignatura: "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar", correspondiente a la Orientación en Energía Solar Térmica.

Carrera: Maestría en Energías Renovables – Plan 2021

Director Responsable: Dr. Germán Ariel SALAZAR (UNSa.)

Docentes colaboradores: Lic. Rubén Darío LEDESMA y Lic. Luis Nicolás RIVERA LERA

Objetivos: Introducir a los participantes en el estudio, medición y modelado del recurso de radiación solar, brindándoles las herramientas teóricas y computacionales para caracterizar el recurso solar a partir de datos medidos, bases de datos satelitales y modelos, con aplicaciones en energía solar, meteorología y cambio climático.

Se espera que el estudiante desarrolle las siguientes competencias.

- Comprensión de la física de la radiación solar y de su interacción con la atmósfera.
- Dominio de la geometría solar y su aplicación a superficies inclinadas.
- Manejo de instrumentación para la medición de irradiancia y de protocolos de calidad de datos.
- Aplicación de modelos de cielo claro, espectrales y numéricos.
- Uso de bases de datos satelitales y de reanálisis para la caracterización del recurso solar.
- Evaluación estadística de modelos de radiación solar.

Contenidos mínimos: Introducción a la radiación solar. Componentes. Geometría solar avanzada. Correlación con variables meteorológicas. Caracterización de nubes. Día claro. Análisis de base temporal. Influencia de la orografía y clima. Transmitancia atmosférica. Sensores. Dataloggers. Estaciones. Protocolos. Calibraciones. Detección de errores. Filtrados. Modelos: cielo claro, espectrales, analíticos, físicos, numéricos. Bases de datos satelitales. Correlaciones. Reanálisis.

Modalidad de dictado: Presencial de tipo híbrida sincrónica.

Duración total del curso: 40 horas (8 horas/día, de lunes a viernes).

Metodología: El curso se desarrollará mediante clases teórico-prácticas presenciales (modalidad híbrida sincrónica) a cargo de los docentes, combinadas con actividades prácticas individuales y grupales. Se introducirá a los alumnos en el análisis de datos de radiación solar mediante el lenguaje Python y las bibliotecas pvlib, pandas, scipy y matplotlib, todas de acceso libre. Se utilizará también la API de Copernicus (CDS) para descarga de datos ERA5 y CAMS.

Los alumnos realizarán un trabajo final integrador sobre un caso de estudio, en el que aplicarán los conceptos teóricos y computacionales adquiridos durante el curso. El trabajo se presentará oralmente el último día del curso.

Sistema de evaluación

Para aprobar el curso se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Asistencia al 80% de las actividades teórico-prácticas.
- Obtener una calificación de 6 o más puntos en el trabajo final integrador.





Resolución de Consejo Directivo **405 / 2026 - EXA -UNSa**

EXP-318/2024-EXA-UNSa: Autorizar el dictado de la asignatura "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar" para la carrera de Maestría en Energías Renovables - Plan 2021, a cargo del Dr. Germán Ariel SALAZAR

De: **EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,
30/06/2026

Fecha de dictado: 2, 3, 6, 7 y 8 de julio de 2026.

Lugar de realización: Facultad de Ciencias Exactas, U.N.Sa.

Programa

Unidad 1: Fundamentos de la Radiación Solar

Introducción a la radiación solar. Espectro electromagnético y constante solar. Terminología y unidades: irradiancia, irradiación, GHI, DNI, DHI, PAR. Componentes de la radiación solar: directa, difusa, reflejada. Albedo. Balance de radiación. Geometría solar avanzada: declinación, ángulo horario, altitud y azimut solar. Ecuación del tiempo. Coordenadas solares reales vs. aparentes. Superficies inclinadas: ángulo de incidencia, factores de conversión. Correlaciones con variables meteorológicas. Índice de claridad k_t ; modelos de Erbs y Orgill-Hollands.

Unidad 2: Atmósfera y Caracterización del Recurso Solar

Transmitancia atmosférica. Dispersión de Rayleigh y Mie. Absorción por ozono, vapor de agua y aerosoles. Índice de profundidad óptica de aerosoles (AOD) y redes AERONET. Caracterización de nubes: clasificación y propiedades ópticas, índice de cobertura nubosa, imágenes satelitales. Concepto de día claro: definición y criterios de selección; modelos de Ineichen, McClear y REST2. Análisis de base temporal: promedios horarios, diarios, mensuales, anuales; variabilidad interanual. Influencia de la orografía y el clima: efectos topográficos y regionales.

Unidad 3: Instrumentación y Calidad de Datos

Sensores: piranómetros, pirheliómetros y pirgeómetros (según la clasificación ISO 9060). Dataloggers y estaciones: criterios de instalación y siting (WMO-8), adquisición de datos y resolución temporal. Protocolos y calibraciones: trazabilidad metrológica, calibración contra referencia solar absoluta, incertidumbre de medición. Detección de errores y filtrado: límites físicos del BSRN, comparación de componentes, flags y criterios de Journée. Relleno de datos faltantes.

Unidad 4: Modelos de Radiación Solar

Modelos simplificados de cielo claro: Hottel, Bird, ESRA. Modelos espectrales y de banda: SMARTS2, SPECTRAL2, libRadtran. Modelos analíticos y físicos de fracción difusa. Transferencia radiativa: discrete ordinates. Modelos numéricos (NWP): ECMWF, GFS y WRF para la radiación solar. Posproceso estadístico y corrección de sesgo.

Unidad 5: Bases de Datos Satelitales y Reanálisis

Bases de datos satelitales: SARA-3 (CM SAF), CAMS Radiation Service, Copernicus, GOES-16 para Sudamérica. Reanálisis: ERA5 y MERRA-2, uso y limitaciones, sesgo respecto a mediciones de superficie. Correlaciones regionales y ajuste estadístico: regresión k_t - k_d , modelos de correlación local, validación cruzada. Validación de modelos: MBE, RMSE, r^2 .

Bibliografía:

- Iqbal, M. (1983). An Introduction to Solar Radiation. Academic Press, New York.
- Duffie, J. A. & Beckman, W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes (4^a ed.). Wiley. ISBN: 978-0-470-87366-3.
- Sengupta, M. et al. (2021). Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications (3^a ed.). NREL/TP-5D00-77635.
- Pvlip Python documentation. <https://pvlip-python.readthedocs.io>
- BSRN — Baseline Surface Radiation Network. WMO/WCRP. <https://bsrn.awi.de>
- CAMS Radiation Service — Copernicus Atmosphere Monitoring Service. <https://atmosphere.copernicus.eu>
- ERA5 — ECMWF Reanalysis v5. <https://cds.climate.copernicus.eu>



LIC. MARCELA F. LÓPEZ
SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



Dr. JOSÉ RAMÓN MOLINA
DECANO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa