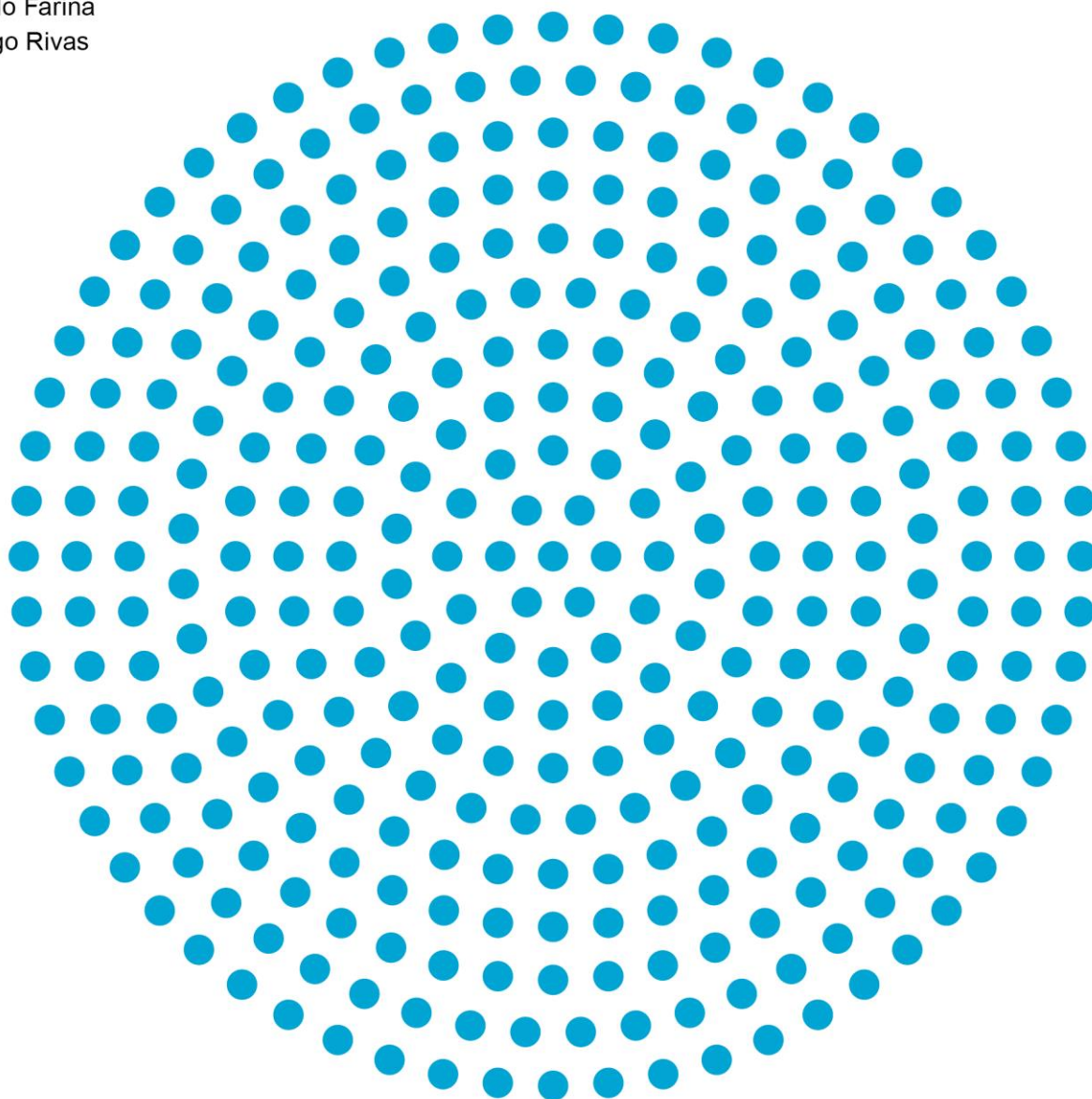


PROGRAMA DE DESARROLLO ECONÓMICO

Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo en el marco de la transición energética argentina

Sergio Drucaroff
Paulo Farina
Diego Rivas





El uso de un lenguaje que no discrimine, que no reproduzca estereotipos sexistas y que permita visibilizar todos los géneros es una preocupación de quienes trabajaron en este documento. Dado que no hay acuerdo sobre la manera de hacerlo en castellano, se consideraron aquí tres criterios a fines de hacer un uso más justo y preciso del lenguaje: 1) evitar expresiones discriminatorias, 2) visibilizar el género cuando la situación comunicativa y el mensaje lo requieren para una comprensión correcta y, 3) no visibilizarlo cuando no resulta necesario.

Resumen

El sector energético argentino representa más de 6% del PBI del país y ofrece una oportunidad de desarrollo económico y social. Aprovechar los importantes recursos energéticos con los que cuenta Argentina favorecería la disponibilidad de energía de forma abundante y diversa, a precios competitivos y compatibles con los compromisos asumidos sobre el cambio climático, además de potenciar el desarrollo sostenible.

En un escenario óptimo, una matriz energética con alto impacto en las capacidades industriales promovería tecnologías escalables (que le dan continuidad y demanda sostenida a la industria), favoreciendo el desarrollo de diversas capacidades productivas- a través de la fabricación nacional de componentes sobre la base de los recursos existentes y el desarrollo de servicios del conocimiento asociados a la energía - y generando potencial escala y competitividad suficiente para desarrollar la inserción internacional de la cadena de valor.

Pasar de la oportunidad a la realidad requiere superar importantes desafíos con relación al crecimiento del sector, incluyendo el desarrollo de cadenas de valor locales de alta complejidad, algo que constituye un eje clave de la sostenibilidad del proceso de inversión en el sector. Proyectar los efectos de la inversión en energía eólica, hidroeléctrica, nuclear y térmica sobre la actividad económica, el empleo y su integración a la industria nacional echan luz sobre el potencial y las debilidades de cada una. ¿Cuánto cuesta sumarle 1000 megavatios de potencia con cada tecnología sobre el estado actual del sistema productivo argentino? ¿Qué impacto tiene sobre la actividad, el empleo y que partes de esa tecnología pueden proveerse localmente?

Este documento plantea oportunidades y desafíos en torno al desarrollo productivo sobre escenarios de la matriz eléctrica prospectiva a 2030 y 2050, que podrían generar más de 297 mil empleos totales -139 mil en la industria argentina y 158 mil en la construcción- y 68 mil millones de dólares de actividad sobre la base de encadenamientos productivos locales, en base a una mirada integral sobre las tecnologías de generación y su impacto en el desarrollo industrial y el empleo.

El trabajo realizado no parece plantear demasiados dilemas en torno a qué tecnologías promover, en virtud de que no surgen indicadores contrapuestos entre competitividad y empleo: desde el punto de vista prospectivo la energía térmica y la eólica apuntan a ser las tecnologías para consolidarse como alternativas escalables, competitivas en precio y atractivas por su impacto en la generación de actividad local y empleo, como se analiza en (Farina, Drucaroff y Rivas, 2020). La importancia futura de esos niveles de inversión para la generación eólica y térmica y, en especial, el arrastre asociado a la utilización del gas no convencional puede generar un impacto significativo a alcanzar para la industria local en las próximas décadas, con efectos adicionales sobre el desarrollo de un núcleo de capacidades productivas y tecnológicas construidas previamente para la tecnología nuclear e hidroeléctrica.

Presentación

Este documento se enmarca en un proyecto de investigación del Programa de Desarrollo Económico de CIPPEC que estudia las transiciones energéticas en Argentina desde la perspectiva del desarrollo económico. La información que reúne esta publicación es producto de un trabajo llevado a cabo entre abril y diciembre de 2020.

Índice

Resumen	1
Presentación	2
Índice	3
Índice de tablas y gráficos	4
Introducción	5
Energía y desarrollo productivo: un círculo virtuoso aún no desarrollado en toda su capacidad	6
La relevancia del sector productivo para la generación energética y las ventajas de una cadena de suministro de industria nacional.....	9
Transiciones energéticas y cadena de valor: capacidades productivas y empleo potencial en las diversas tecnologías de generación	11
La importancia del empleo industrial en la transición energética	11
Los proyectos de inversión y la cadena de valor	12
Tecnologías de generación y estimación de impactos socio-productivos	13
Energía Eólica	13
Energía Solar	19
Energía Hidroeléctrica	23
Energía Nuclear	27
Los impactos socio-productivos por tecnología en la matriz energética proyectada ..	37
Integración nacional y costos de generación: ¿trade-off o falso dilema?	42
Escenarios proyectados 2021-2050: inversiones, actividad local y empleo según tecnología para generación eléctrica.....	43
Conclusiones	49
Bibliografía	51
Anexo I. Aspectos metodológicos de las estimaciones actividad y empleo asociadas las tecnologías de generación energética	53

Índice de tablas y gráficos

TABLA 1. Esquema de proyectos de inversión	12
TABLA 2. Descomposición de componentes de aerogenerador eólico en % de R 1-E-2018	15
TABLA 3. Inversión e impacto en el nivel de actividad por tecnología y escenario de integración, en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada	17
TABLA 4. Empleo adicional por megavatio adicional de potencia instalado	18
TABLA 5. Descomposición de componentes de panel solar	20
TABLA 6. Indicadores de inversión, actividad y empleo prospectado en energía solar	22
TABLA 7. Desagregación tecnológica de suministros de componentes electromecánicos del Proyecto Portezuelo del Viento	25
TABLA 8. Inversión e impacto en el nivel de actividad, empleo e integración, por escenario de tecnología hidroeléctrica, en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada	25
TABLA 9. Suministro de componentes y servicios locales en base a modelo CANDU con capacidad de ser abastecidos localmente	29
TABLA 10. Energía Nuclear: Inversión, impacto en el nivel de actividad y empleo del escenario de integración	30
TABLA 11. Energía Térmica: Inversión e impacto en el nivel de actividad, empleo por megavatio de potencia adicional instalada	34
TABLA 12. Tecnologías de Generación y escenarios de integración local	37
TABLA 13. Tecnologías de generación: Escenarios de Inversión e impacto en el nivel de actividad por escenario de integración, en millones de dólares cada 1.000 megavatios de potencia adicional instalada	38
TABLA 14. Impacto en el empleo por tecnología y escenario de integración, en miles de empleos por megavatio de potencia adicional instalada	39
TABLA 15. Impacto en el empleo por tecnología y escenario de integración, por megavatio de potencia adicional instalada	40
GRÁFICO 1. Costo e impacto en el empleo por tecnología de generación energética	42
TABLA 16. Prospectiva de inversiones en MW/H de potencia instalada (2021-2050)	43
TABLA 17. Inversión e impacto en el nivel de actividad, empleo e integración por escenario de tecnología de generación, en millones de dólares cada 1.000 megavatios de potencia adicional instalada (2021-2050)	45
GRÁFICO 2. Impacto proyectado en el nivel de actividad local según fuente de energía (2021-2030)	46
GRÁFICO 3. Prospectiva del empleo industrial creado por tecnología de generación (2021-2030)	46
TABLA 18. Dimensiones de los indicadores del impacto del costo de inversión, empleo, actividad e integración	55
GRÁFICO 4. Proceso de construcción de la estimación de empleo	56

Introducción

El sector energético argentino representa más de 6% del PBI argentino y es un componente clave de la matriz de oportunidades latentes de desarrollo económico y social argentino. Su potencial contribución al crecimiento económico, al empleo, a la transformación de energía en actividad productiva con valor agregado y a las exportaciones revelan su importancia central en cualquier ejercicio prospectivo como uno de los vectores de mayores oportunidades de desarrollo para nuestro país en las próximas décadas. Esta potencialidad y la estrategia para concretarla es objeto de este trabajo desde la perspectiva del desarrollo productivo.

Argentina cuenta con importantes recursos energéticos cuyo aprovechamiento favorecería la disponibilidad de energía de forma abundante y diversa, a precios competitivos y en el marco de los compromisos asumidos sobre el cambio climático, potenciando el desarrollo sostenido de la Argentina.

La potencialidad del sector energético, expresada en la capacidad de transicionar hacia fuentes diversas, con mayor contenido renovable en su matriz y de hidrocarburos para exportación debería aprovecharse para complementar y construir capacidades productivas transversales en torno a las cadenas de valor de diversas fuentes de energía, a través de sinergias intra-sectoriales y propiciando el desarrollo tecnológico en los segmentos de alta participación en la matriz energética prospectiva. Sin estas capacidades productivas locales, no será posible traducir el potencial energético en desarrollo económico y social pero tampoco se podrá configurar un sector energético sostenible.

La contribución de la industria y los servicios del conocimiento al desarrollo de sectores económicos primarios –minería, agricultura, energía– ha sido ampliamente relevado en las estrategias de desarrollo de países como Canadá, Dinamarca, Nueva Zelanda y Australia. Argentina, pese a contar con trayectorias de inversiones energéticas previas y un entramado productivo diverso sobre el cual basar una estrategia de desarrollo de las cadenas productiva en el sector, aún no ha desplegado un conjunto de acciones de carácter ofensivo integral en torno a dicha especialización.

Este documento se propone cuantificar el impacto de la transición energética argentina, con foco en el sector eléctrico, en la actividad y el empleo sobre la base del tejido productivo actual, identificar espacios de oportunidad para acrecentar este impacto a través de la especialización productiva y el desarrollo tecnológico e identificar espacios de política pública para acelerar los impactos, favoreciendo la sostenibilidad del sector energético, la creación de nuevos empleos y la mejora en el balance de divisas del sector que contribuya a fortalecer la dinámica macroeconómica.

Energía y desarrollo productivo: un círculo virtuoso aún no desarrollado en toda su capacidad

En los últimos años, la aceleración de inversiones en fuentes renovables y en los hidrocarburos en simultáneo reveló múltiples objetivos en la política energética. Por una parte, iniciar la transición hacia una matriz con mayor presencia de energías renovables que es una tendencia mundial creciente y con lo que la Argentina se ha comprometido en el [Acuerdo de París](#), ratificado mediante la ley 27.270. Por otra parte, el objetivo de aprovechar la segunda mayor reserva de gas no convencional del mundo, con el fin de reemplazar producción convencional (que venía en retroceso desde inicios de la década pasada) y generar oportunidades de exportación a la región en el corto plazo y, al mundo en el largo durante el proceso de transición de la matriz eléctrica.

Por un lado, la proliferación de las renovables se fundó en la implementación de la Ley N° 27.191 y el aprovechamiento de la disponibilidad de financiamiento para estas tecnologías en países emergentes, con el apoyo de organismos internacionales de crédito y de agencias internacionales de exportación.

En contraste, las inversiones en Vaca Muerta se basaron en el descubrimiento y el conocimiento técnico de las cuencas desarrolladas con importantes inversiones de YPF desde su reestatización en 2012, que dieron lugar en años siguientes a un creciente interés de otros actores para pasar a la etapa de desarrollo masivo.

En conjunto, el Plan Renovar y las inversiones en Vaca Muerta implicaron inversiones por más de 15 mil millones de dólares entre 2015 y 2019 (Subsecretaría de Energías Renovables, 2018; Secretaría de Energía de la Nación, 2019)¹. Sin embargo, la sostenibilidad del proceso inversor se enfrentó primeramente y como principal restricción, al agotamiento de la disponibilidad de financiamiento internacional, algo que además fue luego afectado por el deterioro de los precios de la energía a nivel global producto de la pandemia por COVID-19.

Estas inversiones fueron considerables por su impacto potencial sobre el sector industrial electromecánico, el cual representaba alrededor de 5% del valor bruto de producción argentino y el 15 % de la industria manufacturera en 2019². Solo considerando las empresas registradas en el Programa de Desarrollo de Proveedores de la Secretaría de Industria de la Nación que abastecen algunas de las tecnologías energéticas, universo acotado pero representativo de las firmas con mayores capacidades para formular proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, se verifica la existencia de más de 600 empresas y 37 mil empleos en el sector que declaraban una facturación anual en torno a los 3.000 millones de dólares anuales³. Las estimaciones de ADIMRA, CIPBIC, CAPIPE y GAPP – cámaras representativas del sector proveedor de diversas tecnologías energéticas – estiman la presencia de más de 1.500 firmas manufactureras directamente vinculadas al sector energético en la Argentina.

En el ecosistema de proveedores se destacan las firmas productoras de máquinas y equipos, formadora de capacidades y habilidades productivas y demandante de mano de obra calificada de diversas especializaciones, cuyo ciclo productivo está

¹ La Secretaría de Energía relevó [anuncios de inversión](#) entre 2016 y 2019 por más de 21 mil millones de dólares sólo en Vaca Muerta.

² El sector representaba aproximadamente el 6% del valor bruto de producción del país y, respectivamente, más de 16% de las manufacturas en 2004. Se tomaron los valores de producción a precios de 2004 de las cuentas nacionales del INDEC. Hay que señalar que no se consideraron los sectores de maquinaria de contabilidad e informáticas y elaboración de radio y televisión que tienen poco peso en el mismo y no están vinculados a la fabricación de medios de producción para otros sectores.

³ Esta cifra abarca no sólo el sector metalmeccánico sino a toda firma productora de bienes para el sector energético. La naturaleza heterogénea del sector proveedor hace muy compleja su estimación a través de fuentes secundarias, siendo este registro una de las fuentes más precisas al estar dirigida al fortalecimiento de las capacidades productivas de los proveedores. La estimación de facturación es aproximada sobre las cifras declaradas por las firmas al ingresar al Programa convertidas a dólares corrientes al momento de su inscripción.

determinado por los niveles y composición de la inversión en el sector energético. Este segmento de firmas se encuentra en una posición intermedia respecto a su situación en el comercio exterior: su exportación-que declinó la última década- está dirigida a los países de América Latina, pero una porción importante de este segmento empresarial no ha logrado atravesar las fronteras y competir en mercados externos de mayor complejidad. Se trata de un universo heterogéneo en el que coexisten diversos perfiles según las tecnologías energéticas que abastecen y su dinámica competitiva.

Pese a la abundancia de recursos y diversas fuentes energéticas y a esta dinámica de inversión de los últimos años, la especialización productiva del sector proveedor encuentra limitaciones en los horizontes de planificación y efectiva ejecución de las inversiones energéticas. La ausencia de un consenso público-privado en torno a una agenda de políticas que permita avanzar en un crecimiento sostenido del sector energético con integración y diversificación productiva de la industria nacional aparece como una limitante.

Esta cuestión emerge también desde la marginal producción de la literatura especializada en torno a este tema en Argentina. No se han encontrado trabajos previos que apunten a estimar el impacto de la transición energética argentina integrando la dinámica productiva de las cadenas de valor de las diversas tecnologías de generación y su impacto en el empleo.

Este fenómeno da indicios de que (a) es un tema de cierta complejidad metodológica, pues no hay fuentes de información secundaria sobre las tecnologías ni sobre sus impactos en el empleo y deben construir ad-hoc, (b) que el empleo y el impacto sobre las cadenas productivas no han sido variables utilizadas en el pasado para el diseño de prospectiva energética y de planificación industrial en la Argentina⁴ y, por último (c) que los estudios abordaron la temática productiva de forma sectorial -en particular sobre alguna tecnología- sin un análisis que integre y vincule las potencialidades que ofrece la matriz energética compatibles con la transformación productiva en el conjunto de las distintas fuentes de generación de energía eléctrica.

La dinámica errática y cambiante del sector energético torna en una compleja misión para los proveedores locales el desarrollo de innovaciones y de inversiones de mediano y largo plazo. No se trata de una baja propensión a innovar o a tomar riesgos de parte del empresariado, sino a una elevada incertidumbre en torno a las tecnologías energéticas a desarrollarse y sus necesidades de equipamiento, insumos y servicios críticos en horizontes de mediano y largo plazo.

Se tornan más visibles las razones detrás de esta conducta al identificar momentos de fuertes limitaciones con relación a la capacidad de generación de energía⁵ que devienen de procesos de planificación interrumpidos o no concretados. En estos lapsos, la velocidad de reacción de las inversiones en la instalación de potencia eléctrica – promovida mediante regímenes especiales para la inversión energética- ha tendido a ser mayor que la capacidad industrial nacional para dar respuesta a esas necesidades⁶.

Estas tensiones se han hecho evidentes en los últimos años, tanto en lo referido al impulso de inversiones en Vaca Muerta como en el del Plan Renovar, a través de regímenes especiales de importación de equipos, partes y componentes críticos para la generación eléctrica y la producción de hidrocarburos. Se da la paradoja de que los shocks de inversión en el sector no generan las oportunidades de desarrollo productivo

⁴ Por ejemplo, al consultarse el documento "[Escenarios Energéticos 2030](#)" del ex Ministerio de Energía y Minería, publicado en Diciembre 2017 y documento de referencia obligada sobre prospectiva de la matriz energética, se verifica la ausencia de toda referencia a los impactos en el empleo y la actividad de los escenarios energéticos. Aun así, es probable que en el pasado se explique por la baja penetración de las fuentes alternativas de energía en la matriz argentina.

⁵ El Decreto 134/2015 es un ejemplo de lo aquí comentado.

⁶ Los marginales niveles de integración nacional de la Ronda 1 del Programa RENOVAR y de la licitación para nueva capacidad de generación térmica con compromiso de estar disponible para el verano 2016/17 propiciada por la Resolución 21/16 de la ex Secretaría de Energía Eléctrica son dos ejemplos muy recientes de este fenómeno.

en todo su potencial por tratarse de procesos no planificados, explosivos y de corta duración, habitualmente interrumpidos por cambios de políticas o contextos macroeconómicos que revierten las condiciones favorables de inversión (o ambas).

Las cambiantes reglas en torno a la mayor o menor facilidad para acceder a equipamiento importado – nuevo y/o usado⁷ con capacidad de ser abastecidos localmente - son una derivada directa de estos movimientos pendulares de la inversión. Es necesario destacar que aquí no se cuestiona la importante contribución de los regímenes especiales de promoción al favorecimiento de nuevas inversiones en el sector energético. Se comprende que su existencia puede ser necesaria, particularmente, la de aquellas que promueven la instalación de equipamiento nuevo y de frontera tecnológica internacional o la de equipamiento usado que no tiene ninguna posibilidad tecnológica ni de escala para la fabricación nacional y que no afecta las capacidades locales. Sin embargo, disintimos en su utilización en situaciones que podrían favorecer la generación de empleo, valor agregado y aumento en las capacidades productivas en el marco de una planificación energética e industrial de mediano y largo plazo, siendo además cuestionable su uso en la medida que atenta contra los objetivos de la política productiva.

El uso de los regímenes especiales obedeció a la necesidad de facilitar y favorecer rápidas inversiones en el sector. Su costo fue que la industria local difícilmente pudiera responder en tiempo y forma ante shocks de inversión concentrados en lapsos de tiempo cortos sobre un conjunto de bienes en los que existía capacidad local – tecnológica y productiva- de fabricación pero que no estaban dimensionados en escala para atender los picos de inversión. En otros casos, si bien no existía capacidad local plena, como en el sector eólico, la atracción de fabricantes internacionales y su complementación con el ecosistema de proveedores nacionales era viable y deseable, como luego fuera demostrado en la radicación de tecnólogos internacionales para producir componentes críticos en Argentina.

La situación apremiante en lo energético justificaba este accionar en el marco de la emergencia donde primaba el abastecimiento energético, con lógica, por sobre las oportunidades perdidas en un segmento del desarrollo industrial al cual no se lo podía esperar a reaccionar. El riesgo de demoras en la generación de energía afectaría a toda la industria en su abastecimiento energético. Puesto en otras palabras, la energía más cara es la que no se tiene. El problema es que estas situaciones además de tener implicancias en el costo de la energía -lo urgente siempre es más caro- también tienen un impacto negativo en las oportunidades perdidas en materia de desarrollo productivo y tecnológico, que además no se limitan a las inversiones de este momento sino a la trayectoria futura que estará condicionada por las tecnologías importadas elegidas.

Al respecto, uno podría preguntarse por qué la reacción industrial ante sorpresivos aumentos en la demanda no es tan ágil como la de las inversiones. La respuesta tiene varios componentes. La ausencia de financiamiento de mediano y largo plazo para los fabricantes limita su capacidad de reacción inmediata. Además, la concentración de la demanda de equipamiento en períodos de tiempo cortos atenta contra la sostenibilidad de los procesos de inversión y el adecuado dimensionamiento de la escala industrial necesaria para atender la demanda en diferentes momentos del tiempo.

En otras palabras, la señal de que viene un shock de inversión también es señal de que habrá un período de tiempo –incierto en su horizonte aunque históricamente largo para las empresas que permanecieron en este sector el tiempo suficiente para experimentarlo– en el que no habrá inversiones. Esto dificulta el adecuado dimensionamiento de las plantas y la necesidad de amortizar aceleradamente las

⁷ Nos referimos aquí a la normativa creada y modificada por los Decretos 927/2013, 629/2017 y 555/2019 en lo referido a equipamiento para el desarrollo de hidrocarburos y a la aplicación y tratamiento como "Proyecto Crítico" en el marco de la Ley 26.360 de inversiones en centrales térmicas y otras fuentes de energía.

inversiones en horizontes de tiempo cortos, y conspira contra la competitividad de la oferta nacional.

Para generar capacidad de respuesta de la industria, la creación de líneas de financiamiento para la adquisición y fabricación de equipos y componentes nacionales es un instrumento imprescindible frente a los shocks de inversión, toda vez que la capacidad financiera de los proveedores de bienes de capital y componentes críticos resulta limitada en el sistema financiero argentino. Aun así, no se evidenciaron instrumentos de política en esta dirección como elemento compensatorio de los sesgos hacia la importación que provocaron estos regímenes⁸, un elemento que no es atribuible sólo al período de alta inversión en renovables y Vaca Muerta sino persistente desde hace dos décadas. Sin embargo, aun con ese paliativo, los shocks de inversión en cortos períodos de tiempo restringen la eficacia de esta medida hacia aquellos segmentos de la producción que pueden amortizar sus inversiones en lapsos de tiempo cortos. En otras palabras, refuerza un sesgo hacia las inversiones de menor impacto en la transformación estructural de la industria.

En este marco, no sorprende que en una evaluación cualitativa de las capacidades productivas nacionales del sector energético, en las últimas dos décadas, la industria haya conseguido acompañar la expansión del sector energético con la producción de más bienes, equipos, insumos y servicios esenciales, en sus momentos de auge – y la inversa se aplica en sus momentos de retracción - pero no ha tenido condiciones para transitar cambios estructurales sustantivos en torno a sus capacidades tecnológicas y productivas, algo que no escapa a la generalidad de la industria en la década anterior pese al sostenido crecimiento económico ((Abeles, Cimoli, & Lavarello, 2017)), salvo en aquellos casos donde las políticas públicas tuvieron una alta incidencia en el desarrollo del sector, como el reciente caso del sector eólico.

En síntesis, planteamos aquí que (1) la planificación energética es también planificación industrial y (2) los encadenamientos productivos de la energía hacia la industria y la economía del conocimiento son un elemento dinamizador del cambio estructural y un vector de creación de empleo de calidad. Ambos elementos son condición necesaria para el desarrollo de un virtuoso círculo entre energía y desarrollo productivo.

La relevancia del sector productivo para la generación energética y las ventajas de una cadena de suministro de industria nacional

La fabricación de equipos y componentes utilizados en la etapa primaria de generación eléctrica contribuye esencialmente a la creación y sostenimiento del empleo industrial. La metodología que se desarrolla en este trabajo (**Anexo I**) hace foco en el impacto generado por los distintos niveles de integración nacional de los componentes de bienes electromecánicos que hacen a la mayor especialización tecnológica y productiva y sus efectos sobre los costos de inversión del bien de capital, actividad y empleo del ciclo de vida del proyecto.

Aquí se combinan diversos factores que explican niveles de integración diferenciales en lo referido a bienes de capital para la generación de energía eléctrica, cuya caracterización es materia de los apartados específicos por tecnología pero que pueden resumirse conceptualmente en:

⁸ Sólo la experiencia del Banco de Inversión y Comercio Exterior con una línea de crédito para componentes nacionales en 2016 puede relevarse en relación al sector energético. Respecto al costo de desarrollar estos instrumentos para la política pública, debe señalarse que su diseño debiera considerar retornos fiscales positivos en su implementación derivados del aumento en el nivel de actividad de la industria nacional en comparación con la recaudación tributaria por aranceles de importación (en la gran mayoría de los casos, de bajo o nulo nivel cuando ingresan por regímenes especiales).

- Trayectoria evolutiva de la tecnología sobre la matriz energética– efectos “escala” y “recurrencia” de las inversiones que permiten construir un mercado interno favorable en mayor o menor medida sobre cierta tecnología de generación.
- Disponibilidad de financiamiento – condicionado a cumplir con reglas de contenido tecnológico extranjero y/o local - para los proyectos que obstaculizan y/o amplían las posibilidades de construir complementariedades del recurso con las capacidades empresariales locales para construir senderos de aprendizaje tecnológico.
- Complejidad tecnológica acumulativa previa y ritmo de innovación del sector y su relacionamiento con las capacidades industriales y tecnológicas locales en este y en otros sectores de la fabricación de bienes de capital que permitan los desplazamientos hacia las nuevas tecnologías emergentes o ampliar la oferta de potenciales proveedores de sectores relacionados.
- Nivel de integración vertical de desarrolladores, tecnólogos y contratistas, que puede obstaculizar o favorecer la integración nacional según decisiones de “fabricar” o “contratar en el mercado” cuya escala de decisión no es nacional sino global.
- Grado de participación de empresas nacionales y extranjeras en el sector, que podría favorecer o desincentivar la ocurrencia de procesos de transferencia tecnológica y de ampliación de capacidades productivas locales.

El desarrollo de los recursos energéticos juntamente con el perfil de empleo industrial, la integración local y el desarrollo de las cadenas de valor depende esencialmente de estos factores, sumados a los tradicionales de competitividad sistémica del sector industrial argentino.

En virtud del carácter “transable” de estos bienes con el exterior, sujetos a la competencia internacional – el empleo generado, el incremento del valor agregado en la exportación del recurso natural, la ampliación de la oferta local y las posibilidades tecnológicas a desarrollar dependen de la competitividad local como alternativa a los esquemas de importación de tecnologías llave en mano o de insumos, partes y componentes.

Por el contrario, el empleo y los impactos en la actividad local asociado a la operación – típicamente vinculado a la construcción, la logística interna y los servicios técnicos especializados – tiene una naturaleza no transable, es decir, que una vez que ha sido definida la localización del proyecto de generación en Argentina, no caben dudas de que el empleo asociado a la operación y mantenimiento se generará en el país.

No obstante, los nuevos paradigmas de industria 4.0 y el acelerado ritmo del cambio tecnológico propiciaron el desarrollo de una gama de servicios especializados más relacionados con el uso de datos, la provisión de asistencia para la operación y el mantenimiento de centrales térmicas, parques y tecnologías de energías renovables en modo remoto, que proveen estos servicios como insumos determinantes para los procesos de innovación generando mayor competencia y pujas por su localización y volviéndolos transables⁹. El dominio de este segmento de servicios puede ser determinante para transferir conocimiento hacia la fabricación de componentes y la resolución de problemas, motivo por el cual tienden a estar integrados verticalmente dentro de unidades de negocio de los tecnólogos, dificultando su localización en economías emergentes. La operación y el mantenimiento de las diferentes centrales de generación bajo esta modalidad tecnológica tenderán a profundizar el carácter

⁹ Por ejemplo, en algunas tecnologías renovables se verifica una deslocalización de las actividades de monitoreo y asistencia técnica que ocurren en remoto a proyectos de generación eléctrica en grandes centros de servicios concentrados en unos pocos sitios en el mundo que brindan apoyo técnico a nivel global. Esto ocurre típicamente en el sector eólico y solar, donde las economías de escala en lo concerniente a la información y la conformación de equipos técnicos interdisciplinarios favorecen la concentración en esquemas similares al de la industria del software y los servicios tecnológicos.

transable de este tipo de servicios, algo que también deberá considerar la política industrial y tecnológica.

Las ventajas de contar con un ecosistema productivo local para la competitividad del sector energético se funda en (1) mejores tiempos de abastecimiento al disminuir la dependencia de flujos de importación de equipamiento y componentes críticos¹⁰, (2) mayor cercanía con fabricantes y tecnólogos capaces de desarrollar innovaciones basadas en problemáticas nacionales, (3) la integración de la producción con la postventa y la formación de recursos humanos calificados y (4) el aumento en la consideración del sector energético como una cadena de valor integrada y de alto impacto económico y social hacia las políticas públicas.

En la próxima sección se detallan los impactos productivos de las diferentes tecnologías energéticas según el ecosistema de proveedores existente y sus posibilidades de escalamiento productivo, atendiendo a la heterogeneidad y diversidad del universo industrial argentino.

Transiciones energéticas y cadena de valor: capacidades productivas y empleo potencial en las diversas tecnologías de generación

La importancia del empleo industrial en la transición energética

En la sección anterior comentamos el potencial círculo virtuoso que el desarrollo energético puede tener sobre la producción, con particular énfasis en la demanda de bienes de capital y componentes de alto valor agregado¹¹, desde un enfoque conceptual. Aquí nos adentramos en la apertura de la participación de la producción industrial en cada tecnología de generación eléctrica y su impacto en el empleo y en el nivel de actividad¹².

El enfoque parte de una distinción entre aquellas actividades transables – es decir, que pueden desarrollarse dentro de la Argentina o fuera de ella, típicamente la actividad de manufactura – respecto de las que necesariamente ocurren en nuestro país (la mayor parte de los servicios, como por ejemplo, la logística y los servicios especializados en los sitios de generación). En otras palabras, el foco está puesto en las actividades que enfrentan competencia internacional, riesgo de deslocalización y en donde se verifican disputas por el valor agregado a nivel global.

Concentramos nuestra mirada en el empleo industrial asociado a la generación eléctrica pues hay un diferencial con relación al empleo en la obra civil y el montaje¹³. Mientras que este último obedece a relaciones técnicas que garantizan su efectiva concreción, el empleo industrial es altamente variable y responde a la competitividad de la industria nacional y a las reglas de contenido local que determinen los proyectos, factores en los que el Estado Nacional tiene elevada injerencia. Una parte importante de esta disputa por el valor se juega en el terreno de la política energética y su impacto sobre la industria nacional.

¹⁰ Nótese que no se elimina por completo por la dependencia de insumos importado, sino que se mitigan los riesgos de cuellos de botella por situaciones de pico de demanda en los momentos de precios internacionales favorables.

¹¹ No se aborda en esta sección el impacto sobre la competitividad industrial en términos de costo, indudablemente un aspecto muy importante para el funcionamiento del sector industrial en su conjunto, y especialmente para promover las actividades manufactureras energo-intensivas.

¹² Para mayor detalle sobre la construcción de los indicadores véase el Anexo I.

¹³ No se aborda específicamente en las estimaciones el desarrollo de los servicios remotos (transables) hacia la operación y el mantenimiento.

En definitiva, hay razones de peso para acrecentar el interés de la participación industrial en estos proyectos por parte de las políticas públicas. Una de ellas obedece a la capacidad de la industria de sostener empleos una vez finalizada la instalación de nuevos megavatios de potencia, que en el caso de la obra civil y el montaje no ocurre. Este sostenimiento se puede dar a través de dos fuentes: (1) la diversificación del empleo industrial hacia otros proyectos y componentes electromecánicos ya sea en el sector energético como en otros sectores industriales de capacidades conexas; (2) la profundización del perfil productivo de la industria a través de la apertura de mercados de exportación, participando en proyectos energéticos desarrollados en el exterior.

Otra razón de nuestro foco es que al tratarse de empleos industriales suelen tener mayor calificación y, por ende, mayores salarios y generación de mayor valor agregado (Unión Industrial Argentina y Organización Internacional del Trabajo, 2014). Además, la localización de este empleo tiende a concentrarse en los diferentes complejos productivos metalmeccánicos tradicionales (AMBA, Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe y Mendoza), reforzando fenómenos de eficiencia colectiva y clusterización del conocimiento.

En definitiva, la transversalidad de las capacidades industriales hacia diferentes tecnologías de generación constituye un activo relevante para prospectar la transición energética y se revela en la presencia de actores clave que operan en varias cadenas de valor en simultáneo, conjugando otro elemento de peso para tener la atención de las políticas públicas.

Los proyectos de inversión y la cadena de valor

El esquema siguiente resume de forma estilizada las diversas tecnologías y actores que intervienen en el desarrollo de un proyecto de inversión de generación eléctrica con diferente grado de especialización, separando aquellos bienes y servicios más genéricos o transversales de la inversión en los bienes de capital y componentes industriales específicos asociados o especializados a cada tecnología. La metodología (**Anexo I**) nos permite construir escenarios de escalamiento industrial posible a futuro y desde la secuencia de la cadena de valor relacionada con la inversión. Esto permite hacer foco en el impacto por cada megavatio de potencia instalada adicional y así evaluar los impactos en lo referido a la creación de empleo industrial.

TABLA1. Esquema de proyectos de inversión

PC ¹⁴ / Contratistas / Tecnólogos	Tecnologías de fuentes energéticas para generación eléctricas				
	EÓLICA	SOLAR	HIDRO	NUCLEAR	TÉRMICA
	Proveedores especializados de componentes electromecánicos en etapa de generación (Bienes de capital, servicio técnico especializado, provisión de componentes críticos)				
	Bienes y servicios transversales a todas las tecnologías en etapas de transporte y distribución de energía eléctrica (Líneas de transmisión, estaciones transformadoras, insumos y equipos para la distribución de energía eléctrica)				

Fuente: Elaboración propia.

¹⁴EPC representa "Ingeniería, Provisión y Construcción" por sus siglas en inglés (Engineering, Procurement and Construction)

A los fines de las estimaciones se distinguieron tres grandes componentes:

- **Costos de capital (CAPEX) para la generación:** Inversiones en bienes de capital y servicios específicos de cada tecnología. Se trata de inversiones en las que participan desarrolladores de proyectos energéticos, tecnólogos, contratistas de obra civil y proveedores especializados equipos, insumos, partes, piezas y componentes específicos.
- **Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX) para la generación:** Costos que surgen de la operación de los sitios de generación, típicamente gastos de personal operativo, de reposición de consumibles (incluyendo los combustibles) y de mantenimiento de la vida útil de las centrales de generación.
- **Costo transporte de las líneas de transmisión:** Gastos de capital para ampliar la infraestructura de transporte asociados a la distancia desde la generación hasta el punto de distribución, transversal a todas las tecnologías de generación eléctrica.

La construcción de los costos asociados a los proyectos de inversión para cada tecnología durante el ciclo de vida del proyecto, considerando los diversos agentes y bienes y servicios que conforman la concreción del proceso de inversión, sus vinculaciones y especificidades tecnológicas, permitió estimar su impacto en el nivel de actividad y empleo nacional. En la próxima sección se presentan los resultados para cada tecnología.

Tecnologías de generación y estimación de impactos socio-productivos

A continuación, se detalla la composición de la cadena de valor de cada tecnología y comentamos los últimos aspectos conocidos del desarrollo productivo nacional en torno a cada una de ellas, a los fines de definir escenarios probables de contenido local para la fabricación de componentes críticos.

Energía Eólica

La cadena de valor industrial está compuesta por un núcleo que tiene como centro al “tecnólogo” –denominación tradicional en el sector de la firma que diseña, integra y ensambla diversos componentes para su fabricación– en una cadena eminentemente vertical de varios eslabones. Esta se compone de un primer anillo de proveedores de elevada complejidad tecnológica para el desarrollo de los componentes críticos y de varios anillos de fabricantes de componentes industriales de diversos tamaños y perfiles tecnológicos que secundan y complementan la fabricación de partes y piezas secundarios de los diferentes bienes que configuran el aerogenerador (Aggio, Verre, & Gatto, 2018)¹⁵.

¹⁵La generación de energía por intermedio del viento depende de las características presentes en la naturaleza (velocidad, calidad y estabilidad del viento, y de la densidad del aire) y de las especificaciones técnicas del aerogenerador, es especial, del rotor (energía varía de acuerdo al diámetro, si se duplica cuadruplica la energía) o el barrido de las palas y altura del artefacto (existe más energía en vientos de alta velocidad que en los de baja y de modo directo de la densidad del aire).

El tecnólogo y/o fabricante de las turbinas es el garante ante las empresas generadoras de la eficiencia, funcionamiento, durabilidad y performance de los aerogeneradores¹⁶. Las empresas generadoras que participan de licitaciones deben basar sus proyecciones de precios y rentabilidad sobre la base de la performance de los equipos de los tecnólogos, lo cual los convierte en un jugador crítico del sector, y a su vez implica el desarrollo de complejos esquemas contractuales que administran riesgos y contingencias que surgen de la operación de los parques.

Este tipo de modalidad contractual es probablemente la barrera a la entrada más significativa para cualquier fabricante sin trayectoria en el mercado o con muchos menos equipos vendidos que otros tecnólogos, pues supone menor información a brindar a los generadores respecto de su performance, enfrentando contratos con mayores penalidades y coberturas frente a contingencias. En los últimos 35 años (de 1980 a 2018) los avances tecnológicos de los fabricantes lograron incrementar los factores capacidad promedio de los equipos, propiciando una reducción en los precios de los contratos del orden del 71% (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019).

La modalidad de negocios y los avances técnicos hacen a la mayor concentración del mercado y pocos países puedan ser líderes tecnológicos en las nuevas formas de producir energía no convencional¹⁷. Ello redundará en dificultades marcadas, para los países emergentes, que no han desarrollado tecnólogos locales de alta escala, visibilidad externa y tecnología de punta, de generar sus propias soluciones tecnológicas en una industria de elevado dinamismo innovador y que requiere el desarrollo de redes complejas de proveedores globales y la presencia en diversos mercados en simultáneo.

A esta inversión en el núcleo central de la cadena, hay que agregarle aguas abajo la incidencia de las líneas de transporte eléctricas que son transversales a todos los emplazamientos y donde confluye una amplia gama de proveedores con capacidad local en bienes tales como transformadores de diferentes potencias, conductores y estructuras diversas, entre otros componentes, que sumados a un conjunto de otros bienes de menor complejidad, representan el 38% de la inversión total en la construcción de la línea de transmisión¹⁸.

Nótese que para la construcción de la inversión en la línea se utilizó el supuesto de uso exclusivo para nuevos parques y una distancia de 1000 km considerando transporte desde la Patagonia y sur de la Provincia de Buenos Aires, donde se encuentran emplazados los principales desarrollos de energía eólica. Completa la cadena de valor, la operación y mantenimiento anual de la central de generación que se consideró sobre estándares internacionales para el tamaño de parque eólico modelo seleccionado durante su ciclo de vida. En esta etapa, son fundamentales las actividades de servicios vinculadas a las manufacturas como reparación de funcionamiento de los componentes y actividades de mantenimiento preventivo y predictivo¹⁹. Este último aspecto está habitualmente integrado en unidades de negocio de los tecnólogos pues le dan el soporte al aprendizaje tecnológico para la operación y el mantenimiento.

A los fines de considerar el peso relativo de los diversos componentes industriales para la fabricación de una turbina eólica completa, se consideró la Tabla de la Resolución 1-E2017 Ministerio de Energía y Minería y Ministerio de Producción y el contenido local máximo alcanzado en los proyectos de Renovar 2 (**Tabla 2**).

¹⁶No es infrecuente que en los contratos haya riesgos conjuntos con relación a reducciones de performance respecto de las estimadas, cantidad de días fuera de servicio por reparaciones o falta de generación por desperfectos técnicos, etc.

¹⁷En 2018, los cinco principales tecnólogos tenían una participación de mercado del 65% del total aerogeneradores instalados ese año y, los diez principales, alcanzaban el 85% del mercado mundial. Las compañías de China y Dinamarca son los líderes actuales del mercado mundial acumulando el 50% de los aerogeneradores fabricados globalmente.

¹⁸Nótese que las líneas de transmisión son un encadenamiento transversal a todas las tecnologías de generación, no sólo a la eólica.

¹⁹La gestión del parque tiene un costo fijo de operación y mantenimiento que dura todo el ciclo de vida, pero el costo variable tiende a aumentar en el tiempo vinculado a la antigüedad de los equipos de capital (turbina).

TABLA 2. Descomposición de componentes de aerogenerador eólico en % de R 1-E-2018

Componentes	Porcentaje del total
Palas	19,5%
Torres e interiores	23%
Elementos de conexión de torre	2,5%
Sistema Pitch	3,5%
Mecanizado de buje	2,5%
Rodamientos de palas	2%
Ensamblaje de buje	3%
Piezas de fundición de góndola	3%
Carcasa, columnas, bastidores de góndola	2%
Ensamblaje de góndola	10%
Sistema Yaw	2,5%
Convertor de potencia	3%
Generador	5,5%
Caja multiplicadora	11%
Eje de transmisión	3,5%
Radiador	1%
Equipos eléctricos de maniobra	1%
Transformador	1,5%
Total aerogenerador	100%

Fuente: elaboración propia en base a Resolución 1-E 2018 Ministerio de Energía y Minería y Ministerio de Producción.

El programa Renovar entre 2016-2019 promovió la instalación de 2100 megavatios de energía eólica cuyo peso era casi nulo en la matriz energética al momento de su lanzamiento. El nivel de integración alcanzado difirió entre las rondas, como resultado de una deliberada política de integración nacional de componentes de industria nacional a partir de la Ronda 2. Mientras que en la Ronda 1, la integración nacional promedio alcanzó el 11 % declarado, la Ronda 2 elevó este indicador al 38% (promedio ronda 2 y 2.5) sobre más de 900 megavatios de potencia instalados, que a los fines de la normativa vigente, se consideraban nacionales y sujetos a los beneficios por la integración nacional de la Ley N°27.191/2015 para la compra de bienes electromecánicos por parte de generadores o tecnólogos ganadores de las subastas²⁰.

El éxito de la Ronda 1 en términos de precios y atracción de capitales internacionales permitió sostener sucesivas rondas y promover cambios a la política de integración nacional basada en la continuidad y sostenibilidad de la demanda de componentes electromecánicos para nuevos proyectos. La existencia de fabricantes de torres de origen nacional con procesos de homologación productiva por parte de los tecnólogos –es decir, en condiciones de proveer inmediatamente a su requerimiento– y de otros componentes del sector eléctrico como transformadores, cables y accesorios de

²⁰ La sanción de la Ley N° 27.191/2015 creó un régimen que estableció una cuota de incorporación mínima de consumo de energía proveniente de las fuentes renovables con metas a cumplir en un periodo de tiempo. Si bien existieron otros marcos normativos precedentes para el fomento de las fuentes renovables ninguno tuvo el impacto en atraer inversiones y generar escalas acordes a la posibilidad de fabricación local de componentes de manera competitiva. La ley establece un certificado fiscal del 20% para las compras electromecánicas para los generadores. Además, sumado a otros instrumentos que terminaron de definir la política promocional entre 2016-2019 como la modificación del listado de exentos del pago de derechos de importación con un aumento del 14 % del arancel sobre el aerogenerador completo (decreto 814/2017), la definición del contenido nacional con regla de integración a lo largo del tiempo, con tratamiento especial al aerogenerador, que permite hacer efectivo el cobro del certificado (Res E-1/2017) y líneas de financiamiento para generadores de los parques a través del BICE y para el desarrollo de proveedores (Programa de Desarrollo de Proveedores, PRODEPRO) para ampliar la capacidad de producción y mejoras tecnológicas. A este conjunto de medidas se complementa algunas acciones de gestión blanda como rondas de conocimiento y negocios entre tecnólogos y proveedores locales.

subestaciones eléctricas fue clave para alcanzar niveles de integración mínimos consistentes con los establecidos por la Ley N°27.191 para la promoción de la industria nacional. Además, los “torreros” realizaron importantes inversiones para ampliar capacidad productiva e instalar tecnología de punta, en el marco de acuerdos con firmas líderes internacionales, dotándolos de reputación ante los tecnólogos y los generadores.

Como corolario, el proceso generó la instalación de dos tecnólogos internacionales en Argentina, la creación de 300 empleos directos en dos plantas de ensamble de góndola y hub, y más de 1.200 empleos en la fabricación de torres y componentes del sector eléctrico.

Estimaciones para el sector eólico

Para el desarrollo de las estimaciones, se consideró un parque de 100 megavatios de potencia instalada, sobre datos del programa Renovar, con aerogeneradores instalados de 3,6 megavatios de potencia cada uno. La inversión del proyecto para este modelo de parque de generación equivale a 1,6 millones de dólares por potencia nueva instalada, de los cuales 1,09 corresponde a los componentes electromecánicos de la turbina eólica. Es decir, el costo de los aerogeneradores representa el 70% del valor de la inversión mientras que el 30% restante del proyecto está representado por la construcción y montaje.

Con la regla de integración elaborada por los Ministerios de Energía y Producción, se elaboraron dos escenarios divididos en fases. La Fase 1 implicaba alcanzar una integración mínima del 36% de los componentes del aerogenerador y, la Fase 2 requería de un nivel de integración del 45% o más para estar sujeto a los beneficios fiscales. A esta descomposición de costos de cada componente es necesario un ajuste sobre el valor agregado de cada parte y pieza (detracer componentes importados de cada bien).

En virtud de que la información a nivel de componentes no está disponible –los subcomponentes de los elementos generales de la tabla alcanzan varios miles de productos- se consideró la regla de cumplimiento de bien de origen nacional (60% del valor bruto de producción local)²¹. Bajo este supuesto, se ajustaron los impactos por el valor agregado efectivamente incorporado localmente obteniendo la integración efectiva del aerogenerador en cada fase, siendo del 24% para la Fase 1 y del 29% para la Fase 2.

La Fase 1 implicaría continuar con los procesos de integración resultante en la ronda 2 y sucesivas del programa RENOVAR, con la fabricación local de la Torre (23%), el ensamblaje local de la góndola (10%) y del buje (3%) que totaliza un 36%.

Este esquema de integración motivó la instalación de:

- VESTAS, tecnólogo fabricante de aerogeneradores, líder mundial de origen dinamarqués, en alianza con el grupo nacional NEWSAN, en una planta de ensamble de góndola (*nacelle*) y hub localizada en Campana, Provincia de Buenos Aires.
- Grupo NORDEX, tecnólogo fabricante de aerogeneradores, de origen alemán, en alianza con la fábrica de aviones estatal bajo la órbita del Ministerio de Defensa, Fábrica de Aviones Brigadier Gral. San Martín, FADEA por sus siglas, en la ciudad de Córdoba, en la provincia del mismo nombre.

Como requerimiento para su instalación, los tecnólogos estimaron necesaria la fabricación de equipos equivalentes para abastecer al menos 350 megavatios, lo que equivale al ensamble de dos aerogeneradores por semana como mínimo. Nótese que el

²¹ Se aplicó la regla de origen local que establece la Ley N°27.437 de Compre Nacional y Desarrollo de Proveedores que es compatible con la definición de bien de origen nacional de la Resolución Conjunta Energía y Producción 1-E/2017 previamente comentada.

ritmo de producción en Brasil y otros mercados más desarrollados puede ser del doble o más que esta escala, favoreciendo su competitividad en costos.

Asimismo, potenció el crecimiento de empresas nacionales como:

- GRI CALVIÑO TOWERS ARGENTINA, fabricante nacional de torres de acero localizado en Florencio Varela, Provincia de Buenos Aires
- HAIZEA SICA, fabricante nacional de torres de acero localizado en la ciudad de Esperanza, Provincia de Santa Fe.
- PREAR, FABRI y PRETENZA, fábricas de torres de hormigón localizadas en Neuquén, Trelew y Bahía Blanca respectivamente.

Los primeros dos fabricantes recientemente vieron favorablemente influenciada la presencia de los tecnólogos con la exportación a Estados Unidos de torres realizada en los primeros meses de 2020.

Estas inversiones generaron en el sector más de 1.500 puestos de trabajo directos. La Fase 2 implicaría un escenario futuro del 45% de contenido local que surge de continuar incluyendo componentes de esa tabla como el sistema pitch, mecanizado de buje, radiador y sistema yaw según el cronograma que debería ser logrado en 2021. Lograr este nivel de integración resultaría de la instalación de empresas proveedoras pymes internacionales como HINE (País Vasco) y NORDMARK (Dinamarca) que están insertos en la cadena global de valor de los tecnólogos y especializadas en estos componentes. Este escenario se preveía que iniciara su vigencia a los fines del régimen de incentivos fiscales en enero de 2021. Sin embargo, la ausencia de subastas lo haría correr al menos 18 meses más. Ambas firmas habían ya mostrado un compromiso de radicación en Argentina bajo el supuesto de que se continuaría el programa de instalación de energías renovables que daría lugar a mayor demanda.

Las **Tablas 3 y 4** resumen los resultados de las relaciones técnicas referidas a los valores de costos de inversión, actividad y empleo por megavatio adicional de potencia instalada en los dos escenarios construidos. Nótese que dichos impactos serían significativamente menores de no haberse instrumentado la política de integración local.

TABLA 3. Inversión e impacto en el nivel de actividad por tecnología y escenario de integración, en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada

Indicadores de inversión y actividad (en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada)	Eólica I	Eólica II
Inversión (OC + CE) en millones de dólares/MW	1,60	1,60
Obra civil y montaje (OC)	0,51	0,51
Componentes electromecánicos (CE)	1,09	1,09
Actividad Industrial Total (AD+AI)	0,65	0,83
Actividad Directa (AD)	0,38	0,49
Actividad Indirecta (AI)	0,27	0,34
Operación y Mantenimiento *	11,13	11,13
Integración local	36%	45%
Integración efectiva local	24%	29%

Fuente: elaboración propia en base a Resolución 1-E 2018 Ministerio de Energía y Minería y Ministerio de Producción.

TABLA 4. Empleo adicional por megavatio adicional de potencia instalado

Indicadores de empleo (en empleo adicional por megavatio adicional de potencia instalada)	Eólica I	Eólica II
Empleo total (OC + CE + OyM)	3,16	3,50
Obra civil y montaje (OC)	1,40	1,40
Componentes electromecánicos (CE)	1,56	1,96
Operación y Mantenimiento (OyM)	0,20	0,20
Integración local**	36%	45%
Integración efectiva local ** (ajustada por valor agregado)	24%	29%

Fuente: elaboración propia en base a Resolución 1-E 2018 Ministerio de Energía y Minería y Ministerio de Producción.

* En dólares por cada unidad de megavatios por hora generado

**En porcentaje de integración de componentes nacionales

Los impactos socioeconómicos se concentran sobre el primer anillo de proveedores originado por la actividad directa en la compra de bienes electromecánicos que resulta de 0,38 millones de dólares por megavatios de potencia instalada en la Fase 1 y con un incremento a 0,49 millones de dólares por megavatios de potencia si ocurriera la Fase 2. A esto se suma el efecto indirecto de 0,27 millones de dólares por megavatios en la primera fase y, de 0,34 en la segunda fase que derrama en el segundo anillo de proveedores de partes y piezas requeridos para su integración. A mayor nivel del proceso de integración industrial se generaría un volumen adicional de actividad total (directo e indirecto) local de más de 200 mil dólares por cada megavatio generado.

Este adicional de derrame local se sumaría a los que ya se obtendrían –exclusivamente de manera local- por la inversión en la construcción y conexión a la red (0,59 dólares por megavatio en ambas fases) y por lo gastos de operación y mantenimiento de los parques eólicos (11,1 dólares por megavatio generado anual). Dicho de manera, la relevancia está en aquellos bienes industriales que generan un diferencial por su localización y su disputa por la generación de valor respecto a los que no compiten y su localización está asegurada.

El peso de la integración local sobre el total del aerogenerador determina su contribución al empleo en la cadena de valor eólica. Como se observa, el valor del indicador es más significativo respecto a los derrames que generaría si solo se ejecutara la obra civil y, más aún, el mantenimiento y operación del parque eólico, sin un escenario de base con demanda local en bienes electromecánicos.

El empleo industrial dado los niveles de integración aportan al sostenimiento del empleo entre 1,56 empleos por megavatio de potencia en la Fase 1 y de 1,90 por megavatio para la correspondiente Fase 2. Pasar de fase de integración lograría un incremento adicional de más de 300 empleos por 10 puntos porcentuales de mayor integración. El impacto del empleo en la etapa de obra civil aporta unos 1,40 empleos por megavatio, pero su efecto se agota transcurridos los 24 meses promedio que dura su construcción. El peso del empleo en la operación y mantenimiento del parque eólico durante su vida útil (20 años) tan solo genera 0, 2 empleos por megavatio siendo poco significativo en la cadena²². Es decir, una vez construido el parque, la operación es poco

²²En el caso del impacto del empleo en la construcción y montaje del parque eólico modelo se utilizaron las relaciones técnicas directas provistas por el trabajo de la Subsecretaría de Energías Renovables. Esta misma información se utilizó para la relación de empleo y mantenimiento y operación de un parque eólico con las características descriptas.

intensiva en empleo. En este aspecto los servicios de reparación de los componentes están involucrados en la misma concepción de la fabricación por lo cual se vuelve más relevante su localización en el tiempo.

Dicho de otra manera de cada 1.000 megavatio generado en la cadena de valore eólica- sin tomar en cuenta el aporte de la construcción en el transporte de las líneas de transmisión -el empleo oscilaría entre 3.100 y 3.500 (correspondiente a las fases 1 y 2) de los cuales la mitad (50%) se obtendrían del aporte de integración de los bienes de capital y sus componentes correspondiente a cualquiera de las fases de integración local. Es decir, el impacto de alcanzar niveles de mayor contenido local electromecánico permitiría un sostenimiento de empleo directo e indirecto en la cadena producción por las inversiones continuas de megavatio de avanzar en la generación de energía eólica. Este impacto se volvería más relevante prospectivamente con la incorporación a escala más masiva de inversión en megavatio en la generación eólica.

En definitiva, el sector eólico presenta importantes oportunidades para la industria metalmecánica argentina. La industria nacional cuenta con empresas que podrían convertirse en potenciales proveedores para continuar el proceso de integración local (estructuras metálicas de las turbinas, frenos, procesos de fundición y diversos componentes eléctricos).

La eventual radicación de fabricantes de palas no fue considerada para la prospectiva del sector, pero podría tener asidero técnico. Este componente pesa cerca del 20% de la integración, tiene un alto requerimiento de mano de obra y elevados costos de transporte. A priori, la escala local y la dinámica futura de desarrollo del sector eólico parecen insuficientes para que la radicación se justifique en el abastecimiento del mercado local, ya que deben producirse palas de viento de tres calidades. Sin embargo, la posibilidad de desarrollar reglas Mercosur para el mercado regional habilitaría a pensar un poco más allá de los escenarios base. Un esquema de complementación productiva con Brasil similar al ejercido en el complejo automotriz bajo especialización complementaria y reglas de cuotas comerciales entre ambos países, con el propósito de sustituir productos extrazona, aplica perfectamente a la fabricación de palas. Este tema queda abierto a consideraciones futuras de tecnólogos y actores clave del sector eólico y del ámbito de ejecución de la política pública de energía y producción.

También existen importantes oportunidades en el desarrollo de actividades intensivas en información como modelos de simulación, pronósticos de clima y viento y aquellas complementarias a las actividades de información de las redes inteligentes requeridas para administrar los parques para predecir la demanda de energías. Este conjunto de actividades derivadas de la economía de la información y el uso de tecnologías de propósito general son aspectos centrales en los futuros motores de innovación del sector. Los sistemas de control del parque, pasando de optimizar y mejorar la turbina individual a una estrategia de gestión de datos en red del control sistémico del parque es una fuente de retroalimentación de innovaciones en el diseño y manufacturas de la turbina y gestión y generación del parque. Cómo podría avanzarse en dirección a estos desarrollos es aún incierto, dado que gran parte de la demanda de estos servicios parte de los tecnólogos y suele estar fuertemente integrada dentro de unidades de negocio específicas de dichas compañías.

Energía Solar

Se consideró para la estimación de los impactos de esta tecnología un parque fotovoltaico representativo estándar de 50 MW (factor de uso entre 25% y 32%) con un plazo de construcción promedio de 24 meses. Sobre la base este modelo de parque solar se estimó una inversión de capital de 1,2 millones de dólares por megavatio de potencia instalada. La construcción del parque y el montaje de los paneles representan el 25%, mientras que la fabricación de los paneles solares implica el restante 75% del

costo total de emplazamiento de los parques²³. Una vez puesto en funcionamiento los parques, los gastos de operación y mantenimiento anuales unitarios se estimaron en dólares 6,39 por megavatio/hora generado (Subsecretaría de Energías Renovables, 2018).

Al igual que la energía eólica, la incidencia del transporte en los casos de líneas eléctrica exclusivas es significativa. Su incidencia en la cadena de valor es transversal a todos los emplazamientos y confluye una amplia gama de proveedores en la construcción y provisión de equipamiento como se enumeró en el apartado de eólico. Se utilizó el supuesto bajo la premisa de que el recurso solar del Noroeste (ventaja comparativa para generación de esta fuente de energía frente a otras zonas del país) se transporta hacia el Centro del país con una distancia de 600 km. Esto suma al costo de inversión 1,2 millones de dólares por megavatios de potencia instalada con la distancia supuesta propiciando derrames de equipos eléctricos que provee la industria nacional (38% de la inversión de componentes y equipos electromecánicos).

Los módulos fotovoltaicos²⁴ son determinantes en la cadena de valor cuyo peso es de 50 % respecto del costo total del panel. Para que su fabricación sea competitiva requiere de una alta escala de producción. Los otros dos grandes componentes son el *tracker* (seguidor) y la *power station* (transformador de potencia), las que representan el 20% y el 30 % restante del costo (**Tabla 5**).

El insumo principal para la fabricación de las celdas fotovoltaicas son los lingotes de silicio. La producción de silicio solar implica un proceso químico caracterizado por un importante consumo de energía, elevado grado de automatización de procesos (y por lo tanto capital inicial) y un rápido cambio tecnológico, lo que exige una inversión constante tanto en R&D como en maquinaria. Por lo tanto, las etapas inferiores de la cadena son la de mayor complejidad y de elevadas economías de escala generando obstáculos para generar empresas que integren verticalmente.

TABLA 5. Descomposición de componentes de panel solar

Área críticas	Componentes
Panel solar	Montaje de celda
	Terminación de panel
	Junction box
	Marco y vidrio
<i>Power station</i>	Inversor
	Transformador de potencia
	Sistema de supervisión y control
	Carcasa o envoltorio de la Power Station
	Equipos de Protección y maniobra en MT y BT
<i>Tracker</i>	Tubos
	Perfil (poste)
	Correas
	Conjunto de accionamiento
	Conjunto de control
	Elementos de fijación

Fuente: Elaboración propia en base a Registro de Proveedores de INTI-REPROER.

²³(U.S. Energy Information Agency (EIA), 2020)

²⁴ Energía que proviene del sol y se manifiesta como radiaciones luminosas, caloríficas y electromagnéticas. El panel solar es un conjunto de celdas fotovoltaicas que generan energía eléctrica partiendo de la luz que incide sobre ellos. La celda fotovoltaica es el dispositivo electrónico que al captar la energía luminosa permite transformarla en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico.

A nivel global se verifica un elevado proceso de concentración productiva en el sudeste asiático. Las empresas líderes en la fabricación de paneles alcanzan escalas productivas en torno a los 2 gigavatios anuales²⁵. Esta relocalización de las manufacturas hacia el sudeste asiático y China hizo que en la mayoría de los países se focalicen en la fase de instalación o de ensamblado con mayoría de componentes importados de origen chino²⁶, situación que incluye a países como Estados Unidos.

En este contexto, la limitación de una escala de producción que resulte rentable económicamente para la integración vertical y el avance tecnológico observado en la generación de energía fotovoltaica hacen que la perspectiva de integración nacional de componentes sea limitada. La organización global de la cadena de valor de paneles solares fotovoltaicos imposibilita la localización en Argentina, en etapas tempranas de producción, de la fabricación de vidrio templado y encapsulantes, y de piezas electrónicas para celdas e inversores, cuya fabricación se encuentra por cuestiones de escala y disponibilidad de insumos, radicada en mercados con demanda ya consolidada de estos productos. En estas condiciones, las posibilidades de producción local de generadores solares se iniciarán a partir de la integración local de los principales subconjuntos complejos que lo conforman.

En ese marco de situación de la cadena a nivel global y de condiciones internas de producción, se construyó un escenario factible de integración local considerando los resultados de la Ronda 1 y 2 del Programa RENOVAR (al igual que eólica) donde la potencia adjudicada resultó en más de 1.700 MW/h de potencia y con una integración nacional que en el mejor de los casos resultó en un 20%. Considerando la regla de contenido local vigente, se pudo estimar que la integración local efectiva alcanza el 7% (35% de contenido local sobre el 20% de los bienes que califican como nacionales según el Programa Renovar).

En definitiva, la estrategia más razonable para las empresas fue centrarse en los procesos productivos en los que las economías de escala resultan menos determinantes del costo y más eficientes de ser provistas localmente por sus costos de transporte: el ensamble (laminado de las celdas solares) y componentes del tracker como los perfiles y estructuras metálicas y algunos componentes eléctricos de accesorios. Nótese que la power station supone altos riesgos de sustitución por provisión local pues se trata de un componente sujeto a homologación del proveedor de celdas.

La **Tabla 6** resume los resultados de las relaciones técnicas referidas a los valores de costos de inversión, actividad y empleo por megavatio adicional instalado de potencia.

La cadena de valor solar es de baja diversidad en la cantidad de componentes intervinientes en la fabricación de un panel y está fuertemente concentrada en la fabricación de las celdas. Como se observa en la **Tabla 6**, el impacto total (directo e indirecto) es limitado en el mercado local (0,31 millones de dólares adicionales por megavatio de potencia instalada).

²⁵ La expansión de la capacidad de manufactura se concentra en China (13 GW), Vietnam, (5.2 GW), Malaysia (3.5 GW), Tailandia (2.7 GW), Taiwán (2.3 GW) y EE.UU. (1.3 GW) (Wood Mackenzie, 2020).

²⁶ La incidencia de los módulos solares en los costos ha declinado de 35% a un 20 % en 2020 (Wood Mackenzie, 2020)

TABLA 6. Indicadores de inversión, actividad y empleo prospectado en energía solar

Indicadores de Inversión y Actividad (en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada)	Solar
Inversión (OC + CE)	1,20
Obra civil y montaje (OC)	0,30
Componentes electromecánicos (CE)	0,90
Actividad industrial total (AD+AI)	0,31
Actividad directa (AD)	0,18
Actividad indirecta (AI)	0,13
Operación y mantenimiento *	6,39

Indicadores de Empleo (en cantidad de empleos por megavatio de potencia adicional instalada)	Solar
Empleo total	2,33
Obra civil y montaje (OC)	1,76
Componentes electromecánicos (CE)	0,37
Operación y mantenimiento	0,20
Integración local**	20%
Integración efectiva local (ajustada por valor agregado) **	7%

Fuente: Elaboración propia.
* En dólares por cada unidad de megavatios por hora generado
** En porcentaje de integración de componentes nacionales

Si bien los desarrolladores de los parques solares conectados a la red han sido empresas nacionales, prácticamente todos los paneles instalados hasta la actualidad son de origen extranjero. Existen algunas empresas que ensamblan paneles fotovoltaicos tales como LV ENERGY, LUMINS y CORADIR radicadas en San Luis, así como también SOLARTEC SA y LEDLAR SA, radicadas en La Rioja, pero son en su mayoría montadores (unen celda que ya viene con el power station incorporado, junto con el tracker) e instaladores²⁷. A esto se suman empresas nacionales electromecánicas que han desarrollado perfiles y estructuras metálicas de componentes para los *trackers* como SIDERSA (San Nicolás, Provincia de Buenos Aires) y Tubos Argentinos (Tigre, Provincia de Buenos Aires). Dentro de los componentes para el *tracker* podemos mencionar la existencia de 10 proveedores potenciales²⁸. En la parte de aparatos eléctricos tales como conductores, transformadores y tableros hay un mayor desarrollo de proveedores con posibilidades de abastecer a la cadena, ya que son transversales a todo el sector eléctrico.

El bajo nivel de integración local sobre el panel solar determina su limitada contribución al sostenimiento de empleo industrial dentro de la cadena de valor. Como se observa, la incidencia del empleo industrial representa tan solo el 15 % del total de la cadena (sumada obra civil y operación y mantenimiento). La intensidad del empleo industrial representa 0,37 ocupados por megavatios de potencia instalada adicional. En cambio, el 75% de la ocupación por megavatios de potencia instalada está

²⁷ Cabe destacar que si bien no existen plantas que integren la totalidad del proceso en el país, el grupo fotovoltaico de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) ha producido paneles de forma completa a escala piloto.

²⁸ Por nombrar algunas empresas como Corven, Galvanizados del Norte S.R.L. Galvanización Lanús S.R.L., IVANAR S.A., entre otras.

determinada por la ejecución de la obra civil durante los 24 meses de construcción del proyecto. El mantenimiento y operación del parque solar es poco significativa como sucede en la generación de renovable de alta potencia. Los requerimientos por unidad de potencia instalada son de 0,20 con baja intensidad durante el ciclo de vida de la central.

Dado que la posibilidad de que empresas nacionales realicen la totalidad del proceso productivo es limitada, para avanzar en la cadena de valor será necesario transitar por un proceso de aprendizaje. La ampliación de la escala de producción de los bienes y servicios que ya son provistos localmente muestra un mayor potencial para impulsar la actividad en el corto plazo que pensar en un proceso de sustitución de importaciones de mediano plazo. Prospectivamente se podría pensar en un escenario alternativo local, mejor al escenario alcanzado de 25% de contenido, pero no altera significativamente las proyecciones.

Energía Hidroeléctrica

La construcción del escenario hidroeléctrico está basada en el proyecto de Portezuelo del Viento (Provincia de Mendoza) (Escenarios Hidro II e Hidro III) con dos versiones de desagregación tecnológica y, en el actual proyecto en ejecución, del complejo hidroeléctrico Cóndor Cliff-La Barrancosa (Hidro I). En las centrales hidroeléctricas, a diferencia de las otras tecnologías descriptas en el apartado, es más complejo modelar una central promedio dado que son proyectos desarrollados a medida de las características hidrológicas de las cuencas. Esto genera además una necesaria diferenciación técnica para la fabricación de las turbinas, y pone un valor crítico al dominio de la ingeniería hidroeléctrica por sobre la fabricación de los componentes.

Los supuestos para la evaluación y construcción de un proyecto específico varían según tipo de tecnología utilizada (pesada/embalse/multipropósito). Las centrales de empuntamiento no tienen restricciones importantes en su despacho, ya sea por contar con un dique compensador u otro tipo de embalse que actúe como regulador aguas abajo, o por no tener requerimientos significativos aguas abajo. Esta característica hace que la principal diferencia entre uno y otro sea la generación media y, dependiendo de la magnitud del proyecto, el rango del costo de inversión en capital requerido para su emplazamiento.

La construcción del escenario de la central de “Portezuelo del Viento”²⁹ y, en especial, su desagregación tecnológica tiene algunas limitaciones dadas sus particularidades en cuanto a los componentes civiles de la obra –ruta, mudanza de un poblado, extensa línea de transmisión– con menor peso en cuanto a las turbinas, que son tres de 72 megavatios de potencia cada una y conforman el núcleo central de la cadena electromecánica para generar energía. Aun así, su costo de obra civil por megavatio de potencia instalada no es sustancialmente diferente al de otros proyectos típicos del sector, afectando menos el impacto sobre las estimaciones agregadas.

Asimismo, lo interesante de esta licitación –llevada adelante por el Gobierno de Mendoza desde su reasignación en 2019– es que no dejó de lado la participación de la industria nacional al ser financiada con recursos propios y el plazo de obra se estimó en 5 años. Se consideró un tamaño de central con capacidad de 216 megavatios de potencia y un costo de capital de inversión de 3,52 millones de dólares por megavatios de potencia instalada restando las obras complementarias particulares tales como los tendidos de líneas de transmisión de alta y media tensión y otras obras de infraestructura local (rutas y reubicación del pueblo). Esta inversión de capital se ubica dentro del rango de otros proyectos como Aña Cuá (brazo extensión de YACYRETÁ) y TAMBOLAR (San Juan) usando como fuente a la información de la Secretaría de Energía de la Nación.

²⁹ La información utilizada se basa la licitación que se dio a conocer en su oportunidad en el momento de presentación del pliego.

Para el complejo Hidroeléctrico Cándor Cliff-La Barrancosa -emplazado en Santa Cruz- se consideró una central de capacidad de 1260 MW de potencia y 5 años de construcción. El costo estimado de capital requerido para este complejo que actualmente está en construcciones de 3,04 millones de dólares por megavattios de potencia y cuenta con financiamiento de China. Este proyecto se origina en el marco del Acuerdo de Cooperación Económica con China (2014) donde en la construcción de ambas represas solo exige como contenido local el cemento y se construyen bajo la modalidad “llave en mano”, es decir, bajo la provisión completa de los componentes desde el país de origen del financiamiento. La condición del pliego no estableció una regla de contenido local para generar una reserva de mercado para la compra de bienes electromecánicos, y tampoco permitió la aplicación de la Ley N°27.437 de Comercio Argentino y Desarrollo de Proveedores que otorgaba preferencia en precio y la exigencia de acuerdos de cooperación productiva al tratarse de un acuerdo bilateral por encima de las leyes nacionales.

En este contexto, los escenarios construidos parten de un modelo hipotético-Portezuelo del Viento-, que actualmente no está en ejecución, apoyándose en capacidades existentes de integración nacional que nos permite proyectar el “mejor escenario posible” de activarse con ese nivel de contenido local. Además, se consideró alternativamente otro escenario con un bajo grado de contenido local que solo impacta en la etapa de construcción, pero no genera derrames en las inversiones electromecánicas provenientes de la financiación china como lo es el más importante actualmente en construcción-Cándor Cliff-La Barrancosa. Finalmente, se construyó un escenario intermedio de integración entre ambas alternativas mencionadas.

Volviendo al caso de Portezuelo del Viento, la construcción y montaje representan un 75% del total proyecto y los bienes de capital y electromecánicos críticos para la generación de energía representan el 25% restante³⁰. Las turbinas y el generador son equipos con alto grado de sofisticación tecnológica que requieren un armado a medida de la variabilidad hídrica de la cuenca para genere un mayor rendimiento y potencia unitaria de la turbina.

Bajo esta desagregación se construyeron tres escenarios de contenido local sobre la composición de los bienes electromecánicos. El primer escenario está basado en la integración nacional sólo del cemento en las represas correspondientes al complejo Cándor Cliff-La Barrancosa. Otro escenario comprende los bienes electromecánicos claves desde el punto de vista tecnológico como la turbina y generador. El tercer escenario comprende la integración de bienes que tienen competencia internacional pero necesariamente se proveerán de manera local y no representan el núcleo tecnológico de generación de energía de la central. Un ejemplo de esto último es el cemento que representa más del 22% de todos los bienes identificados.

Los tres escenarios son los siguientes:

- **Hidro I:** Solo el cemento de la obra civil es nacional.
- **Hidro II:** Sólo fabricación de insumos básicos y bienes industriales para la construcción y obra civil y accesoria de las turbinas de menor sofisticación relativa fabricados localmente (46% de bienes nacionales, con una integración efectiva del 27,6%).
- **Hidro III:** Fabricación de turbina y generador nacional (68% bienes nacionales, con una integración efectiva del 40,8%).

La **Tabla 7** presenta la desagregación tecnológica de los bienes críticos electromecánicos que componen el proyecto de construcción de la central hidroeléctrica de “Portezuelo del Viento”.

³⁰ No se incluyeron los bienes locales en la construcción como el cemento que representa la mayoría de los bienes usados en la construcción de la obra que de por sí se proveen localmente

TABLA 7. Desagregación tecnológica de suministros de componentes electromecánicos del Proyecto Portezuelo del Viento

Equipos y Componentes Electromecánicos	
	Compuertas
	Turbinas
	Generadores
	Equipos de izaje, tuberías, válvulas, rejas y otros bienes
	Transformadores
	Sistemas eléctricos auxiliares
	Equipos y componentes electromecánicos

Fuente: Documento de Proyecto "Portezuelo del Viento".

TABLA 8. Inversión e impacto en el nivel de actividad, empleo e integración, por escenario de tecnología hidroeléctrica, en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada

Indicadores (en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada)	Hidro I	Hidro II	Hidro III
Inversión (OC + CE)	3,04	3,52	3,52
Obra civil y montaje (OC)	2,13	2,59	2,59
Componentes electromecánicos (CE)	0,91	0,93	0,93
Actividad Industrial Total (AD+AI)	0,08	0,73	1,07
Actividad Directa (AD)	0,05	0,43	0,63
Actividad Indirecta (AI)	0,03	0,30	0,44
Operación y Mantenimiento*	12,1	12,1	12,1

Indicadores de Empleo	Hidro I	Hidro II	Hidro III
Empleo total	5,98	7,32	7,74
Obra civil y montaje (OC)	5,26	5,38	5,38
Componentes electromecánicos (CE)	0,32	1,52	2,24
Operación y mantenimiento	0,42	0,42	0,42
Integración local**	10%	46%	68%
Integración efectiva local (ajustada por valor agregado)**	6%	28%	41%

Fuente: Elaboración propia.
* En dólares por cada unidad de megavatios por hora generado
** En porcentaje de componentes nacionales sobre el total

En el escenario de Cóndor Cliff-La Barrancosa (Hidro I) la obra civil tiene un peso muy significativo y representa el 90% del costo de capital. En cambio, la compra de bienes electromecánicos-si bien no existen condiciones de obligación en la licitación- podría no superar el 10% de contenido local (algunos accesorios menores podrían alcanzar ese guarismo) y que daría cuenta del aporte real al empleo industrial de las represas actualmente en construcción en Santa Cruz.

Nótese que en todos los escenarios de integración local (Hidro I, II y III) se consideró un valor agregado promedio de las partes del 60% de valor bruto de producción, similar al mínimo exigido en las licitaciones y en la Ley N°27.437 para ser considerado “componente nacional”, como nivel de integración estándar de los componentes³¹.

La **Tabla 8** resume los resultados de las relaciones técnicas referidas a los valores de costos de inversión, actividad y empleo por megavatio de potencia instalado en los escenarios construidos.

Como se observa en la **Tabla 8**, se verifica un alto impacto en la actividad local directa en los proyectos hidroeléctricos correspondientes a los escenarios Hidro II y III (Portezuelo del Viento). Esta está en un rango de 0,43 y 0,63 millones de dólares por megavatio de potencia instalada dependiendo de los niveles de integración local. El efecto indirecto sobre su cadena de proveedores se ubica en el rango de 0,30 y 0,44 millones de dólares adicionales por megavatio de potencia instalado. En estos escenarios, la participación de la firma IMPSA, como tecnólogo nacional líder en el desarrollo de turbinas hidroeléctricas, es determinante en los niveles de integración nacional alcanzables en cualquier proyecto hidroeléctrico futuro. Es el único proveedor a nivel regional que ha desarrollado todas las capacidades para participar y ejecutar este tipo de proyectos. Esta capacidad tecnológica y de gestión de los proyectos construida a lo largo del tiempo le permitió acceder y ganar contratos a nivel internacional³² y alcanzar niveles de exportación superiores al 80% de su facturación.

Se trata de un mercado idiosincrático -pocos proveedores de los bienes en esta etapa, se trabaja por proyectos y turbinas a medida de cada obra- y su exportación despierta la atención de los fabricantes en las licitaciones públicas de estas grandes obras de infraestructura energética donde los contratistas y/o diseñadores de los proyectos están integrados en toda la etapa del proceso (desde el diseño e ingeniería hasta la provisión de equipos de capital) o generan alianzas con los tecnólogos de estos equipos especiales.

A nivel internacional podemos nombrar dos competidores directos como la Alemana VOITH HIDRO LTH³³ (con filial ubicada en Brasil) y la China GEZHOUBA GROUP COMPANY LIMITED³⁴ que participan en distintos proyectos a nivel mundial. En general existe una ventaja de costos de los fabricantes chinos sobre lo no-chinos que deviene de la mano de obra y beneficios de los costos de materiales³⁵. En este caso, la incidencia de los equipos fabricados localmente sobre el costo de capital representa un 5% si proviniera de fuera del Mercosur.

Por su parte, el escenario de Hidro I (Cóndor Cliff-Barrancosa) con una mayor incorporación de potencia hidroeléctrica proyectada (1.260 megavatios) implica un muy bajo derrame sobre el mercado local de bienes electromecánicos. El impacto de la actividad total (directa e indirecta) tan solo llega a alcanzar los 0,08 millones de dólares por megavatio de potencia instalada.

³²IMPISA es la única empresa en América Latina que ha integrado todas las etapas de ejecución de grandes proyectos que va desde el diseño e ingeniería del proyecto hasta la fabricación de los equipos de capital para la central. Asimismo, ha ganado licitaciones en otras regiones o exportado los equipos para proyectos de esta envergadura. En Argentina participó en Piedra del Águila y, en el exterior, en países tales como: BAKUN (Malasia), PORCE III (Colombia), KALAYAAN II (Filipinas), MACAGUA (Venezuela).

³³Los proyectos que participo a nivel internacional son: EASTMAIN 1-A (Canadá), TRES GARGANTAS (China), OMKARESHWAR (India), ITAIPU (Brasil)

³⁴ La empresa China participo en el proyecto de CENTRAL NEPAL (India).

³⁵ La diferencia de precio en a los materiales a favor de los fabricantes chinos sobre los no-chinos está aproximadamente entre el 16% y 20%.

Respecto al empleo, la magnitud de estos grandes proyectos de infraestructura tiene un alto impacto de la construcción y montaje, sin considerar los niveles de integración local, y serán determinantes en la creación de empleo por potencia adicional de megavatios. La obra civil, en todos los proyectos, ocupa entre 5,20 y 5,4 ocupados por megavatios de potencia durante la etapa de su construcción. En cambio las operaciones de mantenimiento de las centrales de este calibre son de bajos requerimientos de empleo (0,42 empleos por megavatios). El diferencial de empleo a lograr entre los proyectos está vinculado a las posibilidades efectivas de integración local de los bienes más complejos electromecánicos. Los resultados verifican el alto impacto en el empleo industrial en los escenarios Hidro II y III con requerimientos de empleo oscilan entre 1,52 y 2,24 por megavatios de potencia con respecto al escenario de Hidro I con 0,32 empleo por megavatios generado con casi nula integración efectiva.

Para ponerlo en otros términos, la energía hidroeléctrica es un vector de desarrollo industrial siempre que involucre a tecnólogos nacionales –actuales o futuros – en la construcción de los proyectos, algo que por los próximos años se verifica en proyectos pequeños en cuanto a la potencia instalada (TAMBOLAR y Portezuelo del Viento, de 70 y 216 megavatios de potencia respectivamente). No son proyectos en los que la cadena de valor electromecánica genere un gran volumen de empleo, pero sí son determinantes en la calidad de la mano de obra ocupada, en las horas-persona de diseño e ingeniería incorporado, generación de tecnología y la interacción de la relación entre usuario-cliente que potencia la cadena de proveedores vinculada a su fabricación y posterior servicio de reparación y mantenimiento. A nivel internacional la competencia por colocar estos equipos y participar en el mercado mundial hace que la disputa por participar en las licitaciones globales sea un activo geoestratégico.

Energía Nuclear

La energía nuclear³⁶ aporta el 10% de la generación de energía eléctrica mundial. En los países desarrollados alcanza el 18%. En 2018 había 391 GW de capacidad instalada en 448 reactores nucleares activos a nivel global y existían 59 reactores nucleares en construcción y otros 86 planificados, ambos por un total de 160 GW de potencia.

Una particularidad es que la continuidad se da casi exclusivamente en Asia, mientras que el resto del mundo realiza muchos menos desarrollos. El bajo crecimiento a nivel mundial a pesar del desempeño en Asia se da por el abandono de centrales nucleares en los países occidentales. China, Corea del Sur y en menor medida Canadá, continúan ampliando su oferta nuclear. Estados Unidos y Francia siguen siendo los principales actores de mercado en capacidad instalada, seguidos de Japón y Rusia. Alemania y España han decomisado la mayoría de las centrales o se encuentran en proceso de hacerlo³⁷. Los procesos involucrados en la generación de energía nuclear son específicos para este tipo de energía. El primer paso consiste en la minería y concentración de uranio para luego realizar la conversión y el enriquecimiento de este con los reactores.

Argentina tiene una alta tradición vinculada a la actividad nuclear que comienza en los años 60 con la conformación de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)^{38y39}. En 2009, luego de varios años de inacción, se reactivó el plan Argentino Nuclear (Ley

³⁶ La energía nuclear se genera a través de la fisión que produce calor elevando la temperatura del agua a 365 grados convirtiéndola en vapor que se utiliza para generar la electricidad.

³⁷ Un informe de IEA (Nuclear Power in a Clean Energy System, 2019) dedicado a la energía nuclear, plantea que los obstáculos para invertir en energía nuclear en las economías desarrolladas han desalentado este tipo de grandes proyectos de infraestructura. Existe una real dificultad para movilizar las inversiones requeridas sin apoyo estatal, los largos tiempos de construcción, el riesgo de mayores sobrepuestos y sobre plazos tiene desventaja en un entorno regulatorio de mayor competencia tecnológicas y esfuerzos de descarbonización de la matriz de generación eléctrica.

³⁸ En 1961 con un acuerdo firmado por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina, ADIMRA) crea el Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI) con el objeto de consolidar y garantizar el desarrollo de la industria metalúrgica nuclear en el país.

³⁹ La Ley N°24.804 del año 1997 reordena el marco normativo de la actividad nuclear al disponer que puede ser realizada únicamente con fines pacíficos. Además, asigna la política nuclear al ámbito del Estado Nacional, quién fija y desarrolla las funciones de Investigación y Desarrollo a través de la Comisión Nacional De Energía Atómica (CNEA), y las de Regulación y Fiscalización por medio de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN).

Nº26.566) que había sido anunciado en 2006. Su eje principal consistía en consolidar la opción nuclear como fuente de generación eléctrica y la ampliación de la aplicación de las tecnologías nucleares a la salud pública (Centro de Medicina Nuclear y Radioterapia), el agro y la industria.

El complejo nuclear, liderado por la CNEA en conjunto con la empresa estatal Nucleoeléctrica Argentina Sociedad Anónima (NASA), incluía la terminación de la central Atucha II y la extensión de la central Embalse. Además, el gobierno argentino se encontró negociando la construcción de una central nuclear de diseño y tecnología canadiense (CANDU) que ya fue descartada, y de otra central nuclear con diseño y tecnología propietaria de la firma CNNC de la República Popular China, denominada Hualong-I, bajo tecnología *Pressurized Water Reactor (PWR)* y de tercera generación, de 1150 megavatios de potencia que tiene un principio de acuerdo entre ambos países.

En paralelo, se encuentra en pleno desarrollo un prototipo de reactor modular pequeño bajo el nombre Central Argentina de Elementos Modulares –conocido como CAREM– consistente en el desarrollo reactores de 25 a 32 megavatios de potencia que pueden ser desarrollados solos o juntamente con otros módulos. Además, la CNEA tiene bajo su órbita la planta de Atucha II que genera uranio levemente enriquecido y también tiene a su cargo una planta de producción de agua pesada⁴⁰.

En 2017, los convenios multilaterales firmados con la República de China establecieron las bases para la construcción de una nueva central nuclear de tecnología Hualong One o HPR 1000 de 1150 megavatios de potencia nominal, reactor de agua presurizada y uranio enriquecido en las condiciones del Acuerdo Marco firmado en 2014⁴¹. China ha basado su expansión nuclear sobre la base de la transferencia tecnológica de los países con historial nuclear, al adquirir los principales modelos de los desarrollos de Francia, Canadá, Rusia y Estados Unidos. El tipo de modelo Hualong One o HPR1000 ofrecido en el acuerdo es similar al desarrollado para Estados Unidos.

En base a las características del proyecto para la construcción de la central nuclear de referencia se consideró una demanda una inversión de capital de aproximadamente de 6.780 millones de dólares con una potencia de 1.150 megavatios con financiamiento de 85% de China condicionado a determinadas cláusulas de contenido local. Se considero una vida útil de alrededor de 60 años y un promedio de construcción de 7 años. Este valor de inversión surge de información oficial de la Secretaría de Energía en proyectos similares en otras latitudes de Occidente. Sin embargo, producto de la complejidad de la construcción de las centrales y las modificaciones de ingeniería y diseño (EPC) la inversión se ubicaría en torno a los 8.000 millones de dólares⁴².

Según la última información oficial accesible a la fecha de producción de este documento y sus estimaciones, el pliego establecía una reserva de mercado para la industria nacional en torno a los 500 millones de dólares, es decir, el equivalente a aproximadamente el 15% de los componentes electromecánicos que opera sobre la parte del financiamiento condicionado. Sin embargo, Nucleoeléctrica Argentina informó que se encuentra en negociación un contenido local del 40%⁴³.

⁴⁰ En su momento se estimaban escenarios que oscilaban entre 18 % y 23% de penetración nuclear dentro de la matriz energética.

⁴¹ En 2018 se suspende el acuerdo con China en la construcción de la central con diseño canadiense (CANDU) en su momento llamada 4ta central. La construcción de ambas centrales demandaba una inversión de aproximadamente US\$ 14.000 millones, de los cuales el 85% serán financiados por un crédito chino, liderado por el banco ICBC, que tenía un plazo de 20 años, con una tasa de interés preferencial y con un período de gracia de 10 años, por lo que se empezaría a pagar cuando la primera central nuclear se ponga en marcha.

⁴² Independientemente del costo final, la experiencia indica que la mayoría de las centrales nucleares observan sobre costos y amplios retrasos de plazos en su ejecución. La probabilidad de sobrecostos está asociada con la complejidad de la tecnología con un atraso en los plazos de ejecución de entre 19 a 24 meses.

⁴³ Uno de los puntos en discusión es que si se negocia una mayor participación de la industria nacional, el proyecto deja de ser Llave en Mano y CNNC no garantiza el costo de la inversión total de la Central. Por otra parte, la construcción de la denominada "Isla Nuclear" con componentes nacionales daría un protagonismo a la industrial local tecnológicamente muy significativo.

De sostenerse el primer escenario, se verifica una diferencia con el proyecto de la central Hualong PWR del proyecto desarrollado con tecnología canadiense en la central de Embalse y la central de Atucha II que fueron desarrollados con niveles de contenido local significativamente mayores a los hasta aquí especificados. Sin embargo, como fuera mencionado, a la fecha de elaboración de este documento, se estaba intentando elevar el nivel de contenido local mínimo de la central Hualong, motivo por el cual la estimación de este trabajo consideró una integración del 20%, siendo conservadores respecto del objetivo que se negociaba según las fuentes consultadas⁴⁴.

Tal como se realizará respecto a las otras tecnologías, se ajustó el valor agregado en cada componentes y partes y piezas (descontamos la parte importada) con el supuesto de la regla de contenido local basada en la Ley N°27.437 de compra nacional y desarrollo de proveedores, lo que resulta en una integración efectiva del 12%. A grandes rasgos, la central nuclear está compuesta por la isla (módulo) nuclear –con diseño y componentes críticos principalmente provenientes de China que requiere certificaciones ASME donde se ubican los equipos claves para la generación (por ejemplo, los reactores y la isla convencional) –que contienen una gran cantidad de bienes electromecánicos de soporte y complementarios al núcleo central y tienen mayores posibilidades de proveedores locales. A esto se suma para los módulos técnicos y administrativos la provisión de equipamiento mecánicos, eléctrico y montaje.

TABLA 9. Suministro de componentes y servicios locales en base a modelo CANDU con capacidad de ser abastecidos localmente

Áreas críticas y componentes
Internos al reactor: generadores de vapor y cañerías
Calderería: diversos tanques tratamiento de aguas
Cañerías, tubos y accesorios
Estructuras y soportes: perfiles estructurales, esclusas, pisos y plataformas, etc.
Grúas, pórticos y monorraíles
Sistema eléctrico
Instrumentación y control
Sistemas de ventilación
Aislaciones
Bombas
Válvulas
Tratamiento de agua
Blindaje
Servicios de montaje, complementarios e ingeniería

Fuente: Elaboración propia en base a información de ADIMRA.

⁴⁴ De alcanzarse el 40% de contenido local se sumarían 2.500 empleos industriales más a la estimación efectuada.

Es importante destacar que, en el caso de la línea de reactores nucleares de potencia, (aquellos que generan la núcleo-electricidad) la CNEA optó por la tecnología de reactores del tipo PHWR, que son aquellos cuyo combustible es el uranio natural y emplean para la moderación y refrigeración agua pesada. De esta forma se independiza de los países productores de uranio enriquecido para reactores de tecnología PWR.

La oferta incluye también el suministro del combustible nuclear, tanto de la carga inicial como las subsiguientes, hasta tanto la CNEA sea capaz de fabricar su propio combustible. Este es un elemento novedoso del acuerdo: la transferencia de tecnología para la producción de elementos de combustible nuclear es un elemento crítico para elevar conocimientos en el sector y promover una mayor autonomía productiva en torno a la tecnología nuclear. Dicha transferencia de tecnología implica el derrame de 320 millones de dólares al mercado local pero además la autonomía de fabricación y el dominio tecnológico del combustible. La empresa CONUAR será beneficiada del acuerdo de transferencia. En ese caso CNNC seguirá siendo el proveedor de uranio enriquecido, materiales de circonio y los demás componentes necesarios para la producción de combustible de la central nuclear. Más allá de la importancia estratégica de la transferencia, a los efectos del ejercicio no se modeló el uso de combustible que en su mayoría será provisto por la CNNC china. Además, la reinstauración de la planta de producción de uranio existente en la empresa pública DIOXITEK (conversión de uranio) y la puesta en funcionamiento de la planta de agua presurizada ENSI (empresa pública de la provincia de Neuquén), ambas empresas muy especializadas y dependientes del sector, serán beneficiadas en esta etapa⁴⁵. La **Tabla 10** resume los resultados de las relaciones técnicas referidas a los valores de costos de inversión, actividad y empleo por unidad de megavatio generado para la central nuclear con tecnología Hualong.

TABLA 10. Energía Nuclear: Inversión, impacto en el nivel de actividad y empleo del escenario de integración

Indicadores (en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada)	Nuclear PWR
Inversión (OC + CE)	6,78
Obra civil y montaje (OC)	3,73
Componentes electromecánicos (CE)	3,05
Actividad Industrial Total (AD+AI)	1,04
Actividad Directa (AD)	0,61
Actividad Indirecta (AI)	0,43
Operación y Mantenimiento*	13.90*

Indicadores de empleo (en nuevos empleos por megavatio adicional instalado de potencia)	Nuclear PWR
Empleo total	8,69
Obra civil y montaje (OC)	6,09
Componentes electromecánicos (CE)	2,17
Operación y Mantenimiento	0,43
Integración local**	20%
Integración efectiva local** (ajustada por valor agregado)	12%

Fuente: Elaboración propia.
* En dólares por cada unidad de megavatios por hora generado
**No incluye combustible en el gasto de operación y en porcentaje de componentes nacionales sobre el total

⁴⁵ CONUAR, DIOXITEK y ENSI son empresas medianas-grandes y muy especializadas del primer anillo del núcleo de la cadena de valor y en conjunto tienen una dotación de 1000 empleados a la fecha del documento.

Con este escenario de integración local, la inversión en componentes electromecánicos representa alrededor del 50% del proyecto de inversión que equivale a 3,05 millones de dólares por megavatio de potencia instalada de la central. Por su parte el restante 50% corresponde al costo de inversión de la obra civil y montaje de la planta y los diferentes módulos administrativos y de operación. Esto implicaría un impacto directo sobre la cadena núcleo-electromecánica local de 0,61 millones de dólares por potencia instalada y, un indirecto con impacto en el segundo anillo de proveedores de 0,43 millones de dólares por adicional de potencia.

Entre los proveedores potenciales se encuentra 13 empresas que pueden proporcionar equipamiento mecánico y otras dos de equipamiento eléctrico con posibilidad de cumplir los certificados de calidad de CNNC con norma nacional CSN e internacional de la OIE, si bien todos estos componentes no son esenciales. Solo IMPSA tendría las certificaciones necesarias para proveer producto de acero con sello ASMEN. El contrato y las discusiones iniciales no especifican cuánto de los materiales y el montaje será en sitio y cuánto pre montado y modularizado en origen. Dentro de la cadena de manera potencial podemos ubicar alrededor de 70 empresas pequeñas y medianas que en su gran mayoría no son especializadas pero que tienen capacidades para aprovechar su demanda puntual y poder avanzar en su escalamiento.

La cadena de valor aporta un gran volumen de empleo debido a su alto nivel de inversión inicial y por la cantidad de módulos y bienes electromecánicos que requiere este tipo de proyectos de gran porte. El total de la cadena genera 8,69 nuevos empleos adicionales de potencia instalada donde el 70 % se concentra en la etapa de obra civil (6,09 empleos por megavatio adicional de potencia) que se agota en la etapa de construcción.

Con este escenario actual de integración efectiva, la cadena núcleo-electromecánica aporta un 36% al empleo total (un coeficiente de 2,17 empleos nuevos por megavatios de potencia). Estos niveles de empleo industrial escalarían si suponemos un escenario intermedio de integración local, basado en lo conseguido por la central de Embalse y la de Atucha II (con tecnología CANDU), pasando a generar 4,72 empleos por megavatios de potencia. Por último, durante el ciclo de vida de la central, las operaciones de mantenimiento y reparación aportarían 430 empleos permanentes.

Suspender o discontinuar estos proyectos podría impactar negativamente en el normal desarrollo de la industria nuclear metalúrgica, en la generación de puestos de trabajo calificados, en el *know-how* adquirido a lo largo de 57 años que han transcurrido desde la creación del SATI. La decisión de inversión puede no estar basada en el precio ofertado sino en un marco más integral de requerimientos de integración de capacidades tecnológicas y proveedores locales del sector nuclear local, en vista a los proyectos de desarrollo del CAREM y de la producción local de combustible en base a uranio enriquecido. La continuidad de dicha trayectoria tecnológica implica fortalecer las capacidades y vínculos de los diferentes actores involucrados en el sistema de innovación nuclear (CNEA, INVAP, NASA y red de centros tecnológicos).

En perspectiva de tecnología nuclear, la transferencia tecnológica propuesta por China resulta en una ventaja relevante como puente, sobre todo si el proyecto CAREM puede ser desarrollado con éxito. Esto significaría adquirir las tecnologías para producir combustible con uranio enriquecido y obtener los diseños de centrales de última generación que pueden ayudar a mejorar el proyecto para hacerlo competitivo y exportar. El desarrollo del reactor CAREM-25 implica la construcción de bloques de 120 megavatios de potencia modulares con diseño propio local y con suministros superiores al 70% de los equipos y componentes electromecánicos y montaje 100% local.

A su vez, el uso de la tecnológica nuclear permite un puente para poder aplicar y diversificar a otros sectores y/ actividades⁴⁶. Este fue el caso emblemático de INVAP que utilizó la tecnología en reactores de investigación y radioterapias (salud) para escalar al sector satelital. También sucede lo inverso: salvo excepciones, la mayoría de las empresas especializadas en lo nuclear provienen de la cadena de hidrocarburos que aprovechan estos picos de inversión en grandes proyectos para diversificar y ampliar su escala (empresas de gran porte, como AESA, podrían ser potenciales proveedores apuntando a lateralizar e invertir en certificaciones especiales nucleares).

Energía térmica y provisión de gas asociada

La construcción de una central térmica de ciclo combinado⁴⁷ (en adelante, CC) presenta ventajas de costos por su alta eficiencia y aprovecha la escala de transporte existente. La decisión de localización es en boca de pozo o en el extremo de un gasoducto existente, cerca de la demanda, aprovechando la mayor eficiencia de este método de transporte respecto de las líneas de transmisión eléctrica, y disminuyendo el requerimiento de grandes extensiones de LTE como en las de energía no convencional⁴⁸.

El ejercicio se realizó para una central térmica de 848 megavatios de potencia con la consideración de que esta tecnología puede tener una vida útil de 30 años⁴⁹. El costo de inversión de capital es de 1,09 millones de dólares por megavatio de potencia. La construcción y montaje de la central representa el 20% con un valor de 220 mil dólares por megavatio considerando un plazo de ejecución de 36 meses. La inversión en los bienes electromecánicos equivale a aproximadamente 870 mil dólares por megavatio de potencia instalada que representa el 80 % de la inversión. Respecto al costo de transporte no se incluyeron los costos de transporte de las líneas de transmisión ya que no son relevantes al usar las líneas existentes y al suponer la utilización de los gasoductos existentes con lo cual el costo marginal solo podría ser razonable en un escenario de maximización de CC en la matriz energética para la ampliación de potencia eventual.

La CC utiliza el gas como insumo durante su vida útil para la generación eléctrica. Entonces, a diferencia de las otras tecnologías, se le agrega el impacto en la producción de gas a lo largo de su vida útil considerando la oferta del recurso en Argentina y no su uso con gas importado. En este sentido, se consideró que el gas utilizado para el funcionamiento de la central térmica proviene de los yacimientos no convencionales de Vaca Muerta por su relevancia en el volumen de actividad y empleo y, por su importancia estratégica, en el desarrollo de la cadena de valor presente y futura.

Vaca Muerta es considerada la segunda reserva mundial de gas no convencional y la cuarta en petróleo concentrada en un área de 36.000 kilómetros cuadrados. Las reservas y el potencial son significativos ya que, según la EIA, conserva el 84% de las reservas técnicas de *shale* (270 TCF de gas y 16.2 billones de barriles de petróleo técnicamente recuperables). Actualmente es una cuenca que se encuentra en el 3% de

⁴⁶En medicina para utilización de radioisótopos aplicados al área de salud para el diagnóstico y tratamiento del cáncer. En la agricultura la utilización de radioisótopos para estudiar la erosión y calidad del suelo. En servicios la planta de irradiación de la CNEA es utilizada por ramas del agro, la industria y la ciencia, para conservar alimentos y esterilizar distintos materiales, entre otros y para metrología de las radiaciones. Por último, en investigación aplicada la utilización para monitoreo ambiental, estudio de rayos cósmicos, producción de paneles solares para satélites, esclarecimiento de causas judiciales, estudio de obras de arte y desarrollo de nanotecnologías, entre otros.

⁴⁷Una central de ciclo combinado es una central eléctrica en la que la energía térmica del combustible se transforma en electricidad mediante dos ciclos termodinámicos: el correspondiente a una turbina de gas, generalmente gas natural, mediante combustión (ciclo Brayton) y el convencional de agua/turbina de vapor (ciclo de Rankine).

⁴⁸ Cabe destacar que no se contempló la ampliación eventual de gasoductos necesaria para ampliar la oferta térmica, inversiones que agregarían miles de empleos derivados de su construcción y la manufactura de tubos sin costura de fabricación nacional. Al respecto, la necesidad de ampliar la red de gasoductos deriva no sólo de la ampliación de la energía térmica sino del crecimiento del complejo de exportación de hidrocarburos basado en Vaca Muerta.

⁴⁹ Se utilizó información del estudio de (U.S. Energy Information Agency (EIA), 2020)) que modela los costos de inversión para una central térmica promedio y datos provistos por la Secretaría de Energía.

su potencial explotado y aún con baja relevancia a nivel internacional en el mercado mundial⁵⁰.

Nótese que en este escenario se considera sólo la fracción producida del gas no convencional que se destina a la de generación de electricidad, siendo esta tan solo el 10% de la producción total de gas no convencional. En otros términos, esta estimación capta tan sólo una parte del impacto de Vaca Muerta que, como mencionamos, es mucho más significativo y relevante que solo como fuente de generación de electricidad⁵¹.

El costo de capital para la producción de gas para alimentar la central de ciclo combinado estimado es de u\$s 1.869.181 por la potencia generada. Este valor fue estimado con datos de un pozo modelo de Vaca Muerta que representa una inversión en capital de u\$s 11 millones de dólares, considerando una producción de 283 millones de m³ por pozo (Secretaría de Energía, 2019)⁵². Con esta información se consideró necesario el equivalente a la producción de 4,8 pozos de Vaca Muerta para alimentar a la central térmica resultante una cantidad de 144 pozos perforados para toda su vida útil de 30 años. En el caso del gasto de operación y mantenimiento (OPEX) se estimó el 50% de los costos de inversión en capital (CAPEX) de la vida útil de un pozo de gas promedio con información de las operadoras⁵³. Este gasto representa 31,15 dólares por megavatio anuales con impacto local en empresas de servicios que están localizadas en las zonas de influencia de operación de los pozos.

En la **Tabla 11** se exponen los resultados de relaciones técnicas de la actividad local y empleo producto del escenario de integración local. A modo expositivo se separó las estimaciones de la central de ciclo combinado y el uso del gas no convencional que se utiliza como combustible para la central en su vida de ciclo. La combinación de ambas modelizaciones resulta del promedio de los indicadores como se observa en la siguiente tabla.

En el caso de la central de ciclo combinado, se consideró un contenido local del 20% de la central como punto de partida ya que no se verifica participación de la industria nacional en la provisión de los principales componentes de mayor sofisticación tecnológica –tales como el generador de vapor y la turbina de vapor y gas- en las últimas centrales instaladas. La producción local está focalizada en componentes menos críticos y de menor escala como los componentes eléctricos de los generadores, montaje y armado de los módulos, tuberías, estructuras metálicas y condensadores. A dichos componentes se los ajustó en su valor bruto de producción a la regla de contenido local del Régimen de Compre Argentino y Desarrollo de Proveedores (Ley N°27.437) que establece que un 60% del valor de materias primas y partes y piezas sobre el precio final ex-fábrica debe ser producido en el territorio nacional para imputarse como bien nacional. Con este reajuste del valor agregado que se incorpora a las partes y piezas locales, la integración efectiva aplicada al empleo es de 12%.

⁵⁰ En los últimos años, el crecimiento de los recursos no convencionales permitió compensar la caída de los convencionales en el total de producción del sector. La producción no convencional representa alrededor de 20% del gas y de 7% en petróleo respectivamente del total. Desde el inicio de su desarrollo hasta la actualidad, la inversión declarada en el recurso no convencional fue de alrededor de más de 10 mil millones de dólares (68% exploración y 28% explotación) lejos de los necesarios para el desarrollo pleno de todo su potencial. El nivel de actividad de Vaca Muerta aún depende de pocos jugadores nacionales y su despegue está relacionado con la eficiencia en costos para poder elevar el nivel de actividad.

⁵¹ El despacho de gas para a las usinas eléctricas representa el 50% del consumo total (70 millones de m³) donde la generación eléctrica representa el 20% de la matriz energética.

⁵² A diferencia de la explotación convencional la tecnología de extracción para el desarrollo del recurso no convencional implica una alta inversión en capital con un declive más rápido de la producción que en el recurso tradicional. Vaca Muerta atrae inversiones por la calidad de su recurso, aunque acelerar su explotación, implicaría competir por la captación de fondos respecto a otras áreas similares en EEUU más productivas. En definitiva, para que se pueda explotar los recursos de manera competitiva y a escala masiva, necesitaríamos que el punto de equilibrio de un proyecto de inversión sea similar o inferior a los comparables con su referencia EEUU.

⁵³ Los pozos no convencionales tienen un menor gasto de operación y mantenimiento (OPEX) que los convencionales pero un mayor costo de inversión de capital. En otras palabras, su producción y explotación en forma de factoría involucra mayor intensidad de bienes de capital para su explotación.

TABLA 11. Energía Térmica: Inversión e impacto en el nivel de actividad, empleo por megavatio de potencia adicional instalada

Indicadores (en millones de dólares por megavatio de potencia adicional instalada)	CC + Gas asociado	CC	Gas asociado
Inversión (OC + CE)	2,96	1,09	1,87
Obra civil y montaje (OC)	0,22	0,22	-
Componentes electromecánicos (CE)	2,74	0,87	1,87
Actividad Industrial Total (AD+AI)	2,05	0,37	1,68
Actividad directa (AD)	1,21	0,22	0,99
Actividad indirecta (AI)	0,84	0,15	0,69
Operación y mantenimiento*	42,1	11,00	31,15

Indicadores de Empleo (nuevos empleos por megavatio adicional instalado de potencia)	CC + Gas asociado	CC	Gas asociado
Empleo total	5,95	2,42	3,52
Obra civil y montaje (OC)	1,65	1,65	-
Componentes electromecánicos (CE)	4,15	0,62	3,52
Operación y mantenimiento	0,15	0,15	-
Integración local**	73%	20%	53%
Integración efectiva local**	44%	12%	32%

Fuente: Elaboración propia.

* En dólares por cada unidad de megavatios por hora generado

** En porcentaje de componentes nacionales sobre el total

En este escenario -como se observa en la Tabla 11- el impacto directo de la inversión en los bienes electromecánicos nacionales que se incorporan a la central es de 0,22 dólares por megavatio y el efecto indirecto en la red de proveedores que abastecen a los fabricantes finales corresponde a 0,15 dólares por megavatio. El derrame directo e indirecto de la cadena de valor en el mercado interno es de 0,37 dólares por megavatio. A este efecto sobre la industria podemos sumar los derrames que necesariamente serán locales, como la inversión en la obra civil (0,22 millones de dólares por megavatio de potencia incremental) en los 36 meses de construcción y los gastos anuales sobre las empresas de servicios locales producto de operaciones de mantenimiento durante el ciclo de vida de la central térmica.

En términos de empleo, la central térmica genera más de 2,4 nuevos empleos por megavatio/hora de potencia adicional, de los cuales más de las dos terceras partes corresponden a la etapa de construcción siendo significativamente mayor a lo generado por la compra de componentes locales, pero menos sostenidos en el tiempo. Los servicios de operación y mantenimiento de una central de ciclo combinado contienen una dotación de 130 puestos de trabajo durante el ciclo de vida si se aprovechan todas sinergias del complejo energético (con un coeficiente de empleo de 0,15 por megavatio anual).

La cadena de valor de petróleo y gas tiene una trayectoria centenaria y está compuesta por 1.500 empresas (operadoras, contratistas, servicios y de bienes industriales) de las cuales 500 proveedores conforman el núcleo duro y de mayor impacto en la cadena de valor. Respecto al escenario de integración local de un pozo de gas, el 53 % de la inversión en capital es de contenido local (equivalente a u\$s 1.680 millones por MW

de potencia generado en la central térmica). De esa inversión, el 30% son bienes nacionales tales como tubulares, cabezales, trépanos, aditivos químicos, arenas bajo tratamiento químico (proppants), que compran directamente las operadoras. Como dato adicional, la proporción de bienes directamente importados por las operadoras tan solo corresponde al 8% de un pozo promedio y están concentrados en las adquisiciones en las compañías de servicios petroleros. Con esta información se realizaron las estimaciones de la participación de componentes industriales de insumos, químicos. A esto se suma el 23% del servicio de mano de obra local que fue estimado con las tarifas que pagan las operadoras a las empresas de servicios para explotar el pozo.

Dentro del modelo de explotación de gas que se centra en grandes escalas en la búsqueda de precios bajos y una demanda de bienes con bajo grado de diferenciación del producto, la cadena se complementa con un primer anillo de empresas de servicios que contratan las operadoras directamente para efectuar la perforación, fractura, cementación, obras civiles y soporte ingeniería y supervisión (esto equivale al 62% de la inversión de un pozo). Es decir, en la cadena de valor de gas coexisten un núcleo reducido de grandes empresas que operan y dirigen la actividad (por ejemplo, YPF concentra más del 50% de las ventas totales). Estas contratan multinacionales que trabajan a nivel global (por ejemplo, Schlumberger, Baker-Hughes, Halliburton, Weatherford, entre otros) y operan con equipamientos y tecnología específicas en la puesta a punto del pozo con diverso grado de complejidad para ponerlo en producción (etapa de perforación y terminación), -. A su vez, tienen con escasos vínculos con sus proveedores y las actividades de R&D se radican en sus casas matrices.

Por dificultades metodológicas el dato de integración local no incluye la participación de proveedores de los bienes de capital nacional en el segundo anillo, que involucra a las tarifas de perforación y cementación de pozos que pagan las empresas por sus servicios. El segundo anillo de empresas tiene gran peso en el abastecimiento del pozo por ende este es un escenario que subestima el empleo industrial ya que, si bien en perforación las torres y equipos principales no se fabrican en el país, sí hay equipos de fabricación local en la cementación y la fractura.

Dicho esto, directamente se utilizó la desagregación de la tarifa en servicios de capital y mano de obra con lo cual se imputó al servicio de mano de obra como local. Estimaciones de ADIMRA y CIPIBIC basadas en la participación de proveedores en desarrollos recientes en áreas de shale efectuados indican que del 6% del monto total de inversión de un pozo lo representan los equipos y podría ser abastecido en un 50% por los fabricantes nacionales. Considerando estos guarismos, el empleo incremental de esta participación llevado a megavatio/hora de potencia equivalente instalada podría incrementarse un 3% del número agregado estimado. Así, la discusión por el empleo en este segmento de fabricantes podría parecer irrelevante y plantear un falso dilema entre defender el empleo en algunas PyMEs nacionales y desarrollar Vaca Muerta. Sin embargo, la fabricación local de ciertos equipos es clave desde el punto de vista de la autonomía productiva por los cuellos de botella en la demanda internacional de bienes de capital que ocurre particularmente en los momentos de precios favorables y un factor de competitividad local estratégico frente al crecimiento masivo de Vaca Muerta en los próximos años.

Al resultante indicador de integración local –como fuera realizado en las otras tecnologías– se lo ajustó por la regla de contenido local de la Ley de Comercio Argentino y Desarrollo de Proveedores (Ley N°27.437) que prevé su consideración como bien nacional al alcanzar un 60% valor de bienes locales sobre el precio salido de fábrica. Con ello se obtuvo una integración efectiva local de 32% que representaría un piso de integración efectiva toda vez que no hayan sido considerados los bienes de capital nacionales intervinientes en la perforación y terminación de pozos.

El arrastre en la actividad directa local es significativo al considerar la producción de gas como insumo de la central térmica. El impacto total en el mercado interno directo

es de 0,99 millones de dólares por megavatio de potencia adicional de la central: genera más del doble de actividad que si la excluíamos. Claramente esto es relevante para el empleo industrial cuyo impacto equivale a 3,52 empleos por megavatio de potencia adicional en la compra de bienes electromecánicos con un efecto de arrastre muy significativo sobre la cadena de valor.

Uniendo ambos segmentos -ciclo combinado más la producción de gas para su funcionamiento –la energía térmica genera más de 2,05 dólares de actividad industrial adicional por megavatios hora adicional de potencia instalada, de los cuales más del 80% corresponden a la actividad que genera la producción de los pozos no convencionales de Vaca Muerta para el consumo de la central de generación.

Al observar el impacto en el empleo total que incluye obra civil, industrial y mantenimiento y operaciones se deriva la misma importancia de la cadena de valor de generación de hidrocarburos. La generación térmica total crearía más de 5.900 puestos de trabajo entre creados y sostenidos por cada 1.000 megavatios de potencia nueva instalada. La generación de hidrocarburos para alimentar las centrales explica el 80% del empleo industrial y el 60 % del empleo total de la cadena integrada.

En otras palabras, sin el efecto y desarrollo de Vaca Muerta –y/o eventualmente de un pozo de gas convencional, por ejemplo, de la cuenca de San Jorge- la incidencia de la energía térmica sobre el sector industrial sería significativamente menor.

En prospectiva, las mayores oportunidades de desarrollo productivo local se ubican en el proceso de desarrollo del pozo con la posibilidad de complementar algunos segmentos de bienes nacionales de mayor complejidad tecnológica en las etapas de perforación y terminación del pozo⁵⁴. Si bien este escenario no se ha construido es posible hipotetizar que se potenciarían los escasos vínculos de las empresas de servicios de primer anillo con sus proveedores del segundo anillo. Esto no sería tan relevante por la generación de empleo sino por potenciar los esfuerzos tecnológicos y la inversión en R&D que trae aparejada su desarrollo.

Dentro del núcleo duro de proveedores de equipos críticos para la producción de hidrocarburos de yacimientos no convencionales existe un reducido grupo de firmas de origen nacional que trabajan en series cortas y de alta especialización. Estas firmas locales realizan importantes esfuerzos en R&D, con planteles altamente calificados y con procesos con grado de automatización medio y alto cuyas brechas tecno-productivas respecto de las mejores prácticas internacionales son menores. Nos referimos a segmentos de cabezas de pozo y fractura, bombas, válvulas y plantas y equipos para procesamiento del pozo (asistencia al pozo y compiten con importados de desarrollo tecnológico).

En definitiva, existen oportunidades para la reconversión de equipos a las nuevas necesidades para la explotación de gas no convencional y para desarrollar proveedores en el segundo anillo en segmentos específicos y altamente especializados (pulling, workover, wirline, casing y tubing, bombas de superficie, entre otros). A su vez, el fortalecimiento de la cadena es relevante por su efecto sobre el desarrollo de las otras tecnologías de generación. Muchas de estas empresas aprovechan inversiones puntuales en la generación hidroeléctrica y nuclear y, posiblemente, puedan ser candidatas para avanzar en los procesos de integración más masivo como la eólica aprovechando la escala de potencia a instalar a futuro.

⁵⁴Una amplia oferta de pymes regionales (en las zonas de producción) brindan servicios pre y postventa con escalas muy reducidas y baja productividad. Estas empresas adaptan y desarrollan su producto a las necesidades del cliente.

Los impactos socio-productivos por tecnología en la matriz energética proyectada

Para la comparación de tecnologías fueron considerados los escenarios actuales de integración sobre la base de proyectos conocidos o escenarios pasados de proyectos ya realizados (**Tabla 12**).

Los escenarios son una clara muestra de cómo un mismo proyecto, pese a tener capacidades industriales en la Argentina, puede ser encarado con diversos formatos con relación a la fabricación nacional de componentes, inclusive dentro de una misma tecnología⁵⁵. En otras palabras, que el impacto productivo y tecnológico de la inversión energética es una variable con capacidad de ser influida y modificada por decisiones de política pública, como hemos visto en la revisión de las tecnologías desarrollada en la sección anterior.

TABLA 12. Tecnologías de Generación y escenarios de integración local

Tecnología	Descripción del escenario según su contenido tecnológico local
Eólica I	Escenario que integra la fabricación de la torre y el ensamblado de buje y góndola del aerogenerador localmente. Corresponde al 36% de integración local y es actualmente el escenario de integración alcanzado en Ronda 2 del Programa RenovAr.
Eólica II	Escenario que EÓLICA I le agrega el mecanizado de buje, góndola y la fabricación local del sistema <i>pitch</i> y <i>yaw</i> del aerogenerador. Corresponde a la FASE II de integración local prevista por el Programa RenovAr para 2021 en adelante.
Hidro I	Escenario de provisión del cemento para la obra civil de las represas del complejo Cóndor Cliff-La Barrancosa (Santa Cruz). Actualmente es el probable de estos proyectos ya que la obra se provee llave en mano.
Hidro II	Escenario de provisión intermedia de componentes nacionales estimados sobre el Proyecto Portezuelo del Viento (Mendoza).
Hidro III	Escenario de fabricación local de turbina y generador adicionalmente al Escenario Hidro II.
Solar	Integración local de seguidores (<i>trackers</i>) y accesorios, que se corresponde con el máximo alcanzado por los proyectos solares en el marco del programa RenovAr.
Nuclear PWR	Escenario de integración de 500 millones de dólares de componentes electromecánicos para la central nuclear con financiamiento chino (última versión confirmada de lo establecido por pliego).
Térmica	Escenario que incluye un 20% de componentes locales electromecánicos para la central térmica a los que se agrega la participación de la industria nacional en la cadena de abastecimiento del gas asociado al funcionamiento de la central por toda su vida útil.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 13. Tecnologías de generación: Escenarios de Inversión e impacto en el nivel de actividad por escenario de integración, en millones de dólares cada 1.000 megavatios de potencia adicional instalada

Indicadores	Eólica I	Eólica II	Hidro I	Hidro II	Hidro III	Solar	Nuclear PWR	Térmica
Inversión (2) + (3)	1600	1600	3040	3520	3520	1200	6780	2960
(2) Obra civil y montaje (OC)	510	510	2130	2590	2590	300	3730	220
(3) Componentes electromecánicos (CE)	1090	1090	910	930	930	900	3050	2740
Actividad Industrial Total (5) + (6)	650	830	80	730	1070	310	1040	2005
(5) Actividad Directa	380	490	50	430	630	180	610	1210
(6) Actividad Indirecta	270	340	30	300	44	130	430	840
Integración local (%)	36%	45%	10%	46%	68%	20%	20%	73%

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los niveles de integración local se comentan en la sección descriptiva previa por cada tecnología de generación para mayor detalle

La **Tabla 13** ilustra los valores de inversión correspondientes a distintas tecnologías en base a proyectos representativos y escenarios de integración nacional de componentes actuales y prospectivos. Discrimina los valores por componentes electromecánicos y de obra civil y montaje de y detalla su impacto en el nivel de actividad industrial sobre la base del agregado de 1.000 megavatios adicionales de potencia instalada.

Las tecnologías de generación eléctrica tienen fuertes heterogeneidades en los niveles de inversión necesarios para incrementar en un megavatio la potencia instalada. Ello también repercute sobre el nivel de actividad en función del grado de integración local. Esta disparidad obedece a las distintas escalas necesarias para la concreción de proyectos.

En otras palabras, cada tecnología tiene “escalas mínimas eficientes” y resulta sencillo convertirlas en números comparables al pensar en la adición de bloques de 1.000 megavatios de potencia adicional. Haciendo este ejercicio, por ejemplo, podemos comparar el impacto entre instalar 1.000 megavatios de potencia con tecnología solar, estimada en 310 millones de dólares, respecto de la misma potencia con tecnología eólica al nivel actual de integración (Eólica I), cuyo impacto estaría en el orden de los 650 millones de dólares.

La variable nivel de actividad juega un papel relevante en la decisión de la matriz eléctrica futura ya que expresa cómo la inversión multiplica la actividad económica y por consiguiente no solo genera ingresos tributarios, sino que crea y sostiene nuevos empleos privados.

La **Tabla 14** refleja estos impactos. El empleo total se divide en el generado en la obra civil y el montaje –cuya duración difiere en función de los tiempos de puesta en marcha de los proyectos– y aquel involucrado en la fabricación de los componentes electromecánicos. En el primero de los casos, se trata de empleos que indudablemente serán creados a partir de actividades no transables –servicios en sitio, logística, construcción– mientras que en el segundo depende del grado de participación de la industria nacional en la fabricación de componentes electromecánicos. Se trata de empleos “en disputa” en el marco de las cadenas globales de valor.

TABLA 14. Impacto en el empleo por tecnología y escenario de integración, en miles de empleos por megavatio de potencia adicional instalada

Indicadores	Eólica I	Eólica II	Hidro I	Hidro II	Hidro III	Solar	Nuclear PWR	Térmica
Empleo total	2,96	3,30	5,56	6,90	7,62	2,13	8,26	5,80
Obra civil y montaje (OC)	1,40	1,40	5,26	5,38	5,38	1,76	6,09	1,65
Componentes electromecánicos (CE)	1,56	1,96	0,32	1,52	2,24	0,37	2,17	4,15
Integración local	36%	45%	10%	46%	68%	20%	20%	73%

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los niveles de integración local se comentan en la sección descriptiva previa por cada tecnología de generación para mayor detalle.

En términos generales, estos indicadores revelan “ganadores y perdedores” con relación a su capacidad de multiplicación de actividad y empleo por megavatio adicional instalado. Se trata de un ejercicio analítico para evaluar la contribución marginal de un megavatio de potencia al empleo sobre la base de escenarios actuales de integración, que pueden ser modificados por decisiones de política industrial. Además, es posible discernir entre los empleos generados en la construcción del proyecto y aquellos empleos asociados a la fabricación y ensamble de componentes para la generación.

En relación precisamente al componente de empleo industrial, se observa una menor variabilidad entre tecnologías y mayor variabilidad según el enfoque de contenido local sobre el que se construyen los proyectos. Una primera cuestión es que la industria argentina ha desarrollado capacidades en torno a varias tecnologías. Por ejemplo, los escenarios de integración industrial alta de hidroeléctrica, nuclear y eólica son similares y rondan los 2.000 a 2.300 empleos nuevos cada 1.000 megavatios adicionales de potencia instalada. La excepción es la cadena integrada de energía térmica con más de 4.000 empleo por cada 1.000 megavatios de potencia instalada (incluido el gas asociado para su funcionamiento). Las diferencias radican en la factibilidad de esos escenarios, y deben considerarse aspectos complementarios a la hora de prospectar impactos en el empleo sobre una matriz futura⁵⁶.

La **Tabla 15** complementa el análisis anterior revelando aquellos aspectos que impactan sobre la factibilidad de desarrollar las diversas fuentes de generación. Allí se ponderan no solo la integración efectiva de las tecnologías, sino su escalabilidad o nivel de “divisibilidad” de los megavatios instalados, los requerimientos de financiamiento de cada proyecto en su escala mínima eficiente, la existencia de capacidad local industrial y el eventual potencial exportador de la cadena industrial de suministros.

En un escenario óptimo, una matriz energética con alto impacto en las capacidades industriales estaría promoviendo tecnologías:

- (1) escalables, que le dan continuidad y demanda sostenida a la industria;
- (2) con elevada capacidad de ser generadas por la industria nacional, entendida en un sentido amplio como la posibilidad de generar fabricación nacional de componentes sobre la base de capacidades existentes, aun cuando no hayan sido reveladas en el pasado;
- (3) con potencial escala y competitividad suficiente para desarrollar la inserción internacional de la cadena de valor.

⁵⁶ Es importante destacar que la construcción de escenarios factibles desde el punto de vista productivo y tecnológico para la industria nacional son importantes de considerar pese a no haber sido elegidos o concretados en la práctica en las distintas tecnologías.

TABLA 15. Impacto en el empleo por tecnología y escenario de integración, por megavatio de potencia adicional instalada

Tecnología	Integración efectiva	Escalabilidad	Requerimientos de financiamiento por proyecto	Capacidades locales de la industria	Potencial exportador de la cadena
Eólica	24-29%	Alta	Bajos	Proveedores homologados de componentes. 2 Tecnólogos internacionales radicados con planta productiva.	Medio
Solar	7%	Media	Bajos	Fabricación de trackers y accesorios eléctricos genéricos.	Muy Bajo
Hidroeléctrica	6%-41%	Baja	Altos	Fabricación de turbina y generador depende de una firma. Proyectos actuales no incorporan contenido local.	Bajo
Térmica	44% (12%-32%)	Alta	Medios	Alta en tubos, químicos, insumos básicos y consumibles de pozo. Media en bienes de capital para la producción de hidrocarburos. Media en los componentes de la central térmica.	Medio-Alto
Nuclear	12-24%	PWR: Baja CAREM: Alta	Muy altos	Baja. Sujeto a apertura de paquete tecnológico de china. Proyectos actuales no incorporan contenido local.	Medio

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La integración efectiva pondera el % de bienes electromecánicos considerados nacionales –sometidos a un proceso de transformación estructural y de mínimo contenido de valor agregado– con el valor agregado efectivamente incorporado en su fabricación.

Al ponderar las distintas tecnologías en torno a las categorías presentadas, se verifica que la energía eólica y la térmica presentan mayores capacidades locales, integración efectiva y potencial exportador, mientras que no demandan niveles de financiamiento elevados por proyecto. Ello es consistente con la escalabilidad en la matriz de los proyectos de estas tecnologías en los escenarios futuros hacia la transición energética

En el caso del sector eólico, la abundancia y calidad del recurso argentino, su competitividad en costos y su vinculación con otros segmentos de la producción metalmecánica argentina – automotriz, maquinaria agrícola y bienes de capital en general – lo posicionan como una tecnología de alto potencial para el desarrollo de una cadena de valor competitiva a escala nacional y regional.

A su vez, la producción de hidrocarburos no convencionales, tanto para la alimentación de centrales térmicas como para su uso en combustibles o para su transformación en la industria petroquímica, representa la masa de recursos energéticos de mayor reserva y potencial exportador para nuestro país, con la ventaja de contar con una cadena de valor de cierta trayectoria en materia industrial con alto potencial de crecimiento.

En este contexto, sería posible y deseable desarrollar un plan industrial en torno a estas dos tecnologías que tendrán una preeminencia relativa considerable en su participación energética en las próximas décadas.

Es interesante el caso de la hidroeléctrica que merece un párrafo aparte. Allí se verifica que pese al alto impacto en la actividad y empleo de los proyectos hidroeléctricos considerados en el escenario Hidro II y III, la mayor incorporación de potencia hidroeléctrica proyectada (1.260 megavatios) corresponde al escenario Hidro I de baja integración nacional. En el marco del Acuerdo de Cooperación Económica con China

(2014), los proyectos del complejo hidroeléctrico Cándor Cliff-La Barrancosa en la actualidad no incorporan alto contenido local de componentes⁵⁷. Para ponerlo en otros términos, la energía hidroeléctrica es un vector de desarrollo industrial siempre que involucre a tecnólogos nacionales – actuales o futuros – en la construcción de los proyectos, algo que por los próximos años se verifica en proyectos pequeños (TAMBOLAR y Portezuelo del Viento, de 70 y 210 megavatios de potencia respectivamente) pero no así en los desarrollos masivos con financiamiento chino.

Asimismo, merece nuestra particular atención la tecnología nuclear toda vez que el principal proyecto en construcción –una central nuclear de 1.150 megavatios de potencia con tecnología PWR– también se encuadra en el mencionado acuerdo de cooperación con China y está sujeto a cláusulas de financiamiento condicional de similares características que en el caso hidroeléctrico.

A diferencia del proyecto desarrollado con tecnología canadiense en la central de Embalse, cuyo contenido local alcanzó el 40% de componentes electromecánicos, el pliego establece una reserva de mercado para la industria nacional en torno a los 500 millones de dólares según la última información oficial accesible. Esto es el equivalente a aproximadamente el 12% de los componentes electromecánicos⁵⁸. Sin embargo, fuentes especializadas del sector indican que ese nivel podría incrementarse sustancialmente en el marco de diversas negociaciones que a la fecha de elaboración del documento no estaban cerradas, motivo por el cual la estimación de este trabajo tomó en consideración una integración del 20%.

Más allá de la incertidumbre sobre la integración local efectiva, un elemento novedoso del acuerdo es la transferencia de tecnología de China a Argentina para la producción del combustible nuclear. Este es un elemento crítico para elevar conocimientos en el sector, promover una mayor autonomía productiva en torno a la tecnología nuclear y eventualmente liderar el abastecimiento regional de este producto en el marco de la creciente influencia china en torno a la agenda nuclear latinoamericana. En la misma línea, aunque con recaudos en torno al nivel de competitividad alcanzable, se espera que el acuerdo promueva un espacio de mercado regional similar en algunos componentes electromecánicos exportables hacia otros proyectos de la firma CNNC – empresa estatal china de tecnología nuclear - en la región.

En definitiva, los grandes proyectos hidroeléctricos y nucleares con financiamiento chino –que alcanzan los 14 mil millones de dólares de inversión– tienen niveles de integración marginales (hidro I y II) o bajos (nuclear) y su impacto sobre la industria nacional parece limitado.

Sin embargo, hay un aspecto a resaltar de la construcción de la central china por fuera del contenido local que es clave para la continuidad de los avances en materia de energía nuclear en nuestro país. Dado que el complejo nuclear argentino se encuentra actualmente desarrollando un reactor de potencias modulares de 25 megavatios (conocido como reactor RA-10 o proyecto CAREM) con tecnología propia y su prototipo no estará listo hasta 2027, la construcción de la central china es clave como puente de soporte de conocimientos, recursos humanos y talento nacional en la Argentina durante los próximos años.

Se espera que el prototipo del CAREM esté finalizado en 2027, entrando a fase de comercialización con posterioridad al año 2030. Indudablemente cumple con todos los elementos deseables de una tecnología energética con alta integración con la matriz productiva nacional y no debe dejar de ser considerado en los escenarios posteriores al año 2030, aunque insistimos, requiere de un proyecto “puente” o “de soporte” para poder ser concretado. Asimismo, el nivel de calidad y de tecnología exigido para la fabricación de componentes nucleares genera estándares de calidad de frontera

⁵⁷ La participación de IMPSA como tecnólogo nacional líder en el desarrollo de turbinas hidroeléctricas es determinante en los niveles de integración nacional alcanzables en cualquier proyecto hidroeléctrico futuro.

⁵⁸ Fuentes especializadas

internacional con efectos de difusión hacia otros sectores del complejo metalmeccánico argentino. Por ende, es indudable que la tecnología nuclear debe estar incorporada al plan industrial asociado al sector energético.

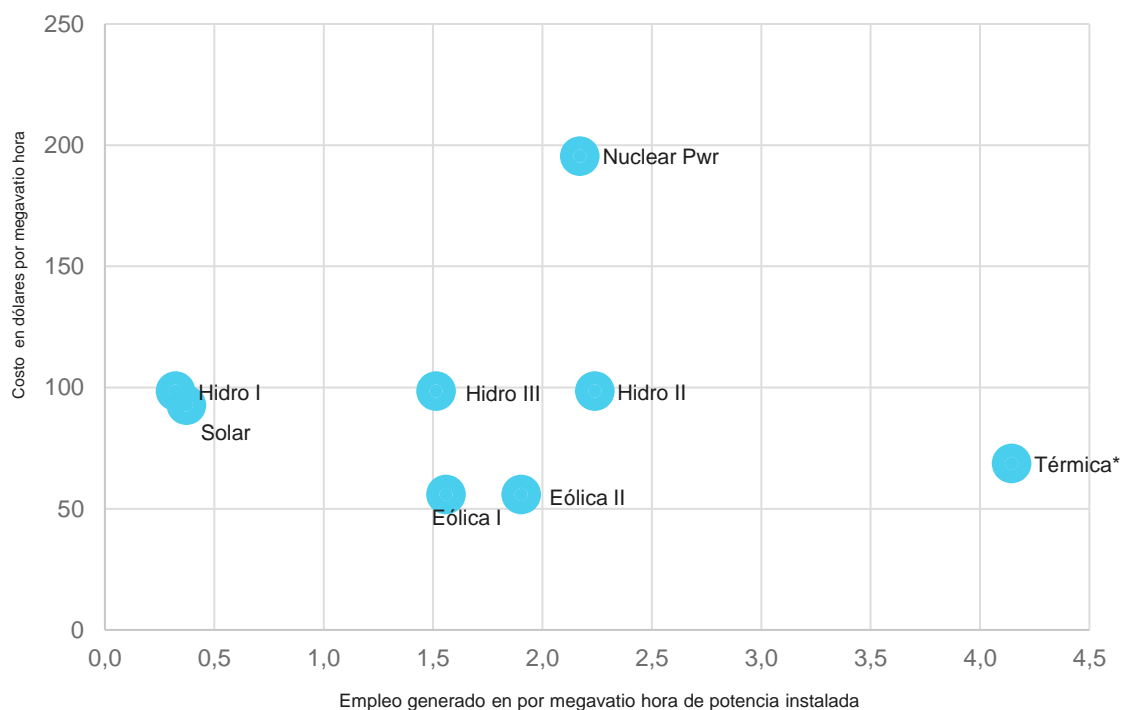
Integración nacional y costos de generación: ¿*trade-off* o falso dilema?

En el apartado anterior identificamos impactos en la actividad industrial y el empleo de la incorporación de nuevos megavatios de potencia a la matriz energética, sin consideración alguna respecto a su costo de generación, tarea que pretendemos abordar aquí.

La cuestión es importante porque no tendría fundamento la adición de megavatios sobre tecnologías de generación que no fueran competitivas en costo, como lógica esencial de cualquier proceso de inversión –menores costos implican mayor rentabilidad de las tecnologías más competitivas– y de su impacto en la matriz industrial ampliada –siendo la energía un insumo esencial para la producción manufacturera. Ergo, el análisis anterior debe ser complementado con la competitividad en costo de las tecnologías (**Gráfico 1**)⁵⁹.

El **Gráfico 1** combina el nivel de costo de la generación de cada tecnología con el impacto en el empleo industrial de los distintos escenarios de integración⁶⁰. Las combinaciones virtuosas entre competitividad energética y empleo se ubican en el extremo inferior derecho del gráfico: son aquellos que tienen bajos niveles de costo de generación y alto nivel de empleo por megavatio adicional instalado.

GRÁFICO 1. Costo e impacto en el empleo por tecnología de generación energética



Fuente: Elaboración propia.

Nota*: Incluye el costo de capital del ciclo combinado. Nota**: En Eólica y Renovables, no incluye el costo de las líneas de transmisión.

⁵⁹En los costos no han sido incluidos los costos de la generación de backup para respaldar las fuentes renovables en los momentos que no producen energía y/o de su eventual almacenaje, dado que del modelo construido surge que serían necesarias sólo a partir de 2040.

En esta línea, la tecnología térmica es la que se ubica en el mejor nivel en ambos indicadores cuando se considera el desarrollo del gas. La hidroeléctrica y la nuclear tienen mejores indicadores de empleo industrial por megavatio que la eólica pero su costo es ostensiblemente mayor. Asimismo, recordemos que los escenarios Hidro II y III no son mayoritarios, siendo Hidro I el escenario de mayor ocurrencia para los próximos megavatios de esta tecnología a instalarse. Por el contrario, la competitividad en precio de la energía eólica la posiciona inmediatamente como candidata a ser promovida en la matriz, albergando además importantes oportunidades en materia de fabricación local de componentes. En síntesis, térmica y eólica parecen consolidarse como alternativas escalables, competitivas en precio y atractivas por su impacto en la generación de empleo.

De lo comentado no parece haber demasiados dilemas en torno a qué tecnologías promover, en virtud de que no surgen indicadores contrapuestos entre competitividad y empleo. Sin embargo, un aspecto a considerar, que aquí se simplificó a los fines del análisis, es que la integración nacional puede tener efectos en el costo de generación los cuales deben ser cuantificados.

Escenarios proyectados 2021-2050: inversiones, actividad local y empleo según tecnología para generación eléctrica

Las proyecciones efectuadas prevén la incorporación de más de 75 mil megavatios/hora de potencia en las próximas tres décadas sobre la base de los escenarios energéticos construidos en (Farina, Drucaroff y Rivas, 2020) lo que implica una inversión equivalente a más de 140 mil millones de dólares para las próximas décadas (2021-2050) y la generación de 297.456 puestos de trabajo -139.152 en la industria y 158.304 en la construcción para el período prospectado. Adicionalmente, el incremento en los megavatios proyectados generaría más de 73 mil millones de dólares de inversión en bienes industriales electromecánicos con gran potencial para la actividad local y empleo industrial⁶¹(**Tabla 16**).

TABLA 16. Prospectiva de inversiones en MW/H de potencia instalada (2021-2050)

Indicadores Prospectivos	2021-2030	2031-2050	2021-2050
Cantidad de megavatios/hora de potencia instalada	18.853	56.436	75.292
Monto de inversión (en millones de dólares)	42.025	100.617	142.642
Inversión promedio anual (en millones de dólares)	4.002	5.031	4.919
Inversión componentes electromecánicos (en millones de dólares)	21.129	52,147	73.276
Actividad industrial total (directa + indirecta, en millones de dólares)	8.409	23.127	31.535
Empleo Obra Civil (puestos de trabajo)	44.419	113.885	158.304
Empleo industrial sin el complejo Vaca Muerta (puestos de trabajo)	17.295	44.207	61.502
Empleo Industrial total con complejo Vaca Muerta (puestos de trabajo)	33.796	105.356	139.152

Fuente: Elaboración propia.

⁶¹ Es importante señalar que las inversiones de respaldo energético de las fuentes intermitentes implican la suma adicional de más de 9.800 nuevos megavatios y la suma de inversiones de más de 7.700 mil millones de dólares para el período de 2021-2050, la cual no fue incorporada a estas estimaciones. Por ejemplo, de desarrollarse el respaldo a través de ciclos combinados, el empleo de esta tecnología se vería incrementado significativamente.

Con relación al impacto en las capacidades industriales locales, la inversión potencial en bienes electromecánicos que requieren los proyectos de inversión-considerados los escenarios actuales de integración local señalados anteriormente- generaría un aumento en la actividad local de más de 31 mil millones de dólares, y más de 60 mil empleos industriales sin considerar el efecto adicional de la mayor actividad en Petróleo y Gas asociado al consumo de gas para el funcionamiento de las centrales térmicas. El efecto en la producción de gas de fuentes no convencionales equivale a 36 mil millones de dólares adicionales de aumento en la actividad local y a 77 mil empleos que se agregarían al impacto total del periodo proyectado 2021-2050.

Las nuevas inversiones en megavatios dentro del proceso de transición energética sobre la base de diferentes tecnologías de generación no se proyectarían de manera lineal y es necesario analizar su contribución y efecto sobre las capacidades productivas locales dentro de un escenario más inmediato (2021-2030) y otro más de largo plazo (2031-2050).

Como se observa en **Tabla 16**, al desagregar las etapas, si tomamos como referencia un horizonte más inmediato (2021-2030), podríamos ilustrar los impactos totales más cercanos: las nuevas inversiones en megavatios promediarían los 18 mil megavatios adicionales. En ese período (2021-2030) la inversión en generación de megavatios representaría 42 mil millones de dólares. Para sostener este incremento en la generación eléctrica, el ritmo de inversión debería representar una suma anual promedio de 4 mil millones de dólares en la próxima década. Las inversiones en bienes industriales electromecánicos promedian más de 20 mil millones de dólares, lo cual significa un impacto en la actividad industrial local (directa e indirecta) de 8.400 millones de dólares que como consecuencia incorporaría en promedio más de 17 mil empleos industriales- sin considerar el efecto adicional de la actividad de petróleo y gas-en la próxima década. Si sumamos el efecto de la producción de gas e hidrocarburos no convencionales para el funcionamiento de las centrales térmicas durante su ciclo de vida, se adicionan otros 7.800 mil millones de dólares al mercado local de actividad, lo cual implica más de 16 mil empleos generados.

De la prospectiva surge que las nuevas inversiones en megavatios se concentran más al final del periodo proyectado (2031-2050). Las inversiones proyectadas promedian los 56 mil megavatios adicionales y representan más de 100 mil millones de dólares de inversiones en el largo plazo. Este aumento en la cantidad de megavatios implicaría un promedio de inversión anual de alrededor de 5 mil millones de dólares para ese período y equivaldría a valores de inversiones en bienes industriales electromecánicas de alrededor de 50 mil millones de dólares. Tomando los niveles de integración local, el impacto de ese mayor gasto en bienes electromecánicos generaría un derrame para la actividad local industrial (directa e indirecta) de 23 mil millones de dólares. A la vez, el incremento de la actividad directa local lograría incorporar en promedio más de 60 mil empleos industriales en el largo plazo (2031-2050) sin considerar el efecto del complejo de gas. La suma de la mayor producción de gas no convencional para sostener el mayor ritmo de inversión en la generación térmica implicaría una inyección adicional al mercado local de 29 mil millones de dólares que equivalen a más de 61 mil empleos adicionales para ese período (2031-2050).

La **Tabla 17** desagrega la contribución de cada tecnología de generación a la inversión en megavatios y su impacto multiplicador en la actividad local y empleo industrial en el escenario proyectado 2021-2050.

TABLA 17. Inversión e impacto en el nivel de actividad, empleo e integración por escenario de tecnología de generación, en millones de dólares cada 1.000 megavatios de potencia adicional instalada (2021-2050)

Etapa 2021-2050	Eólica I	Hidro I	Solar	Nuclear	Térmica*
Gasto de Inversión					
Inversión total en MW/H de potencia instalada	20.310	7.028	23.594	2.329	22.030
Inversión anual promedio (en millones de dólares)	1.220	934	1063	696	1.007
Inversión en componentes electromecánicos (en millones de dólares)	22.138	3.584	21.235	7.108	60.387
Impacto en actividad local y empleo					
Actividad local (AD+AI) (en millones de dólares)	13.172	562	7.220	2.417	45.153
Empleo industrial	31.684	2.270	8.815	5.058	91.320

Fuente: Elaboración propia. * Incluye el gas asociado para el funcionamiento de la central térmica para su vida útil.

La energía eólica y térmica presentan los mayores potenciales de incorporación de megavatios futuros. Ambas tecnologías concentran más del 60 % de los nuevos megavatios a incorporar en la matriz energética eléctrica en 2021-2050 (promedio anual de 677 megavatios en eólica, y de 734 megavatios anuales promedio para térmica). En términos de valores de inversión, estos nuevos megavatios significarían una inversión promedio anual de 1,2 mil millones para eólica y de 1 mil millones para la energía térmica. A futuro, el 85% del impacto de las inversiones de bienes electromecánicos en la actividad local se concentraría en ambas tecnologías (actividad local de 13 mil millones en eólico y 45 mil millones de dólares en generación térmica incluido el gas asociado). Como reflejo de esta dinámica de la actividad local futura, el 88% del nuevo empleo industrial estaría concentrado en estas dos tecnologías de generación de energía eléctrica (31 mil empleos en eólica y más de 91.320 mil empleos en térmica con el arrastre incluido del gas asociado). Hay que mencionar que la actividad local y empleo en la generación térmica amplificarían su impacto al incorporar el efecto adicional de la mayor actividad de petróleo y gas para sostener el crecimiento de la generación térmica. A la actividad local sumamos alrededor de 36 mil millones de dólares que posteriormente generarían 77 mil nuevos empleos. Su efecto y aporte para las próximas décadas (2021-2050).

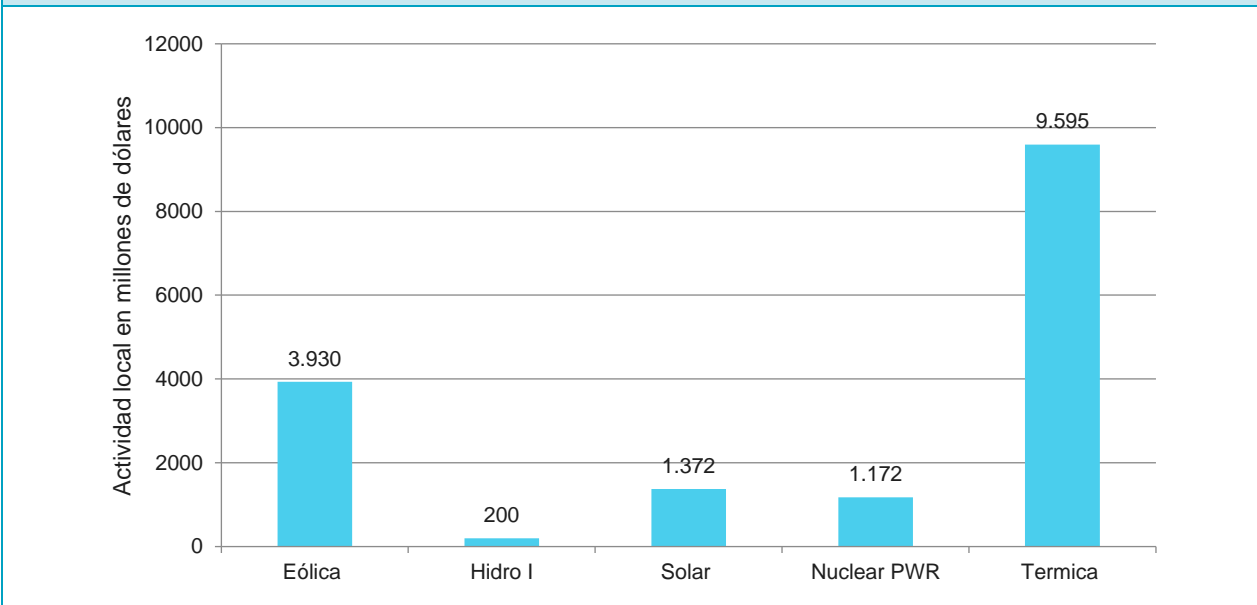
Como observamos, si bien la tecnología solar contribuye de manera significativa a la generación de megavatios futuros, su impacto en la actividad local y, por consiguiente, en el empleo es más limitado. La expansión de la generación solar aportaría más de 23 mil megavatios a la matriz total (con un promedio anual de 786 megavatios) lo cual significaría un ritmo de inversión promedio anual de 1.063 mil millones de dólares. A diferencia de las otras tecnologías líderes, sus bajas posibilidades de integración local efectiva-a pesar de la alta penetración en megavatios futuros- hacen que su impacto en el empleo industrial tan solo genere alrededor de 8 mil empleos. Por su parte, los grandes proyectos hidroeléctricos y nucleares con financiamiento chino alcanzarían en conjunto los 9 mil megavatios de inversiones adicionales –equivalen a 234 megavatios promedio anual en Hidro I y a 78 megavatios anuales promedio en Nuclear–que significarían en conjuntamente 1.600 mil millones de dólares de inversión anual promedio para el período.

Las características de estos proyectos con niveles de integración marginales (hidro) o bajos (nuclear) hacen que su efecto sobre la industria nacional sea limitado en un

horizonte de largo plazo. En conjunto aportarían 2 mil millones de dólares a la actividad local y sumarían 7.300 empleos industriales al total de generación futura en el largo plazo (2021-2050).

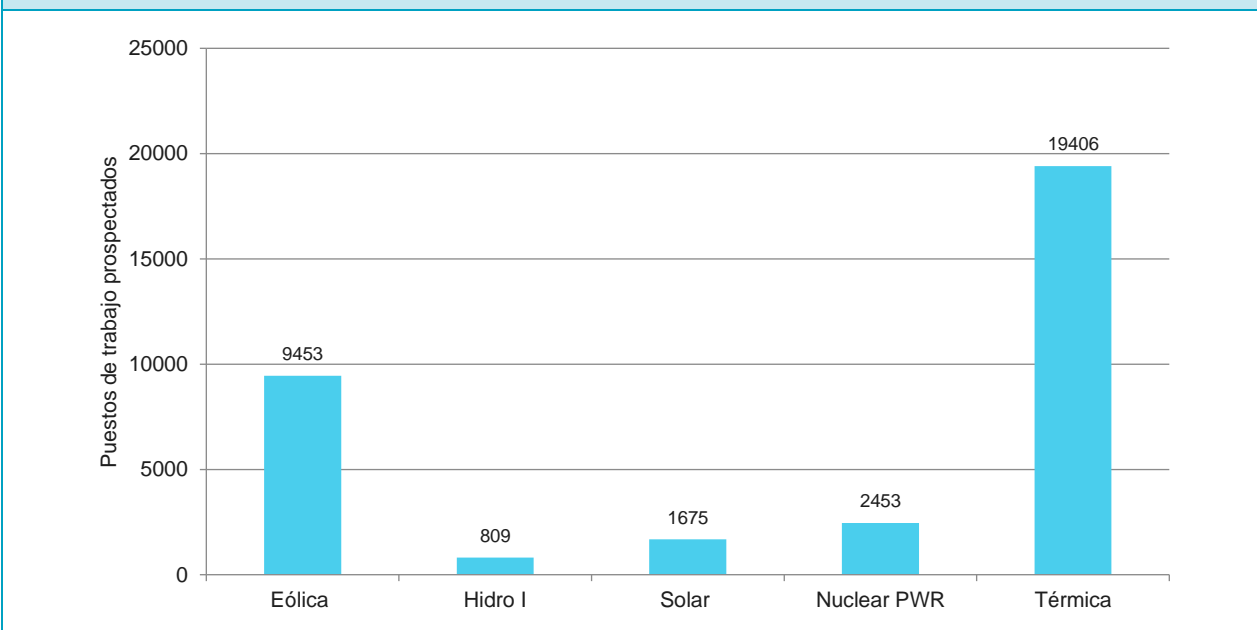
Para profundizar el análisis de la contribución de la inversión proyectada en nuevos megavatios de generación de las diferentes por tecnología, los **Gráficos 2 y 3** ilustran el impacto en el nivel de actividad local y empleo industrial en un horizonte de tiempo más inmediato a alcanzar (2021-2030).

GRÁFICO 2. Impacto proyectado en el nivel de actividad local según fuente de energía (2021-2030)



Fuente: Elaboración propia.
 Nota: Térmica incluye la actividad generada por la producción de gas que alimenta la central térmica.

GRÁFICO 3. Prospectiva del empleo industrial creado por tecnología de generación (2021-2030)



Fuente: Elaboración propia.
 Nota: Térmica incluye la actividad generada por la producción de gas que alimenta la central térmica.

Al ponderar las distintas tecnologías en torno a los escenarios proyectados se verifica que la energía eólica y térmica presenta las mayores potenciales de capacidades locales de integración efectiva y empleo en un horizonte de más corto plazo (2021-2030). Ello es consistente con la mayor inversión en renovable que reflejaría la transición en los próximos 10 años. Con un ritmo promedio anual a incorporar de 600 MW/H de potencia instalada (más de 6 mil megavatios acumulados a 2030), lo que equivale a una inversión anual en promedio de 1.000 mil millones de dólares. La inversión en bienes electromecánica promediaria los 6.600 millones de dólares lo que significaría una expansión de la actividad local de alrededor de 3.900 millones de dólares. Esta inyección al mercado local sumaría alrededor de 9.400 empleos industriales durante la próxima década.

La energía térmica, aun si no consideramos el efecto derivado de la mayor producción de petróleo y gas asociada a su expansión, proyectaría un ritmo de incorporación de más de 400 megavatios los próximos 10 años (4.681 megavatios acumulados totales al 2030). Esto significa más de 600 millones de dólares de inversión promedio anual. La inversión en bienes electromecánicos (más de 4 mil millones de dólares para el periodo) implicaría un derrame para la industria local de aproximadamente 1.700 mil millones de dólares y la generación de más de 3 mil empleos industriales para la próxima década.

Sin embargo, debe sumársele el efecto de la producción de petróleo y gas asociado al incremento de la generación térmica. Como fuera comentado, las posibilidades de fabricación de equipos y componentes para nuevas centrales térmicas parecen muy limitadas en el corto plazo, considerando el grado de integración nacional de los proyectos más recientemente desarrollados. Sin embargo, tienen un impacto importante sobre la producción de hidrocarburos asociada a su operación. Esto se debe a que la producción de hidrocarburos no convencionales para la alimentación de centrales térmicas tiene la ventaja de contar con una cadena de valor local de alto impacto en el empleo. En términos relativos, la integración por la construcción de las centrales representa el 15% del empleo (2905), mientras que el generado por la producción de gas para su operación el 85% restante (16.501).

Como se observa, el ritmo de penetración de megavatios de energía térmica genera un efecto sobre la producción de gas no convencional muy significativo y adiciona a los generados por las mismas centrales. La inversión prospectiva en bienes electromecánicos representa más de 8.700 millones de dólares y deriva en un impacto en la actividad local (directo e indirecto) de alrededor de 7.860 millones de dólares para el período 2021-2030.

Dentro de las fuentes renovables, la tecnología solar, a pesar de su rápida expansión, generaría impactos socioeconómicos locales menos significativos. El crecimiento promedio anual rondaría los 448 megavatios anuales a futuro (equivalen a 4.483 megavatios acumulados a incorporar al 2030) lo cual significa una inversión en megavatios anual de alrededor de 500 millones de dólares. Esta rápida penetración en los próximos años dentro de la matriz energética involucra menores oportunidades para la industria local (alrededor de 1.700 mil millones de dólares para la actividad local), por ende, bajos niveles de incorporación de empleo (1.600 empleos) en la próxima década.

Por su parte, la energía hidroeléctrica es un vector de desarrollo industrial siempre que involucre a tecnólogos nacionales –actuales o futuros– en la construcción de los proyectos, algo que para los próximos años no se verificaría en el escenario de integración actual de las represas Cóndor- Cliff. La incorporación de alrededor de 2.500 megavatios en el período 2021-2030 (con una inversión promedio anual de 963 millones de dólares), tan solo generaría 200 millones de dólares para la industria local y 800 empleos industriales en todo el período.

Algo similar podría ocurrir en la energía nuclear con la cuarta central nuclear. Como se ha comentado, al momento de publicación de este documento, se estaban haciendo

esfuerzos por incrementar el componente nacional de la central para lograr un impacto más significativo sobre los proveedores locales que en el escenario de integración local de Hidro I, mediante la incorporación anual de 113 megavatios equivalentes a una inversión anual promedio de 978 millones de dólares. Estos ritmos de inversión implicarían un arrastre a la industria local de casi 1.100 millones de dólares y de la generación de 4000 empleos industriales locales en los próximos 10 años.

En síntesis, desde el punto de vista prospectivo la energía térmica y la eólica apuntan a ser las tecnologías para consolidarse como alternativas escalables, competitivas en precio y atractivas por su impacto en la generación de actividad local y empleo. La importancia futura de esos niveles de inversión para la generación eólica y térmica y, en especial, el arrastre asociado a la utilización del gas no convencional puede generar un impacto significativo a alcanzar para la industria local las próxima décadas.

En ese contexto, sería deseable que las políticas públicas apunten al desarrollo de un plan industrial en torno a estas dos tecnologías que tendrán una preeminencia relativa considerable en su participación energética en las próximas décadas. Es, además, un camino viable de transitar. Por su parte, los grandes proyectos hidroeléctricos y nucleares con financiamiento chino tienen niveles de integración marginales (hidro) o bajos (nuclear) y su impacto sobre la industria nacional parece más limitado. Así, si bien no son determinantes por su función en la incorporación de empleo a gran escala a futuro, si resultan importantes como nicho de desarrollo tecnológico y complementario a los procesos de aprendizaje logrados en el pasado. Por último, la generación solar de rápida expansión en incorporación de megavatios y de costos de generación competitivos sería menos determinante para potenciar y ampliar las capacidades industriales futuras dentro de las fuentes renovables de alta potencia.

Conclusiones

Argentina cuenta con un complejo productivo capaz de acompañar y aumentar la competitividad de la economía en el marco de la transición energética con diversas tecnologías de generación. Sin embargo, la política energética e industrial no ha tendido a reforzar y explotar estos vínculos en forma sistémica. La consideración de los impactos en la producción y el empleo en las decisiones de política energética –algo que ha sido infrecuente en las últimas décadas– será clave para definir transiciones tecnológicas virtuosas para el desarrollo económico y social.

Este trabajo revela el alcance de estos impactos. Para ello, parte de la base de la participación de la producción nacional en proyectores energéticos recientes en diversas tecnologías de generación. Las políticas implementadas podrían favorecer la maximización de estos impactos y que se desarrollen en sintonía con el objetivo de conseguir “la abundancia de energía a bajo costo” (Nordhaus, 1973), sobre la base de objetivos de competitividad de mediano y largo plazo.

Algo que ya está ocurriendo y que se profundizará en las próximas tres décadas es que los hidrocarburos no convencionales y las energías renovables –en particular la eólica, pero también eventualmente la nuclear e hidroeléctrica de acuerdo con cómo se conciben los proyectos– constituirán vectores claves para el desarrollo productivo y tecnológico nacional.

El documento ilustró con datos concretos y sobre la base de proyectos energéticos ya construidos que las inversiones en una amplia gama de tecnologías energéticas pueden constituir una base de soporte para el aumento en las capacidades competitivas del sector y la generación de empleo en la industria y construcción. En definitiva, la transición energética puede promover la generación de más de 34.000 empleos en la industria argentina, 44 mil empleos en la construcción, y agregar 8.400 millones de dólares de actividad en la próxima década si se sostiene el actual nivel de integración de componentes nacionales. Estos guarismos alcanzan los 68 mil millones de dólares de actividad económica generada y el equivalente al menos a 139 mil empleos industriales y 158 mil empleos en la construcción al 2050 sólo manteniendo los actuales niveles de integración productiva de la industria nacional.

Pese a la diversidad de fuentes de energía, el ejercicio prospectivo permitió identificar que los hidrocarburos y la energía eólica se constituyen como las fuentes de energía más competitivas en costo: explican el 85% del impacto total en actividad y empleo industrial y cuentan con un entramado productivo capaz de proveer equipos y componentes para estas tecnologías. Estos rasgos soslayan las razones por las que ambas tecnologías tienen potencial para constituirse como objeto de política industrial y tecnológica con horizontes de planificación de mediano y largo plazo.

Esta recomendación también se funda en la escala de mercado que generan en conjunto ambas tecnologías, y por compartir una matriz de capacidades metalmecánicas y tecnológicas que pueden ser adoptadas alternativamente por las empresas proveedoras de bienes de capital y componentes críticos como mecanismos de diversificación productiva, un rasgo característico que ya es visible en las principales empresas proveedoras de ambos sectores.

Por otra parte, la especialización en la producción de componentes para eólica y bienes de capital para la producción de hidrocarburos no convencionales tendrán similar efecto sobre la capacidad de participar y proveer componentes para proyectos hidroeléctricos y nucleares específicos, cuya provisión es discontinua, pero de alto valor agregado.

Una recomendación inmediata es que la agenda de integración nacional de componentes en los proyectos nucleares e hidroeléctricos considere tanto las capacidades nacionales existentes al momento de iniciar la construcción de las

centrales como las necesidades de transferencia tecnológica para fortalecer el ecosistema proveedor energético que se derivan de ser homologados como proveedores en dichos proyectos. En otras palabras, que la integración no sólo sea para sustituir importaciones sino para propender a un aumento de la competitividad derivado de mayores capacidades tecnológicas que redunden eventualmente en mayores posibilidades de internacionalización.

Párrafo aparte merece el complejo de proveedores nacionales para la producción de hidrocarburos, donde se destacan los dilemas en torno a la fabricación de bienes de capital de mediana y alta complejidad a nivel local. Desde el punto de vista de la generación de empleo se ha analizado que su significancia no es determinante en relación al empleo generado en el resto del sector proveedor. Sin embargo, su importancia crucial viene dada por la capacidad de abastecer el mercado nacional en momentos de picos de inversión global que pueden dificultar el acceso a equipamiento importado y por su creciente importancia frente a la masificación del desarrollo de Vaca Muerta. En otros términos, no parece sostenible un desarrollo de los hidrocarburos no convencionales a la velocidad y extensión necesaria para su aprovechamiento en la transición energética sin una estrategia productiva en torno al desarrollo de los bienes de capital necesarios para su explotación.

En todos los casos la política industrial y tecnológica también debería propender a diseñar e instrumentar políticas que consideren la racionalidad, capacidad e incentivos de los distintos actores de la industria –proveedores nacionales, tecnólogos y artistas esenciales internacionales, empresas nacionales e internacionales tractoras del sector– para desarrollar capacidades locales. Constituyen elementos ineludibles de este diseño la articulación público-privada, la identificación de objetivos energéticos y de competitividad específicos para cada tecnología y la construcción de consensos elementales con todos los actores de la industria sobre los objetivos y metas a alcanzar por dichas políticas.

Bibliografía

- Abeles, M., Cimoli, M., & Lavarello, P. (2017). *Manufactura y cambio estructural. Aportes para*
- Abeles, M., Cimoli, M., & Lavarello, P. (2017). *Manufactura y cambio estructural. Aportes para pensar la política industrial en la Argentina*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Aggio, C., Verre, V., & Gatto, F. (2018). *www.ciecti.org.ar*. Obtenido de [www.ciecti.org.ar](http://www.ciecti.org.ar/publicaciones/dt14-innovacion-y-marcos-regulatorios-en-energias-renovables-el-caso-de-la-energia-eolica-en-la-argentina/): <http://www.ciecti.org.ar/publicaciones/dt14-innovacion-y-marcos-regulatorios-en-energias-renovables-el-caso-de-la-energia-eolica-en-la-argentina/>
- Altomonte, H; Correa, N; Rivas, D y Giovanni, S (2011). "La dinámica del consumo energético industrial en América Latina y sus implicancias para un desarrollo sostenible". Revista de Cepal N° 105, Santiago de Chile.
- BID (2010). "La era de la productividad. Cómo transformar las economías desde sus cimientos. (C. Pagés, Ed.) Washington D.C. Banco Interamericano de Desarrollo. ____
- BID (2014). ¿Cómo repensar el desarrollo productivo? Políticas e instituciones sólidas para la transformación económica. (G. Crespi, E. Fernández-Arias, & E. Stein, Editores) Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cimoli, M. (2005), "Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina". Santiago de Chile, CEPAL-BID.
- Foxley, A (2012) " La trampa del ingreso medio. El desafío de esta década para América Latina", CIEPLAN, Santiago de Chile.
- Farina, P., Drucaroff, S. y Rivas, D. (2020). "De la crisis a la oportunidad del sector energético", Documento Técnico Número 200, CIPPEC, Buenos Aires.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (2001). *Special Interest Politics*. Boston: MIT Press.
- Hausman, R., & Rodrik, D. (2003). Economic development as self-discovery. *Journal of Development Economics*, 603-633.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2019). *Renewable Power Generation Costs in 2018*. Abu Dhabi: IRENA.
- Katz, J. (2018) "Las cuatro Argentinas que conviven... pero no conversan Una historia de éxitos, fracasos y desencuentros". BOLETÍN INFORMATIVO TECHINT 356
- Kosacoff, B (2010). "Marchas y contramarchas de la industria argentina (1958-2008)". LC/BUE/W.46. Oficina de la CEPAL, Buenos Aires.
- Nordhaus, W. D. (1973). The Allocation of Energy Resources. (<https://doi.org/10.1080/19390459.2015.1036617>). *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, 167-172.
- Peirano, F (2013), "El complejo productivo de bienes de capital", en Stumpo, G. y Rivas. D. La industria Argentina frente a los nuevos desafíos y oportunidades Del siglo XXI, Capítulo 2, CEPAL.

Ramos, J. (1999), "Una estrategia de desarrollo a partir de complejos productivos (clus-ters) en torno a los recursos naturales ¿una estrategia prometedora? ", LC/R.1743/Rev. 1. Santiago de Chile, CEPAL.

Rodrik, D and McMillan, M (2011) "Globalization, structural change, and productivity growth", Development Strategies and Governance, IFPRI. Paper prepared for a joint ILO-WTO volume.

Secretaría de Energía de la Nación. (1 de 10 de 2019). *Anuncios de Inversión en Vaca Muerta*. Obtenido de [www.argentina.gob.ar](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anuncios-de-inversion-vm.pdf): <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anuncios-de-inversion-vm.pdf>

Subsecretaría de Energías Renovables. (2018). *Generación de Empleo. Energías Renovables*. Buenos Aires.

U.S. Energy Information Agency (EIA). (2019). "Nuclear Power in a Clean Energy System". Washington, D.C.

U.S. Energy Information Agency (EIA). (2020). *Capital Cost and Performance Characteristic Estimates for Utility Scale Electric Power Generation Technologies*. Washington, D.C.

UNIDO (2013) "21st century manufacturing" United Nations Industrial Development Organization, Viena.

Unión Industrial Argentina y Organización Internacional del Trabajo. (2014). *Un enfoque productivo para el trabajo decente. Industrialización y empleos de calidad: las fronteras del desarrollo*. Buenos Aires: Unión Industrial Argentina y Organización Internacional del Trabajo.

Anexo I. Aspectos metodológicos de las estimaciones actividad y empleo asociadas las tecnologías de generación energética

En esta sección se presenta un resumen de diversas conceptualizaciones, definiciones y dilemas metodológicos para el cálculo del empleo generado por las nuevas inversiones en las distintas tecnologías de generación de energía eléctrica en el marco del Proyecto CIPPEC “Transiciones Energéticas y Desarrollo Económico”. En particular, se soslayan los principales puntos que se tomaron en cuenta para efectuar el ejercicio metodológico de impacto productivo y de empleo de las cadenas de valor circunscriptas a las tecnologías de las centrales de generación eléctrica.

La estimación contribuye a contar con información prospectiva de los impactos en el aumento del contenido local sobre la generación de empleo y de la orientación de políticas públicas a promover eventuales desplazamientos de empleo de tecnologías que pueden disminuir su peso relativo en la matriz hacia nuevas tecnologías en el marco de las transiciones energéticas.

Las cadenas de valor se construyeron en función de los proyectos de inversión sobre los costos de generación de la matriz eléctrica. Las fuentes de información secundaria - estadísticas convencionales del sector - no permiten construir información a este nivel de desagregación de análisis. Las fuentes tradicionales parten de las cadenas productivas a partir de relaciones desde el insumo hasta el consumo final de los sectores. En ese enfoque tradicional el eje está centrado en los encadenamientos verticales y sus relaciones de compraventa sin detenerse en la factibilidad y/o posibilidades de inversión de los modelos de negocios que operan en la realidad.

Para efectuar el análisis de impacto del costo de inversión de los bienes de capital para cada tecnología se construyeron indicadores que expresan las relaciones técnicas de empleo y actividad. A estos se los ponderó con la construcción de escenarios factibles de integración local para los distintos proyectos tecnológicos de generación eléctrica. Nótese que algunas tecnologías involucran más de un escenario de contenido local, los cuales se detallan en cada apartado por tecnología. También se tienen en cuenta en el empleo los otros segmentos de la actividad energética -que surgen de la construcción la central de generación-, la operación y el mantenimiento y la fase de transporte de la generación eléctrica para obtener una dimensión completa de los impactos socioeconómicos.

Matriz de indicadores de inversión e impacto económicos por tecnología y esquema de proceso de aplicación de las relaciones técnica

Una de las variables más relevantes al momento de la selección de las tecnologías de generación eléctrica es indudablemente el impacto en el nivel de actividad directo e indirecto y en el empleo generado en las cadenas locales de valor. No se trata de hacer una evaluación estática de cuánto empleo se verifica a la fecha sobre cada tecnología – dato que podría surgir directamente de estadísticas sectoriales - sino de prospectar el futuro sobre la transición de una matriz energética en base a los multiplicadores y a las elasticidades empleo/potencia instalada según las diversas tecnologías, que nos lleven a cifras comparables entre sí.

La aplicación posterior de los coeficientes de impacto en el empleo y actividad por megavatio nuevo instalado sobre los escenarios energéticos permite prospectar a nivel agregado los efectos de la transición energética sobre el empleo en función de la

participación relativa de cada tecnología en la generación eléctrica. Es decir, los efectos socio-productivos que tiene el desarrollo de la cadena de valor relacionados con las especificidades de cada tecnología

Para los indicadores de *impacto de Costo de Proyecto Inversión* se desagregaron las distintas etapas que implica la construcción de la central de generación según la fuente tecnológica en sus años de vida útil. Se trabajó con un supuesto de tamaño de la central por tecnología en potencia de megavatio. Estos representan el costo de inversión inicial en la obra civil y montaje y los bienes de capital y electromecánicos, los costos de operación y mantenimiento anuales de generación eléctricas que involucrados a cada tecnología según modelo de generación y los costos de inversión del transporte de la generación eléctrica desde la generación hasta la distribución del sistema interconectado eléctrico.

La instalación de la infraestructura de transporte del tendido eléctrico desde la central de generación hasta el punto de conexión para la distribución de las líneas eléctricas involucra los costos de construcción, montaje e instalación y los bienes electromecánicos. En este caso se calculó un supuesto de una cantidad de kilómetros de extensión desde la central de generación hasta el punto de distribución para cada tecnología de generación y sobre la capacidad de la línea de transmisión en megavatio. En el caso de gas para la alimentación de centrales térmicas, se estimó el costo de gasoductos desde la producción de gas hasta el uso de la central.

Los indicadores de *impacto económico* representan los efectos amplificadores en la actividad local y en el sostenimiento del empleo de la participación que se realiza en la compra de los bienes locales industriales en la inversión de la central de generación. Esta participación local en la construcción específica para cada tecnología de generación varía según los escenarios construidos de integración local. Estos impactos involucran los efectos directos sobre las partes y piezas nacionales utilizadas en la manufactura del bien de capital y sus compras indirectas en el proceso de manufactura.

Para los multiplicadores de la actividad local se efectuó un promedio de los sectores relacionado al electromecánico derivados de la matriz insumo-producto de 2004⁶² que expresa el incremento de la demanda directa e indirecta del sector por cada incremento de la demanda de inversión. El valor del coeficiente actualizado es de 1,9 para el promedio del sector electromecánico por arriba del promedio de actividad total.

Con relación al empleo se construyó con información de las cuentas nacionales referidas al valor bruto de producción industrial vinculada a los datos de empleo industrial registrados provisto por el Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial (OEDE) del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación (MTEySS). A partir de esta información se elaboró un indicador que funciona como una aproximación a la intensidad de uso del factor trabajo en la producción. El requerimiento del empleo por unidad de valor de producción equivale a 5,9 trabajadores ocupados por cada millón de dólares de demanda adicional directa en el sector industrial argentino.

El indicador de *Integración Local de los bienes electromecánicos* implica la participación de los partes, piezas, componentes o procesos industriales locales usados en la construcción de los bienes de capital industrial para la central de generación ponderado por su importancia en el valor de los costos de fabricación. Se construyó usando la desagregación de costos de cada bien de capital requerido por cada tecnología. Para cada bien de capital industrial de cada tecnología se asignó las posibilidades actuales o potenciales factibilidad de incorporación de los componentes o procesos industriales locales ponderado según su importancia en los costos y

⁶² A la matriz del año 2004 se aplicó una actualización de los coeficientes a 2019 para reflejar los cambios en los precios relativos y variaciones del tipo de cambio.

ajustado por la proporción del valor agregado que representa los bienes nacionales en el bien de capital final.

La **Tabla 18** resume la formulación, conceptos y dimensiones de los indicadores elaborados.

TABLA 18. Dimensiones de los indicadores del impacto del costo de inversión, empleo, actividad e integración			
Dimensión	Concepto / objetivo	Formulación	Dato / unidad de medida
Indicadores del impacto del costo de inversión del proyecto central de generación eléctrica			
Costo Inversión de capital del proyecto de central de generación (CAPEX TOTAL)	Demanda de inversión inicial en la construcción y montaje y los bienes de capital y electromecánicos específicos para cada tecnología de la central de generación	Gasto de inversión proyecto en dólares relativo a unidades de megavatio de generación	Millones de dólares por unidad de megavatio
Costo inversión obra civil y montaje de central (CAPEX OBRA CIVIL)	Demanda de inversión inicial en la obra civil, servicios de ingeniería y diseño y montaje para cada tecnología de la central de generación	Gasto de inversión inicial en obra civil y montaje en dólares relativo a unidades de megavatio de generación	Millones de dólares por unidad de megavatio
Costo inversión industrial (CAPEX INDUSTRIAL)	Demanda de inversión inicial en los bienes de capital y electromecánicos involucrados en cada tecnología para la generación eléctrica.	Gasto en DÓLARES bienes capital y electromecánico relativo a unidades de megavatio de generación	Millones de DÓLARES por unidad de megavatio
Costo de Operación y Mantenimiento (OPEX)	Gasto requerido para el funcionamiento de cada central de generación durante su ciclo de vida completo	Gasto en DÓLARES de operación y mantenimiento durante su ciclo de vida completo	Millones de DÓLARES anuales por unidad de megavatio
Costo de inversión en Infraestructura de Transporte (CAPEX de TRANSPORTE)	Demanda de inversión inicial para la instalación de la infraestructura (construcción, montaje e instalación y los bienes y servicios) desde la central de generación hasta el punto de conexión para la distribución de las líneas eléctricas. Involucra	Gasto en DÓLARES de inversión inicial relativa a unidades de megavatio	Millones de DÓLARES por unidad de megavatio
Indicadores de impacto de empleo y de actividad local de los bienes electromecánicos en el proyecto de inversión			
Multiplicador de la inversión en el mercado local	Incremento de la demanda interna directa e indirecta generada por el gasto de inversión de capital para cada tecnología expresada en unidades de megavatio de potencia de la central eléctrica.	Multiplicador de actividad del sector bienes de capital local en dólares por coeficiente de participación de bienes locales electromecánicos en el proyecto relativo a unidades de megavatio de la central tecnológica	Millones de dólares en mercado interno por unidad de megavatio
Multiplicador de Empleo industrial de la inversión en bienes electromecánicos locales	Requerimiento de empleos directo e indirecto de cada tecnología derivada del incremento en la demanda directa en bienes locales expresada en megavatio.	Requerimiento por unidad de empleo industrial por cada 1.000 millones de dólares del valor bruto de producción industrial x la incidencia de la demanda interna directa de bienes electromecánicos en cada tecnología relativo a unidad de megavatio de la central de generación.	Puestos de trabajos asalariados privados por unidad de megavatio
Multiplicador de Empleo de la inversión inicial en obra civil y montaje	Requerimiento de empleos directo generados por la inversión inicial en la obra civil y montaje.	Cantidad de empleo utilizada directa por cada dólar de inversión en construcción relativo a unidad de megavatio de la central de generación	Puestos de trabajos asalariados privados por unidad de megavatio

Multiplicador de Empleo del gasto de operación y mantenimiento de la central eléctrica durante su vida útil	Requerimiento de empleos directo para mantener en funcionamiento la central eléctrica en su ciclo de vida	Cantidad de empleo utilizada directa por cada dólar de gasto en operación y mantenimiento relativo a unidad de megavatio de la central de generación	Puestos de trabajos asalariados privados por unidad de megavatio
Integración local de los bienes electromecánicos locales en los costos de inversión de bienes de capital del proyecto			
Incidencia de los bienes locales electromecánicos en el gasto de inversión de bienes de capital del proyecto de inversión	Participación de los bienes finales industriales locales usados directamente en la inversión de capital y/ o bienes intermedios (parte y piezas, componentes o procesos industriales) integrados por su importancia en el valor de los costos de fabricación de los bienes de capital industrial requeridos para la central de generación eléctrica	Ratio de las compras de bienes finales / intermedios industriales locales con relación al costo de inversión de los bienes electromecánicos del proyecto ajustado por el valor agregado añadido local en los procesos de fabricación del bien de capital final.	En porcentaje del gasto de capital de la inversión de bienes electromecánicos totales del proyecto de inversión

Fuente: Elaboración propia.



Todas las relaciones técnicas de impacto utilizadas están medidas en relación con unidades de potencia de generación eléctrica (megavatio) lo cual admite la comparación entre las distintas tecnologías sobre la base de unidades de generación y empleo comparables. Así, también los indicadores de costos de inversión en cada etapa y la actividad económica local generada están expresados en millones de dólares estadounidenses por unidad nueva de megavatio instalado de potencia. En tanto que los indicadores de empleo – directo, afectado directamente a la producción de bienes para la generación, e indirecto, vinculada a la multiplicación de actividad industrial indirecta sobre la base de estimaciones de la matriz-insumo producto - refiere a relación de cantidad de ocupados por cada nueva unidad de megavatio de potencia instalado. El **Gráfico 4** resume el proceso de determinación del empleo para cada tecnología considerando los conceptos anteriores.

Nótese algunas limitaciones del proceso de construcción de la estimación del empleo para tener en cuenta:

- Los costos de inversión de capital (CAPEX) de cada tecnología varían según la escala de cada proyecto específico considerado y los efectos de cambios en los precios relativos (tipo de cambio) podría generar modificaciones en la competitividad industrial

- Los escenarios de integración local fueron construidos a partir de supuestos de proyectos de inversión específicos, información relevante de los actores los mercados e informes especializados. Ello permitió obtener la separación de las compras locales e importadas y estructuras del costo del bien de capital relevante en la tecnología de generación. Se parte de situaciones conocidas y alcanzables en la práctica, ya sea en el presente o en situaciones pasadas en condiciones de ser replicadas a futuro. Esta información nos permitió descomponer a los bienes de capital por sus componentes principales y evaluar la factibilidad y/o posibilidad de participación local.
- La actividad local representa la participación del mercado local de bienes electromecánico en el gasto de inversión de los bienes de capital para la construcción de la central de generación. No se considera los efectos de la actividad local en construcción y montaje su composición de bienes involucrados que en general no son comercializados con el exterior.
- A la relación de actividad directa por la compra de bienes locales se aplica el porcentual de participación de impacto indirecto generado por la cadena de suministros por la producción de ese bien local. Para desagregar las relaciones directas e indirectas de actividad se utilizó las participaciones obtenidas en la matriz de insumo-producto de 1997⁶³.
- El empleo expresa el impacto directo e indirecto en la ocupación por el derrame generado por la participación directa de las compras bienes industriales locales. A esta relación de empleo directa se aplica el porcentual de participación del impacto indirecto en el empleo generado por la cadena de suministros por la producción directa del bien. En los casos de las relaciones directas e indirectas se utilizaron las participaciones obtenidas en la matriz de insumo-producto de 1997.
- Hay que remarcar que el efecto del empleo en la obra civil y montaje se agota en el proceso de construcción a diferencia del empleo producto de la integración que se sostiene en el tiempo. Para este caso se utilizó información secundaria de la secretaria de energía y de proyectos específicos para construir las relaciones directas de empleo requerido en el proceso de construcción.

En síntesis, se hizo necesario el diseño de mecanismos de estimación ad-hoc sobre la base de proyectos de inversión representativos de cada tecnología, a sabiendas de que no necesariamente reflejarán a la perfección la multiplicidad de inversiones y sitios de generación futura. Además, en algunos casos las escalas de los proyectos de cada tecnología pueden afectar la mayor o menor participación de los componentes electromecánicos e industriales, el peso de las obras civiles y de los costos de operación y mantenimiento en la matriz de costos y empleo. Aun así, es posible tener estimaciones generales que pueden ser corregidas por proyectos que se desarrollen en el futuro, generando un modelo dinámico, sin afectar significativamente la posición relativa de cada tecnología según su aporte al empleo.

⁶³ La matriz COU de 2004 no permite distinguir entre efectos directos e indirecto por lo tanto se utilizó las proporciones de la matriz de 1997 que es la última disponible.

Acerca de los autores



Las opiniones expresadas en este documento no reflejan necesariamente la posición institucional de CIPPEC en el tema analizado.

Sergio Drucaroff

– Investigador asociado del Programa de Desarrollo Económico de CIPPEC
Magíster en Economía y Desarrollo Industrial con especialización en Pequeñas y Medianas Empresas (Universidad Nacional de General Sarmiento) y Licenciado en Economía (Universidad de Buenos Aires).

Paulo Farina

- Investigador asociado del Programa de Desarrollo Económico de CIPPEC
Licenciado en Economía (Universidad de Buenos Aires) y postgrado en Finanzas (Universidad Torcuato Di Tella).

Diego Rivas

– Consultor del Programa de Desarrollo Económico de CIPPEC
Magister en Economía y licenciado en Economía (Universidad de Buenos Aires).

Los autores agradecen los valiosos intercambios, aportes técnicos y comentarios a versiones preliminares de este documento de todos los miembros del consorcio de donantes del proyecto de investigación: AES Argentina, Asociación de Generadores de Energía Eléctrica de la República Argentina (AGEERA), Cámara Eólica Argentina Asociación Civil (CEA), Pampa Energía, Excelerate Energy, Genneia, Goldwind Argentina y Nordex Windpower.
También agradecen a Alberto Calsiano (UIA), Tomás Canosa (ADIMRA), Roberto Bisang (FCE-UBA/CONICET), Ariel Masut (YPF), Jorge Katz (Universidad de Chile), Ricardo de Dicco (NA-SA).
Se exime a todos ellos de cualquier error u omisión que pudiera subsistir en este documento.

Para citar este documento:

Drucaroff, S., Farina, P. y Rivas, D. (diciembre 2020). Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo en el marco de la transición energética argentina. *Documento de Trabajo N°199*. Buenos Aires: CIPPEC.

Por medio de sus publicaciones, CIPPEC aspira a enriquecer el debate público en la Argentina con el objetivo de mejorar el diseño, la implementación y el impacto de las políticas públicas, promover el diálogo democrático y fortalecer las instituciones.

Los Documentos de Trabajo de CIPPEC buscan contribuir al conocimiento sobre un tema, ser una fuente de consulta de investigadores y especialistas, y acortar la brecha entre la producción académica y las decisiones de política pública.

CIPPEC alienta el uso y divulgación de sus documentos sin fines comerciales. Las publicaciones de CIPPEC son gratuitas y se pueden descargar en www.cippec.org

¿QUIÉNES SOMOS?

CIPPEC es una organización independiente, apartidaria y sin fines de lucro que produce conocimiento y ofrece recomendaciones para construir mejores políticas públicas.

¿QUÉ HACEMOS?

CIPPEC propone, apoya, evalúa y visibiliza políticas para el desarrollo con equidad y crecimiento, que anticipen los dilemas del futuro mediante la investigación aplicada, los diálogos abiertos y el acompañamiento a la gestión pública.

¿CÓMO NOS FINANCIAMOS?

CIPPEC promueve la transparencia y la rendición de cuentas en todas las áreas de la función pública y se rige por esos mismos estándares. El financiamiento de CIPPEC está diversificado por sectores: cooperación internacional, empresas, individuos y gobiernos. Los fondos provenientes de gobiernos se mantienen por debajo del 30 por ciento del presupuesto total.

www.cippec.org



@CIPPEC



@CIPPEC



/cippec.org



/cippec