



# ENERGÍA

## NÚCLEO SOCIO-PRODUCTIVO ESTRATÉGICO ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



### PLAN OPERATIVO



ARGENTINA  
INNOVADORA 2020

PLAN NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA  
E INNOVACIÓN PRODUCTIVA



**Presidencia  
de la Nación**

**Ministerio de  
Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva**



**Secretaría de  
Planeamiento y Políticas**

## **AUTORIDADES**

Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

**Dr. Lino BARAÑAO**

Secretaria de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

**Dra. Ruth LADENHEIM**

Subsecretario de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

**Lic. Fernando PEIRANO**

Directora Nacional de Políticas y Planificación

**Lic. Ana PEREYRA**



## CONTENIDO

1. Introducción .....	1
2. Objetivos .....	4
3. Metas.....	5
4. Actividades programadas.....	6
4.1. Fomento a la I+D .....	6
4.1.1. <i>Volante de Inercia</i> .....	6
4.1.2. <i>Supercapacitores</i> .....	6
4.1.3. <i>Almacenamiento térmico</i> .....	7
4.1.4. <i>Hidrógeno</i> .....	7
4.2. Impulso a la Innovación.....	8
4.2.1. <i>Hidrógeno</i> .....	8
4.3. Cooperación Internacional.....	8
4.4. Formación de recursos humanos.....	9
4.5. Articulación con actores públicos y privados.....	10
4.6. Marcos regulatorios .....	13



## 1. Introducción

El almacenamiento de energía es parte integral de todo programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE) en la medida en que sus tecnologías son aplicables a toda la gama de uso de la energía, generando en el análisis integral una disminución en los costos.

Todas las actividades humanas dependen en mayor o menor medida de la energía, motivo por el cual son susceptibles de usar sistemas de acumulación, encontrando en los mismos una fuente importante de uso racional y eficiente así como de mejoras económicas. Desde el ferrocarril hasta las telecomunicaciones o, en escalas mayores, las centrales eléctricas, los parques eólicos y fotovoltaicos, etc., como los vehículos eléctricos o híbridos que extraigan su energía durante la noche de la red eléctrica, necesitan de sistemas de acumulación de energía.

Desde los sistemas más clásicos de acumulación de energía, como el bombeo de agua o las baterías, hasta innovaciones tecnológicas como el uso del hidrógeno, la pila de combustible, el aire comprimido, el almacenamiento magnético con superconductores o el empleo de nuevos materiales, abren un campo de búsqueda de nuevas aplicaciones rentables y eficientes en campos tan dispares como las energías renovables, el autoconsumo, el vehículo eléctrico, la eficiencia energética en edificios o las redes inteligentes.

Los sistemas de almacenamiento de energía se pueden clasificar en mecánicos, químicos y electroquímicos, térmicos, y eléctricos y magnéticos. La Mesa de Implementación (MI) de Almacenamiento de Energía ha dado tratamiento a todos ellos.

Esta MI se realizó para darle continuidad a las acciones ya emprendidas a partir del plan operativo del NSPE UREE, a fin de avanzar en el desarrollo de tecnologías de almacenamiento de energía cada vez más sencillas, económicas y efectivas.

La MI de Almacenamiento de Energía fue coordinada por el Dr. Jaime Moragues



siendo asistido por el equipo de planificación de la Dirección Nacional de Políticas y Planificación de la Subsecretaría de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Los participantes en esta MI se listan seguidamente.

<b>PARTICIPANTE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>
Amadeo, Norma	Instituto de Tecnologías del Hidrógeno y Energías Sostenibles (ITHES), Universidad de Buenos Aires / CONICET
Andreasen, Gustavo	Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Universidad Nacional de La Plata / CONICET
Bolcich, Juan Carlos	Asociación Argentina del Hidrógeno (AAH2)
Briaturi, Mauricio	Edenor S.A.
Bulacio, Claudio	Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA)
Cadezzani, Amalia	Energysystem Argentina S.A.
Canestro, Horacio	Asociación Argentina del Hidrógeno (AAH2)
Corti, Horacio	Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) / CONICET
Chiacchiarini, Héctor	Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica (IIIE), Universidad Nacional del Sur / CONICET
Díaz Girard, Constanza	Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la Nación
Discoli, Carlos	Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), Universidad Nacional de La Plata
Fazzito, Daniel	Edenor S.A.
Fermepin, Marcelo A.	Air Liquide Argentina
Fernández, Florencia	Unidad de Medio Ambiente (UMA), Secretaría de Industria, Ministerio de Industria de la Nación
Gea, Marcelo Daniel	Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta / CONICET
Hadad Pitasny, Eduardo	Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la Nación
Herrero Rosas, Manuel	Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la Nación
Laborde, Miguel	Facultad de Ingeniería, UBA / CONICET
Lauretta, Juan Ricardo	Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA)
Martini, Irene	Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata
Medina, Oscar A.	Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la Nación
Melnichuk,	Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) / CONICET



Maximiliano	
Meyer, Gabriel	Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) / CONICET
Ogara, Mario	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
Planes, Gabriel	Universidad Nacional de Río Cuarto / CONICET
Rodríguez, Ramiro	Universidad Nacional de Córdoba
Rolando, Osvaldo Ernesto	Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA)
Solsona, Jorge	Universidad Nacional del Sur / CONICET
Tito, Verónica	Secretaría de Energía e Hidrocarburos, Gobierno de la Provincia de Tierra del Fuego
Tripaldi, Juan Carlos	Edenor S.A.
Viva, Federico	Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) / CONICET
Walger, Florencia	Unidad de Medio Ambiente (UMA), Secretaría de Industria, Ministerio de Industria de la Nación
Wolfenson, Roberto	Energysystem Argentina S.A.
Zagorodny, Juan P.	Y-Tec



## 2. Objetivos

Los objetivos del NSPE UREE Etapa 2. Almacenamiento de Energía son los siguientes:

- 1) Fortalecer la coordinación con organismos nacionales vinculados a la temática del almacenamiento de energía.
- 2) Promover el desarrollo tecnológico para el almacenamiento de energía en los subsectores residencial, comercial y público; transporte; industria; generación de electricidad, en particular con energías renovables, y redes de transmisión y distribución de electricidad.
- 3) Fomentar proyectos de investigación, desarrollo e innovación de productos y procesos para el almacenamiento de energía.
- 4) Propiciar la cooperación internacional en el campo de almacenamiento de energía.
- 5) Formar recursos humanos en cantidad y nivel de formación adecuados, en diferentes campos de especialización en el país y en el exterior.



### 3. Metas

En función de los objetivos establecidos para el NSPE UREE Etapa 2. Almacenamiento de Energía se proponen las siguientes metas:

- 1) Promover acuerdos y compromisos interinstitucionales con los organismos vinculados a la temática de almacenamiento de energía, a los fines de implementar actividades de interés común.
- 2) Fomentar la ejecución de al menos dos proyectos de desarrollo e innovación tecnológica demostrativos para almacenaje de energía en el tema Hidrógeno.
- 3) Fomentar la ejecución de proyectos de investigación científica y tecnológica dirigidos a desarrollar conocimientos y capacidades en los temas priorizados en este plan operativo.
- 4) Formar especialistas en cada tipo de almacenamiento en centros de excelencia del exterior.
- 5) Diseñar y dictar cursos de especialización en los cuatro tipos de almacenamiento de energía identificados, a cargo de docentes extranjeros y especialistas formados en el exterior.





## 4. Actividades programadas

De acuerdo con los objetivos y las metas que se desea alcanzar, seguidamente se detallan las actividades a ejecutar:

### 4.1. Fomento a la I+D

Financiar proyectos de investigación y desarrollo en aquellas temáticas identificadas por la MI cuyo desarrollo no haya alcanzado la madurez suficiente para impactar en el desarrollo de innovaciones en el corto plazo pero se consideran estratégicas para consolidar el NSPE. Los temas de trabajo se detallan a continuación:

#### 4.1.1. *Volante de Inercia*

- Accionamientos electromecánicos, drivers y sistemas de control para lograr velocidades superiores a 50.000 RPM.
- Rodamientos magnéticos activos.
- Estrategias de sincronización entre múltiples volantes de inercia para compensar efectos giroscópicos en aplicaciones móviles.
- Sistemas de refrigeración de rotor encapsulado al vacío y de eliminación de carga eléctrica estática acumulada.
- Materiales altamente resistentes para volantes pesados.

#### 4.1.2. *Supercapacitores*

- Nuevos materiales (carbonosos mesoporosos) con mayor capacidad de carga.
- Tecnología para la integración física y química de componentes (colectores de corriente, material de alta superficie, separadores, electrolito, etc.).
- Tecnología para la integración del dispositivo final con los sistemas periféricos (electrónica de control, ecualización de celdas, etc.).
- Supercapacitores en medios acuosos.



#### **4.1.3. Almacenamiento térmico**

- Sales fundidas (nitratos y nitritos) capaces de trabajar en el intervalo 350-450 °C.
- Empleo de cantos rodados y/o arena para acumular aire caliente.
- Bomba de calor para uso de calores residuales.
- Hidruros para almacenar energía térmica a altas temperaturas con elevada energía específica (kJ/kg).
- Materiales de cambio de fase (PCM) más apropiados.
- Desarrollo y adaptación de métodos de acumulación para integrarlos a la envolvente del edificio.
- Desarrollo y/o adaptación de software para simulación.

#### **4.1.4. Hidrógeno**

- Identificación de microorganismos autóctonos y estudio de vías y procesos metabólicos aplicados a procesos biológicos de producción de Hidrógeno.
- Catalizadores biológicos y bioprocesos.
- Catalizadores y procesos, y diseño de reformadores de tamaño intermedio aplicado a procesos termoquímicos (pirólisis o gasificación) de producción de Hidrógeno.
- Nuevos materiales para el reformado de metanol, etanol, etc.
- Procesos para obtención de Hidrógeno a partir de biomasa o alcoholes, y su purificación.
- Nuevos materiales para electrolizadores de tipo membrana y celdas de combustible regenerativas que trabajen a mayor temperatura que los convencionales.
- Nuevas sustancias y materiales y nuevos sistemas de seguridad, y generación de modelos más completos para la simulación del proceso aplicado a la generación auto-presurizada de Hidrógeno.
- Fotocatalizadores, celdas catalíticas y materiales aplicados al uso directo de radiación solar con reactores fotoelectroquímicos para producción de Hidrógeno.
- Hidruros metálicos, compuestos carbonosos híbridos, estructuras metal-orgánicas (*Metal-Organic Frameworks*, MOFs).
- Materiales para contenedores de hidruro metálicos para diferentes aplicaciones



(por ej. móviles).

- Catalizadores para la hidrogenación y la deshidrogenación y sus procesos en el almacenamiento en compuestos aromáticos y otros orgánicos.
- Materiales compuestos para almacenamiento en tanques altas presiones de 250-350 bar (por ej. fibras de carbono).
- Factibilidad de uso mixto (almacenamiento en el hidruro y en los poros) con hidruros de alta presión.
- Procesos de extrusión y trefilación de aluminio en aleaciones especiales para almacenamiento en tubos a altas presiones (mayores a 300-350 bar) y tratamientos térmicos y técnicas de devanado y protección.

## **4.2. Impulso a la Innovación**

### **4.2.1. Hidrógeno**

Impulsar proyectos de desarrollo tecnológico e innovación en los siguientes temas:

- Optimización de métodos y tecnologías de purificación de Hidrógeno de calidad mínima 99,95: membranas de paladio e hidruros. Procesos catalíticos de purificación.
- Instrumentos portables de medición de grado de pureza de Hidrógeno.
- Desarrollo y caracterización de materiales (membranas, catalizadores, electrodos) para celdas de combustible tipo:
  - PEM, alimentadas con hidrógeno o alcoholes.
  - Óxido sólido, alimentadas con hidrógeno de baja pureza.
- Ingeniería de sistemas para el diseño y desarrollo de sistemas modulares de celdas de combustión.

## **4.3. Cooperación Internacional**

Promover la participación de grupos de investigación nacionales en diferentes iniciativas tanto de carácter intrarregional como interregional.



#### 4.4. Formación de recursos humanos

Las iniciativas en materia de formación de recursos humanos se listan seguidamente:

- En el país, tomar contacto con universidades con trayectoria en ingenierías, arquitectura y ciencias exactas para llevar adelante acciones de capacitación y de formación de especialistas en estos temas. En este sentido, propiciar la formación de profesionales y técnicos en Volante de Inercia; impulsar programas de especialización de profesionales (físicos, químicos, ingenieros) en diversas universidades en la temática de supercapacitores, y en materias como ciencia de materiales, nanotecnología; fomentar la arquitectos, ingenieros y físicos en especialidades como cambio de fase, transferencia de calor y materia, termodinámica aplicada, gestión de energía térmica (acumulación y manejo del vapor, del agua caliente, del agua fría), tecnología de sales fundidas, transferencia de calor en hidruros; y estimular especialistas en electrocatálisis, electrodeposición, membranas conductoras y nanomateriales, fotocátalisis, química biológica y biotecnologías para actuar en almacenamiento de hidrógeno.
- Becar a profesionales para que se especialicen en centros de excelencia del exterior en las temáticas priorizadas en este plan operativo. El siguiente es el listado propuesto de instituciones:

En Volante de Inercia:

- The University of Texas at Austin, University Station Austin, Texas, EE.UU.
- The Center for Electromechanics, Austin, Texas, EE.UU.
- Department of Engineering Sciences, Uppsala University, The Angström Laboratory, Uppsala, Suecia.
- Institute for Power Generation and Storage Systems, E.ON Energy Research Center, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen University, Aachen, Alemania.
- School of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang Province, China.
- Morioka Laboratory for Applied Superconductivity Technology, ISTE Superconductivity Research Laboratory, Morioka, Japón.

En Supercapacitores:



- Energy Efficiency and Renewable Energy Laboratory (NREL) del Departamento de Energía de los EE.UU.
- Universidad de Tecnología de Darmstadt, Alemania.

En Almacenamiento Térmico:

- Université de Toulouse, Laboratoire de Génie Chimique, Francia.
- Université de Savoie, Polytech'Savoie, Campus Scientifique, Savoie Technolac, Francia.
- Max-Planck-Institut, Alemania.
- University of Western Australia's, Faculty of Engineering, Computing and Mathematics, Australia.
- Savannah River National Laboratory, EE.UU.
- National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japón.
- The Solar Technology Laboratory, General Energy Departments, Paul Scherrer Institute, Suiza.
- The Masdar Institute of Science and Technology, Emiratos Árabes Unidos.

En Almacenamiento de Hidrógeno:

- Centre for Research in NanoEngineering, Institut de Tècniques Energètiques, Barcelona, España.
- Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC, Madrid, España.
- Fundación para el desarrollo de nuevas tecnologías del hidrógeno en Aragón, Huesca, España.
- Laboratory of Separation and Reaction Engineering, Universidad de Porto, Portugal.
- Competence Centre for Catalysis, Dept. of Chemical and Biological Engineering, Chalmers University of Technology, SE-412 96 Göteborg, Suecia.
- Instituto de Tecnología Avanzada de la Energía (ITAE), CNR, Mesina, Italia.
- Environment Park S.p.A., Torino, Italia.
- National Renewable Energy Laboratory, Denver, EE.UU.
- Laboratório de Hidrogênio (LabH2), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

#### **4.5. Articulación con actores públicos y privados**



A los efectos de mejorar los marcos que regulan la actividad de almacenamiento de energía con vistas a su uso racional y eficiente en los sistemas de almacenamiento considerados en este plan operativo se requiere del establecimiento de vínculos con las Secretarías de Energía y de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ministerio de Planificación Federal, Obras Públicas y Servicios; el Ministerio de Industria; y la Secretaría de Transporte del Ministerio de Interior y Transporte.

Las instituciones de I+D con las cuales se debe articular esfuerzos para llevar adelante las acciones propuestas son las siguientes.

Para Volante de Inercia:

- Grupo de Investigación en Sistemas Electrónicos y Electromecánicos (GISEE), Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica (IIIE), Universidad Nacional del Sur / CONICET.
- Universidad Nacional de Río Cuarto.

Para Supercapacitores:

- Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Universidad Nacional del Sur.
- CNEA: Centro Atómico Constituyente.
- Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la Republica Argentina (ADEERA).
- Y-TEC.
- Asociación Electrotécnica Argentina.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Para Almacenamiento Térmico:

- Instituto Nacional de Tecnología industrial (INTI).
- Universidad Católica Argentina.
- Universidad FASTA.
- Universidad Nacional Arturo Jauretche.
- Universidad Nacional del Litoral: Facultad de Ingeniería Química.
- Universidad Nacional de Salta.
- CNEA: Centro Atómico Bariloche.
- Universidad Nacional de La Plata.
- Universidad de Buenos Aires.
- Foro de Vivienda, Sustentabilidad y Energías (FOVISEE).



Para Hidrógeno:

- CNEA: Centro Atómico Bariloche y Centro Atómico Constituyente.
- Instituto Nacional de Tecnología industrial (INTI).
- PROBIOMASA.
- Instituto Petroquímico Argentino (IPA).
- Y-TEC.
- Universidad Nacional de San Martín.
- Universidad Nacional de San Juan Bosco: Facultad de Ciencias Naturales.
- Universidad Nacional del Litoral: Facultad de Ingeniería Química.
- Universidad Nacional del Chaco Austral.
- Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC).
- Universidad Nacional de Córdoba (UNC).
- Universidad Católica Argentina (UCA).
- Universidad FASTA.
- Universidad Tecnológica Nacional (UTN).
- Universidad Nacional del Sur (UNS).
- Universidad Nacional de Catamarca (UNC).
- Universidad de Buenos Aires (UBA): Facultad de Ingeniería.
- Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), Universidad Nacional de Mar del Plata / CONICET.
- Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Universidad Nacional del Litoral / CONICET.
- Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI), Universidad Nacional del Sur / CONICET.
- Instituto de Tecnologías del Hidrógeno y Energía Sostenibles (ITHES), Universidad de Buenos Aires / CONICET.
- Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Universidad Nacional de la Plata / CONICET.
- Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR), Universidad Nacional del Litoral / CONICET.
- Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas (CINDECA), Universidad Nacional de La Plata / CONICET.
- IVECO.



- Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE), Universidad de Buenos Aires / CONICET.
- Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Buenos Aires (CPCIBA).
- Instituto Tecnológico Buenos Aires (ITBA).
- Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica (IIIE), Universidad Nacional del Sur / CONICET.
- Parque Tecnológico Misiones.
- Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA).
- Estación de Servicio Pico Truncado.

#### **4.6. Marcos regulatorios**

Se necesitan normas para aplicaciones tanto estáticas como móviles de los volantes de inercia, y de los sistemas de protección personal y de seguridad ante fallas. Del mismo modo, se necesitan normas para el sistema interconectado.

En cuanto al almacenamiento térmico, se requiere de normativa, documentación técnica y diseño a nivel nacional para certificación de edificios que establezca las condiciones almacenamiento térmico exigible y de eficiencia de los servicios y materiales en la construcción de los mismos.

Finalmente, para el almacenamiento de hidrógeno existe la Ley Nacional 26.123/2006, la que falta reglamentar.