

La primera gran planta solar de la Argentina

Desafíos en la Puna jujeña: construcción, operación, mantenimiento y futuro de la Planta Fotovoltaica Cauchari.

Ing. Martín Altamirano
Director de O&M Cauchari Solar

Foro de Ingeniería Eléctrica
Editores SRL
fie.editores.com.ar

Glosario de siglas

- » AFIP: Administración Federal de Ingresos Públicos
- » BESS: *Battery Energy Storage System*, 'sistema de almacenamiento de energía en baterías'
- » CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico
- » DGA: Dirección General de Aduanas
- » GIS: *Gas Insulated Switchgear*, 'aparamenta aislada en gas'
- » NOA: Noroeste argentino
- » ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible
- » O&M: operación y mantenimiento
- » PPA: *Power Purchase Agreement*, 'contrato de compra-venta de energía'
- » SADI: Sistema Argentino de Interconexión

URL estable: <https://www.editores.com.ar/node/8597>

A fines de 2015, la República Argentina ratificó su compromiso internacional en la Lucha contra el Cambio Climático tras la firma del Acuerdo de París, adhiriendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) impulsados por las Naciones Unidas. En este escenario, se presentó con la convocatoria del Programa RenovAr y Jujuy obtuvo la adjudicación para construir un complejo solar fotovoltaico de 300 MW en el altiplano, un hito sin precedentes para la región en términos de escala tecnológica y financiera.

La provincia aseguró la viabilidad del emprendimiento mediante la firma de un contrato de abastecimiento de energía eléctrica a veinte años con CAMMESA. Asimismo, se obtuvo financiamiento externo, predominantemente de instituciones chinas.

Hasta el momento del diseño e implementación de Cauchari, Argentina contaba con una capacidad fotovoltaica instalada acumulada de apenas 8 MW a nivel nacional. Desarrollar de forma abrupta un proyecto de 300 MW implicó una curva de aprendizaje acelerada para los cuadros técnicos e ingenieriles del país.

Ingeniería civil e infraestructura en la Puna

El emplazamiento de la Planta Fotovoltaica Cauchari se ubicó en el Departamento de Susques, en la Puna jujeña, a una altitud media de 4.000 msnm y cerca de la línea de 345 kV. Las condiciones de extrema aridez, variaciones térmicas drásticas y aislamiento geográfico plantearon retos severos para la logística y la ingeniería civil.

Las condiciones de extrema aridez, variaciones térmicas drásticas y aislamiento geográfico plantearon retos severos para la logística y la ingeniería civil

Asimismo, desde la perspectiva socioambiental, la ejecución de una megaobra de estas características en un entorno territorial habitado por pueblos originarios implicó una gestión articulada del Estado provincial. A través de la Secretaría de Pueblos Indígenas y en interacción interministerial, se implementaron mecanismos de consulta e integración comunitaria previo al inicio de las obras civiles.

Antes de iniciar la fase de montaje propiamente dicha, se ejecutó una infraestructura base:

- » Accesibilidad vial: construcción y consolidación de 70 km de rutas principales para posibilitar el tránsito pesado de alta tonelada, sumados a 54 kilómetros de caminos internos para el movimiento dentro del predio y el posterior mantenimiento.
- » Acondicionamiento del terreno: nivelación y alisado de aproximadamente 800 hectáreas en un entorno geográfico de alta montaña.
- » Infraestructura hídrica: canalización de casi 7 km de cursos de agua para prevenir corrientadas y erosión durante los episodios esporádicos pero intensos de precipitaciones estivales.

El despliegue logístico requirió la importación de más de 5.000 contenedores marítimos con componentes electromecánicos provenientes de China, sumado a insumos de producción nacional. Para optimizar los tiempos de aduana y evitar el colapso del Paso Internacional de Jama —cuya capacidad operativa regular era de treinta camiones diarios y debió absorber picos que duplicaban dicho volumen—, la empresa provincial cedió terrenos para establecer depósitos fiscales e instalaciones aduaneras in situ. Esto permitió al personal de la ex-AFIP-DGA realizar las desconsos-



Planta Fotovoltaica Cauchari

Fuente: EconoJournal

lidaciones e inspecciones directamente en el parque solar.

En las primeras etapas, las instituciones financieras internacionales exigieron la contratación de consultoras y empresas supervisoras de origen extranjero. Sin embargo, conforme avanzó la ejecución, la solvencia de la ingeniería argentina permitió sustituir progresivamente a la fiscalización externa por profesionales locales, consolidando una base de conocimientos técnicos especializada en alta montaña.

Paralelamente, la inexistencia de infraestructura urbana en las inmediaciones exigió levantar campamentos con capacidad para albergar y alimentar a más de 1.200 trabajadores. La demanda impulsó el desarrollo de una red local de proveedores de servicios de hotelería, catering, lavandería y asistencia médica de alta complejidad adaptada a la medicina de altura.

Dado que la región carecía de mano de obra con formación técnica en energía solar a gran escala, se articularon programas de capacitación a través del Ministerio de Defensa y el sistema educativo provincial mediante aulas talleres móviles. Más de ochocientos pobladores de zonas aledañas fueron formados en higiene y seguridad, montaje mecánico y conexiones electromecánicas. Dicha fuerza laboral fue reabsorbida posteriormente por la industria del litio y otros emprendimientos de infraestructura en el NOA.

Más de ochocientos pobladores de zonas aledañas fueron formados en higiene y seguridad, montaje mecánico y conexiones electromecánicas

Respecto de la procedencia de los equipos, la mayor parte de los módulos fotovoltaicos e inversores fueron adjudicados a fabricantes de China, algo ya acordado en los contratos de financiación, mientras que la totalidad de las estructuras de hincado metálico e insumos como bandejas

portacables tipo escalera fueron contratados a la industria nacional argentina. Para asegurar los estándares operacionales, ingenieros argentinos viajaron a las plantas fabriles en China. El protocolo de homologación abarcó la aplicación estricta de las 54 pruebas normativas internacionales en jornadas ininterrumpidas de verificación. Esto garantizó la recepción de equipamiento capaz de soportar las condiciones dieléctricas y térmicas de la altitud.

Desafíos técnicos de construcción, operación y mantenimiento

El complejo sistema de distribución interna consta de 105 cabinas de media tensión interconectadas mediante cableado subterráneo, celdas de maniobra aisladas en hexafluoruro de azufre (SF6) y una estación de seccionamiento blindada bajo tecnología GIS.

105 cabinas de media tensión interconectadas mediante cableado subterráneo, celdas de maniobra aisladas en hexafluoruro de azufre (SF6) y una estación de seccionamiento blindada bajo tecnología GIS

Los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo debieron resolver condicionantes críticos:

- » Tendido y empalmes en frío: las bajas temperaturas impiden la manipulación de cables de media tensión por debajo de los 5 °C debido al riesgo de fisuración del aislamiento sintético. Para la confección de terminales y "botellas" de empalme, fue necesario erigir carpas con calefacción y sistemas de presión positiva para garantizar la estanqueidad y limpieza del ambiente.
- » Coordinación de corte con la red: históricamente, las empresas transportistas de



Planta Fotovoltaica Cauchari

Fuente: EconoJournal

energía realizan el mantenimiento de líneas durante el día. En una planta solar, los cortes diurnos representan una pérdida directa de generación e ingresos. Esto requirió un cambio de paradigma operativo con la transportista Transnoa y el organismo regulador, logrando trasladar los mantenimientos programados de la estación transformadora e infraestructura de evacuación a ventanas nocturnas o aprovechando salidas de servicio extraordinarias de la línea principal.

A escala mega-solar, las tolerancias de cálculo deben ser sumamente estrictas. La planta requirió el enterramiento de más de 300 kilómetros de mallas de puesta a tierra y un volumen equivalente de cableado subterráneo de media tensión.

La planta requirió el enterramiento de más de 300 kilómetros de mallas de puesta a tierra y un volumen equivalente de cableado subterráneo de media tensión

Un factor crítico no previsto inicialmente en la fase teórica fue el impacto de las amplitudes térmicas extremas de la Puna (donde la temperatura oscila violentamente entre valores bajo cero durante la noche y altas radiaciones diurnas). La primera partida de bulonería convencional torqueada en las estructuras de soporte sufrió aflojamientos masivos debido a los ciclos de expansión y contracción térmica del metal. Este imprevisto obligó a demorar las fases de montaje durante un mes para sustituir la totalidad de los bulones por elementos con insertos autobloqueantes de teflón.

Como contrapartida, en los estudios de factibilidad iniciales se preveía un cronograma intensivo de lavado mecánico de paneles debido al polvo en suspensión arrastrado por los vientos altiplánicos. No obstante, la experiencia operativa demostró una particularidad meteorológica: la ausencia de rocío a 4.000 msnm. Al no existir humedad nocturna que fije el polvo a la superficie del vidrio, la tierra depositada no se adhiere fuertemente.

Además, se aprovecha el diseño de las estructuras con seguimiento de un eje (*trackers*): durante los eventos climáticos, las estructuras se colocan mecánicamente en posición vertical (90°), permitiendo que la nieve y la lluvia remuevan el sedimento de forma natural. Las tareas de limpieza con agua tratada mediante la planta de ósmosis inversa del predio quedaron relegadas a sectores específicos de mayor ensuciamiento (*soiling*), reduciendo el consumo de agua.

Operación coordinada del nodo y control de tensión

La inyección masiva de energía renovable en un punto alejado de los grandes centros de consumo del SADI generó desafíos en la estabilidad de la red. En las primeras fases de operación concurrente entre Cauchari (300 MW) y el parque fotovoltaico vecino operado por la empresa NEO-EN (200 MW), la falta de una estrategia unificada de regulación de tensión derivó en oscilaciones electromagnéticas sobre la línea de 345 kV, ya que ambas plantas intentaban regular la tensión del mismo nodo de forma independiente.

La resolución exigió protocolizar la operación técnica junto a CAMMESA y Transnoa: se determinó que uno de los parques asuma el control dinámico de tensión del nodo mientras la otra central fija su inyección de potencia reactiva, alternando roles según los requerimientos operativos. Adicionalmente, durante las horas nocturnas, los inversores de las plantas quedan disponibles para operar como compensadores estáticos de reactivo, brindando soporte de tensión a la red regional sin generar potencia activa.

Gestión de residuos y ciclo de vida de los módulos

Un aspecto recurrente en la discusión sobre la sustentabilidad de la tecnología fotovoltaica es el destino final de los paneles solares al concluir su vida útil (estimada comercialmente en 25 a 30 años):

- » Primer año: degradación inicial de la potencia nominal de ~1,5%
- » Segundo a vigésimo año: degradación anual acumulativa de ~0,5%
- » Vigésimo año: capacidad remanente del parque de ~88 a 90% (~270 MW)
- » Estado operativo post-PPA: la planta continúa generando; la decisión entre revamping o extensión del contrato dependerá de la ecuación económica del mercado eléctrico.

Actualmente, los paneles dañados durante las etapas de obra (*scrap*) y los sustituidos durante el mantenimiento preventivo se encuentran acopiados en depósitos fiscales y recintos autorizados dentro del predio. Su disposición o enajenación final está sujeta al vencimiento de los regímenes de importación temporaria y las garantías fiscales internacionales que respaldaron la construcción del parque.

A nivel de mercado local, Argentina no cuenta aún con un volumen industrial de descarte que justifique la instalación de plantas de reciclaje de paneles fotovoltaicos, dado que la adopción masiva mediante el programa RenovAr comenzó hacia el año 2016. No obstante, la experiencia internacional (particularmente en la Unión Europea) muestra el surgimiento de procesos de economía circular.

Para evaluar el comportamiento del material sujeto a degradación severa en el entorno local, la provincia de Jujuy montó sistemas experimentales utilizando paneles con más de 25 años de antigüedad en servicio. Las mediciones confirman que, aunque con rendimientos inferiores respecto a las tecnologías monocristalinas actuales, los módulos continúan generando energía eléctrica de forma estable, lo que sugiere que la vida útil real de los activos puede extenderse más allá de la amortización financiera de los proyectos.



El desafío del transporte y el SADI.
Potencial solar vs. capacidad de líneas en el NOA
Vea el video [aquí](#)

Lo que dejó Cauchari, y perspectivas a futuro

Existen proyectos aprobados para la ampliación de la capacidad instalada de Cauchari (módulos adicionales). Sin embargo, la saturación del sistema de transporte eléctrico del SADI en el Noroeste Argentino impide volcar nuevos megavatios sin la ejecución previa de obras de expansión en alta tensión, la instalación de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías (BESS) o la construcción de nuevas líneas de transmisión.

*La Planta Fotovoltaica Cauchari
funcionó como un catalizador técnico
e institucional para la provincia de Jujuy*

Por lo pronto, vale destacar que la concreción de la Planta Fotovoltaica Cauchari funcionó como un catalizador técnico e institucional para la provincia de Jujuy:

- » Elaboración del Mapa Solar Provincial: los datos recolectados en el emplazamiento permitieron mapear la radiación global horizontal y directa normal de la provincia, recurso puesto a disposición pública para la formulación de nuevos proyectos.

- » Pueblos solares y escuelas: la capacidad técnica acumulada posibilitó la ejecución de sistemas de microrredes híbridas e independientes en poblados aislados de la Quebrada y la Puna (pueblos solares), así como la instalación de sistemas fotovoltaicos en más de 250 establecimientos educativos provinciales.
- » Consolidación del polo de conocimiento: la ingeniería jujeña pasó de operar sistemas aislados de pequeña escala en la década de 1980 a gestionar centrales de generación en extra-alta tensión, generando una masa crítica de profesionales y operarios aptos para los desafíos que plantea la transición energética y el desarrollo industrial del Noroeste Argentino. ■■

Nota del editor

El artículo aquí presentado fue elaborado por Alejandra Bocchio para Editores SRL en base a la presentación que el Ing. Martín Altamirano, director de O&M Cauchari Solar, hizo en el marco del bloque 1 del Foro de Ingeniería Eléctrica - Jujuy 2026, titulado "El desafío del transporte y el SADI. Potencial solar vs capacidad de líneas en el NOA", junto a los colegas Marcelo Nieder, director provincial de Desarrollo de Energías Renovables y Eficiencia Energética, y Máximo Forns, gerente de Operaciones de Transnoa.