

1. Nombre de la materia:	
Sistemas de Energía Espaciales.	
2. Docente responsable:	
a- Nombre y Apellido: Hernán Socolovsky b- Máximo título alcanzado: Dr. En Ciencia y Tecnología – Mención Física c- Correo electrónico: hpsocolovsky@itba.edu.ar	
3. Equipo docente:	
-	
4. Fechas:	
Inicio: 05/10/2026	Finalización: 25/11/2026
5. Lugar de cursada:	
Sede ITBA: SRec + Modalidad: Híbrida (clases virtuales y presenciales)	
6. Días y horarios de cursada:	
Miércoles de 16 a 19 h.	
7. Presentación de la materia:	
Como materia optativa "Sistemas de energía espaciales" pertenece al campo de las tecnologías aplicadas y por ende a la etapa final de carreras afines a la temática aeroespacial, como lo son ing. electrónica, mecánica e informática, entre otras. Para abordar los temas de la materia se debe contar con fundamentos de materias previas como Fundamentos de Electrónica y Física III. Los sistemas de energía constituyen uno de los subsistemas más críticos de cualquier misión espacial, ya que son responsables de generar, almacenar, regular y distribuir la potencia necesaria para el funcionamiento de la carga útil y de los distintos subsistemas de la plataforma. A lo largo del curso se introducen los conceptos fundamentales de mecánica orbital necesarios para comprender el entorno operativo de una misión y su influencia sobre la disponibilidad energética. Se estudian las principales fuentes de energía utilizadas en el espacio, incluyendo sistemas fotovoltaicos, baterías, celdas de combustible y generadores de radioisótopos, analizando sus características, ventajas, limitaciones y ámbitos de aplicación. Asimismo, se profundiza en los fundamentos físicos y tecnológicos de las celdas solares y módulos fotovoltaicos para uso espacial, así como en los sistemas de almacenamiento electroquímico y los parámetros que determinan su desempeño y degradación. Se presentan las arquitecturas más utilizadas para la gestión y regulación de potencia, incluyendo sistemas DET y MPPT, junto con las técnicas de control asociadas. El curso incorpora además herramientas de análisis orientadas a la estimación de perfiles de generación y consumo junto con la elaboración de presupuestos energéticos. Finalmente la materia combina fundamentos teóricos con ejemplos y casos de aplicación reales, proporcionando a los estudiantes una visión sistémica de los desafíos asociados al diseño de sistemas de energía para satélites y misiones espaciales modernas.	
8. Requisitos de admisibilidad:	
-	



9. Duración en hs.

- a- Horas teóricas: 27
- b- Horas prácticas: 24
- c- Horas totales: 51

10. Idioma del dictado:

Castellano.

11. ¿Podría dictarse una versión en idioma inglés?:

No.

12. Objetivos de aprendizaje:

- 1- Comparar las características, ventajas y limitaciones de las distintas tecnologías de generación y almacenamiento de energía para aplicaciones espaciales.
- 2- Seleccionar componentes de generación, almacenamiento y acondicionamiento de potencia de acuerdo con los requerimientos de una misión espacial.
- 3- Realizar balances y presupuestos de potencia y energía para una misión espacial.
- 4- Dimensionar un sistema fotovoltaico espacial con almacenamiento energético a partir de los requisitos de carga y las condiciones orbitales.
- 5- Evaluar el impacto del entorno espacial (radiación, temperatura, eclipses y degradación) sobre el desempeño de los sistemas de potencia.
- 6- Analizar arquitecturas de sistemas de potencia empleadas en satélites y sondas espaciales reales

13. Contenidos:

UNIDAD 1. INTRODUCCION

Introducción al concepto de órbita y parámetros orbitales. Tipos de órbitas más frecuentes, LEO, GEO y MEO. Introducción a las distintas fuentes de energía. Batería primaria, celdas de combustible, sistema fotovoltaico con batería secundaria, nuclear-termoeléctrico, termo-fotovoltaico. Misiones de espacio profundo e interplanetarias, generador termoeléctrico de radioisótopos, almacenamiento en ruedas de inercia (Flywheel-storage). Limitaciones de la energía solar en el sistema solar y comparación entre tecnologías según sus aplicaciones.

UNIDAD 2 TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA

Radiación solar y espectro AMO, constante solar. Materiales de interés fotovoltaico y Gap de un material. Juntura n-p y ecuación del diodo ideal. Celda solar fotovoltaica, curva I-V y parámetros característicos. Circuito eléctrico equivalente. Distintas tecnologías de celdas solares (mono junturas de silicio y AsGa) y celdas solares avanzadas multijuntura. Conceptos de eficiencia cuántica, eficiencia energética y fill factor de una celda solar. Utilización de simuladores solares en la industria fotovoltaica.

UNIDAD 3. MODULOS FOTOVOLTAICOS

Interconexión de celdas solares y composición de módulos fotovoltaicos. Tensión y corriente de módulo. Diodo de bypass y de bloqueo. Modelado de módulos fotovoltaicos mediante herramientas de software. Formación de puntos calientes en módulos fotovoltaicos y técnicas de prevención. Aspectos tecnológicos de los módulos FV para uso espacial. Generación BOL y EOL de un módulo FV y estimación de degradación. Importancia del uso de simuladores solares pulsados para medición de potencia en paneles solares de gran área.

UNIDAD 4 ALMACENAMIENTO DE ENERGIA – BATERIAS

Principio de funcionamiento, tipos de baterías y tecnologías asociadas. Concepto de capacidad de una batería. Profundidad de descarga (DOD) estado de carga (SOC), curva de carga y descarga. Ciclo de vida de baterías espaciales, efectos de la temperatura. Eficiencia energética y coulombiana de una batería.

UNIDAD 5 ARQUITECTURAS DE SISTEMAS DE POTENCIA

Sistemas DET (Direct Energy Transfer) regulado y no regulado. Sistemas MPPT (maximum power point tracking). Métodos de regulación de carga. Shunt digital y analógico. Regulador S3R (sequential switching shunt regulator). Utilización de conversores (buck, boost, sepic) como seguidores del punto de máxima potencia de un módulo fotovoltaico.

UNIDAD 6 PERFILES DE GENERACIÓN Y BALANCE DE ENERGÍA

Consumo promedio orbital de una misión (modo ciencia u operación). Angulo beta y perfil de generación de potencia del sistema fotovoltaico promedio orbital. Balance de energía, pérdidas por temperatura en los módulos FV, eficiencia de la batería. Concepto de "Power Budget". Márgenes de seguridad.

UNIDAD 7 EMI, EMC y ESD Fuentes de interferencia electromagnética (EMI), modos de acoplamiento, métodos de supresión, grounding, especificaciones EMI/EMC. Descarga electrostática (ESD) en LEO y en GEO. Efectos del ESD. Mitigación y control de ESD en paneles solares.

14. Trabajo de laboratorio:

N/A

15. Metodología de enseñanza:

Las clases se desarrollarán mayoritariamente de forma expositiva con participación activa de los alumnos tanto en el dictado de los conceptos teóricos como en la resolución de problemas. En el transcurso del curso se desarrollan distintas actividades individuales y grupales en la que los alumnos trabajan en resolver problemas teóricos y prácticos.

16. Bibliografía obligatoria:

1. Patel, M. R., & Beik, O. (2024). Spacecraft power systems (2ª ed.). CRC Press.

17. Bibliografía complementaria:

1. Fortescue, P., Swinerd, G., & Stark, J. (2011). Spacecraft systems engineering (4th ed.). Wiley.
2. Wertz, J. R., Everett, D. F., & Puschell, J. J. (2011). Space mission engineering: The new SMAD. Micro-cosm Press.
3. Messenger, R. A., & Ventre, J. (2010). Photovoltaic systems engineering (3rd ed.). CRC Press.

18. Recursos didácticos para la enseñanza:

Presentaciones teóricas en Power Point/PDF. Guías de ejercicios. Pizarra. Proyector. Campus virtual con material didáctico, guías y presentaciones. Software de simulación libre (Gmat, SoS, STK). Material didáctico demostrativo: celdas y paneles solares de diferentes tecnologías, baterías de litio, convertidores y reguladores de tensión.

19. Modalidad de evaluación:

Durante el transcurso del cuatrimestre se tomará un examen parcial. Los temas evaluados corresponden a las partes teóricas y prácticas definidas en el cronograma del curso. Para la aprobación del examen se deberá resolver correctamente al menos el 60% del mismo.

En caso de desaprobación, el alumno deberá rendir un examen recuperatorio. El alumno que se ausente al parcial tendrá calificación desaprobada. En el caso de ausencia por causas de fuerza mayor, el alumno deberá dirigirse al responsable de la cátedra dentro de los 5 días a partir de la fecha del examen, para solicitar la excepción, cuyo otorgamiento quedará a criterio de la cátedra. Si la ausencia fuera justificada, el alumno tendrá derecho a rendir el examen en la fecha prevista para la recuperación, y la nota del recuperatorio se tomará como nota del parcial.

Además del parcial, habrá un trabajo practico integrador grupal que se desarrollará a lo largo del cuatrimestre. La nota de este trabajo se promediará con el examen como nota de final.

20. Requisitos de aprobación:

Para aprobar la materia se deberá tener aprobado el parcial y el trabajo final integrador. El Trabajo final integrador de la materia se promediará con la nota del examen a fin de obtener la calificación final de la materia.

