

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado

MAESTRÍA EN FINANZAS

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Energía nuclear, impacto eco-financiero, social y
ambiental (período 2006-2022)

AUTOR: ELIANA RAMOS GALKER

DIRECTOR: DR.GUSTAVO TAPIA

MAYO 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN AL TEMA	5
1.1 Presentación Del Tema	5
1.2 Fundamentación Del Tema/Problema De Investigación	6
1.3 Objetivos De Investigación	9
1.4 Hipótesis	9
1.5 Metodología Y Técnicas A Utilizar	10
1.6 Anticipo De Resultados Generales	11
1.7 Estructura De La Tesis	12
2 MARCO TEÓRICO	14
1.1 Introducción	14
1.2 Matriz Energética, Rol De La Energía Nuclear	14
1.3 Evaluación De Proyectos De Inversión	18
1.4 Tipos De Proyectos De Inversión Nucleares	20
1.5 Coyuntura Política En Las Decisiones De Inversión En Proyectos Nucleares	23
1.6 Gestión De Riesgo Y El Sector Eléctrico	25
1.7 Energía Nuclear, El Medio Ambiente Y La Sociedad	26
1.8 Conclusiones Parciales A Partir Del Marco Teórico	28
3 ROL DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN LA MATRIZ ENERGÉTICA	30
3.1 Introducción	30
3.2 Descripción De Las Fuentes De Energía	30
3.3 Matriz Energética A Nivel Mundial	31
3.4 Matriz Energética En Argentina, Diversificación Y Proyección Futura	34
3.5 Contexto Actual Nacional E Internacional De La Energía Nuclear	50
3.6 Conclusiones Parciales A Partir Del Rol De La Energía Nuclear En La Matriz Energética	51
4 LAS CENTRALES NUCLEARES ARGENTINAS Y SU BIEN GENERADO	53
4.1 Introducción	53
4.2 Empresa Generadora Y Comercializadora De Energía Eléctrica	53

4.3	Descripción De Las Centrales Nucleares Argentinas Actuales _____	55
4.4	Desafíos Futuros Nucleares Argentinos _____	57
4.5	Características Del Bien Generado, Comercialización Y Riesgo Asociado _____	59
4.6	Conclusiones Parciales A Partir De La Descripción De Las Centrales Nucleares Argentinas Y Su Bien Generado _____	63
5	FINANCIAMIENTO DE LOS PROYECTOS NACIONALES NUCLEARES _____	64
5.1	Introducción _____	64
5.2	Características De Los Financiamientos De Los Proyectos Nacionales _____	64
5.3	Tipos De Proyectos Nacionales Nucleares _____	66
5.4	Características Relevantes De Cada Proyecto Nacional Nuclear _____	67
5.5	Comparación Del Financiamiento Entre Los Distintos Proyectos Nacionales Nucleares ____	70
5.6	Conclusiones Parciales A Partir Del Análisis Del Financiamiento De Los Proyectos Nacionales Nucleares _____	82
6	EVALUACIÓN DE INVERSIÓN EN PROYECTOS NACIONALES NUCLEARES _____	84
6.1	Introducción _____	84
6.2	Central Nuclear Y Ciclo Combinado De Última Generación _____	84
6.3	Extensión De Vida De Central Nuclear Embalse _____	85
6.4	Instalación De Un Ciclo Combinado De Última Generación _____	88
6.5	Hipótesis Y Datos _____	88
6.6	Resultados Obtenidos _____	90
6.7	Conclusiones Parciales A Partir De La Evaluación De Inversión En Proyectos Nacionales Nucleares _____	92
7	ENERGÍA NUCLEAR, EL MEDIO AMBIENTE Y LA SOCIEDAD _____	93
7.1	Introducción _____	93
7.2	Energía Nuclear Entre El Resto De Las Fuentes De Energía _____	94
7.3	Energía Nuclear Y El Medio Ambiente _____	103
7.4	Energía Nuclear Y La Sociedad _____	108
7.5	Conclusiones Parciales A Partir De La Relación De La Energía Nuclear Con El Medio Ambiente Y La Sociedad _____	120

8	CONCLUSIONES	123
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
	ANEXO I	151
	ANEXO II	179
	ANEXO III	182
	ANEXO IV	186

1 Introducción Al Tema

1.1 Presentación Del Tema

Desde hace años uno de los mayores desafíos a nivel mundial del siglo XXI es la diversificación de la matriz energética. El motor impulsor se debe principalmente a la demanda de energía en crecimiento como consecuencia del desarrollo socioeconómico, esto ligado a la búsqueda de fuentes de energías alternativas, renovables y no contaminantes, para reemplazar a la producida por combustibles fósiles (García Delgado, 2007).

Especialmente por eso, la Argentina ha decidido invertir en la construcción de centrales nucleares que producen energía considerada limpia¹. Es decir, aportando a la matriz energética un recurso necesario para todos los habitantes del país respetando el medio ambiente. Actualmente Argentina cuenta con tres centrales nucleares en funcionamiento, con dos proyectos en construcción y con ansias de nuevos emprendimientos nucleares. En este sentido, según *Los escenarios energéticos 2030* publicado en el año 2019 por la Secretaría de Energía, se prevén para el año 2030 inversiones en energía renovables y nuclear que incrementarían la diversificación de la matriz de generación eléctrica reduciendo la participación térmica (entre 32% y 43% en 2030, frente a 64% en 2018) la cual pasaría de ser un tercio libre de emisiones a ser aproximadamente dos tercios provenientes de fuentes limpias. Y en cumplimiento de la ley Energías Renovables (Ley 27.191)², se alcanzaría el 20% de cubrimiento del consumo de energía eléctrica en el año 2025 y el 25% en el año 2030.

Si bien la tendencia a nivel mundial es aumentar la generación de energía considerada limpia, la decisión de inversión en proyectos para tal fin no es trivial. En este sentido, el contexto sociopolítico influye de manera dispar en cada proyecto. Por eso, amerita estudiar esos procesos de negociación política para comprender de qué manera influyen en particular en los proyectos nucleares.

¹Se puede acceder a diversa documentación para profundizar tales como:

<https://www.iaea.org/es/newscenter/news/de-que-manera-la-energia-nuclear-puede-reemplazar-al-carbon-en-la-transicion-a-una-energia-limpia>

²Para más información acerca de la Ley 27.191 de energías renovables:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>

Este estudio sumará a la literatura actual sobre el impacto provocado por la energía nuclear en el marco de la matriz energética argentina desde un análisis de viabilidad económica, financiera, social y ambiental desde que se reactivó el Plan Nuclear en nuestro país para cubrir las necesidades energéticas.

1.2 Fundamentación Del Tema/Problema De Investigación

La energía es un recurso fundamental para el desarrollo de cualquier sociedad. Actualmente en Argentina la industria energética es el sector económico con mayor emisión de gases de efecto invernadero, según lo reportado en el período comprendido entre los años 2016 y 2018 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el informe *Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*³.

Es decir, como se expone en el *Balance de Gestión en Energía 2016- 2019*⁴, un gran porcentaje de la producción de energía proviene de recursos naturales fósiles. Y, en este sentido, nuestro país atraviesa una crisis en materia energética. Durante los últimos años, Argentina ha tenido que importar energía, ya sea gas natural⁵ y gas oíl para la generación eléctrica o naftas. El abastecimiento energético tiene hoy un rol protagónico. En el caso particular del gas natural, este se utiliza mayormente para la generación térmica. Su costo de importación es varias veces superior al precio de venta⁶, y esto impacta en el presupuesto del Estado Nacional. Es por eso, entre otras cosas, que el auto abastecimiento y el compromiso con el medio ambiente y la sociedad nos conducen a pensar en diversificar la matriz energética.

En este contexto, en función a los estudios reportados en el *Balance de Gestión en Energía 2016- 2019*, la oferta interna total de energía alcanzó en el año 2018 los 82,1 mil ktep. La energía que ha sido producida localmente es 87,5% de origen fósil, correspondiendo un 58,4% a gas natural, 27,7% a petróleo y derivados y 1,4% a carbón

³El reporte completo se puede encontrar en: <https://datos.gob.ar/dataset/ambiente-emisiones-gases-efecto-invernadero-gei>

⁴El reporte completo se puede encontrar en: https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis_balance/2019-12-09_Balance_de_Gestion_en_Energia_2016-2019_final_y_anexo_pub_.pdf

⁵<https://www.iprofesional.com/negocios/342073-por-que-argentina-importa-gas-a-pesar-de-vaca-muerta>

⁶<https://mase.lmneuquen.com/gas/la-argentina-el-alto-costo-importar-el-gas-n822350>

mineral. La energía hidráulica y nuclear aportaron un 5,3% y 2,3%, respectivamente, y las renovables (biomasa, biocombustibles, eólica y solar) un 4,6%.

En referencia a lo recién mencionado, la intención a nivel mundial de disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) se intensifica luego del acuerdo de París en 2015, a partir de la 21^a Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 21)⁷. Por lo tanto, resulta fundamental reflexionar sobre el rol que tiene el sector energético. Principalmente entendiendo que representa dos tercios de las emisiones totales de gases de efecto invernadero y 80% de CO₂ (OIEA, 2017)⁸.

En concordancia con lo planteado, para mitigar el cambio climático es necesario que suceda una transformación de la matriz de energía primaria; es decir, que se sustituya el petróleo, carbón y gas natural por fuentes de energía que no contaminen. Entre las fuentes de energía limpias se encuentran la energía nuclear (Dohee Hahn, 2020, pág.24)⁹ que es en la que nos focalizaremos a lo largo del presente documento.

Cabe mencionar que apostar a la descarbonización de la matriz energética argentina, significa mucho más que el aspecto ambiental, implica un fuerte impulso para las economías regionales, mejoras de los niveles de empleo calificado y una oportunidad para la industria nacional de abastecer el proceso de crecimiento (Enrique Maurtua Konstantinidis, 2018)¹⁰.

Es por eso que nuestro punto de partida temporal para el análisis de la política energética es a partir de la reactivación del Plan Nuclear Argentino, donde se buscaba renovar y reactivar el desarrollo de la energía nuclear en Argentina. El plan original se había creado en el año 1950 y se reactivó en el año 2006. Se estudiará el impacto en la sociedad argentina. Es decir, se analizará la influencia en la industria nacional, en la tasa de empleo formal, en el PBI, en las exportaciones, el progreso de zonas con alto riesgo de despoblación aledañas a las centrales nucleares, entre otros.

⁷Dicho acuerdo, que rige a partir del año 2020, pretende mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2°C, haciendo todo lo posible para llegar a 1.5°C. Para más información: <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/acuerdo-paris-la-convencion-marco-cambio-climatico>

⁸Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). pertenece a las organizaciones internacionales conexas al Sistema de las Naciones Unidas.

⁹Dohee Hahn, director de la División de Energía. Nucleoeléctrica del OIEA.

¹⁰Enrique Maurtua Konstantinidis. Consultor Senior de Política climática. Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN).

Pese a que la energía nucleoelectrica tiene a favor que no emite gases de efecto invernadero, es flexible y continua, y que también puede complementar los suministros cuando no estén disponibles otras fuentes renovables (como por ejemplo la energía eólica o solar), uno de los mayores desafíos reside en la parte económica. Es decir, a pesar de todos los beneficios que la caracteriza a la energía nucleoelectrica, la financiación de una nueva central exige un elevado desembolso de capital inicial y una inversión a largo plazo (OIEA, septiembre 2020).

Por diversos motivos, la decisión de apostar a proyectos nucleares es uno de los puntos más complejos en relación con el desarrollo de un programa de generación nucleoelectrica, dada su característica de requerimientos intensivos en capital y su largo plazo de construcción. A estas características, se les suma la incertidumbre regulatoria que puede traer más demoras en la construcción y la opinión de la sociedad (Barbarán Gustavo, 2015).

Una forma de que estas inversiones en construcciones de nuevas centrales nucleares se vuelvan más atractivas es por medio de políticas innovadoras de financiamiento y de mercado (OIEA, septiembre 2020). Así también lo manifiesta Maria G. Korsnick, presidenta y directora general del Instituto de Energía Nuclear (2020, pág. 24) “Los enfoques innovadores en materia de políticas de financiación y de mercado en la industria nuclear pueden ayudar a atenuar la incertidumbre y contrarrestar las fluctuaciones del mercado”.

Y como expresa Wei Huang, director de la División de Planificación, Información y Gestión de los Conocimientos del OIEA (2020):

El mercado energético está cambiando, y se ha vuelto más impredecible en muchos países porque estos están diversificando sus fuentes de energía a fin de descarbonizarse, lo cual ha dado lugar a mayores fluctuaciones en los precios y los suministros de energía. Este mercado, más volátil, contribuye a la incertidumbre planteada por el compromiso con tecnologías de vida larga que exigen un uso intensivo de capital y suponen elevados costos por adelantado, como la energía nucleoelectrica. (pág. 24)

En este estudio, en el contexto de la situación energética actual en Argentina y la estimada para el futuro, se pretende responder a la pregunta principal ¿cuál es el impacto económico-financiero, social y ambiental provocado por la energía nuclear (período 2006-2022)?

Es decir, a lo largo de este trabajo se intenta responder a las siguientes preguntas específicas:

¿Cómo influye la coyuntura sociopolítica en las decisiones de inversión en proyectos nucleares en Argentina desde la reactivación del Plan Nuclear?

¿Qué características tienen los financiamientos de los proyectos nucleares en Argentina?

¿Cómo impacta social y ambientalmente la energía nuclear en Argentina?

1.3 Objetivos De Investigación

El objetivo general de este trabajo reside en analizar el impacto económico financiero, social y ambiental de la energía nuclear en Argentina (período 2006-2022).

En este sentido, abarcando el período desde la reactivación del Plan Nuclear hasta el año 2022.

Para este objetivo principal se desarrollaron tres objetivos específicos:

- 1- Analizar la coyuntura sociopolítica que tuvieron y tiene tienen lugar en las decisiones de inversión en proyectos nucleares en Argentina.
- 2- Examinar las características del financiamiento de los proyectos nucleares en Argentina.
- 3- Estudiar y reconocer el impacto social y ambiental de la energía nuclear en la Argentina.

1.4 Hipótesis

En este análisis se sostiene que se presentan similitudes entre el tipo de financiamiento e inversión de los diversos proyectos nucleares nacionales que se llevaron a cabo desde su evolución hasta el 2022. Esto dependiendo del tipo de proyecto y fundamentalmente de la coyuntura política, entre otros motivos, a la hora de toma de decisiones.

Por otro lado, se mantiene la idea de que los proyectos nucleares se presentan, gracias a sus características, como una opción muy conveniente junto con las energías renovables para diversificar la matriz energética actual. Generando, por un conjunto de aspectos, un impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente,

1.5 Metodología Y Técnicas A Utilizar

Este estudio se llevará a cabo utilizando un enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo.

Desde el enfoque cualitativo (inductivo) se realizará un análisis documental donde se buscará comprender, interpretar y reflexionar en profundidad acerca del impacto de la energía nuclear económico financiero, social y ambiental (periodo 2006-2020). “El objetivo del análisis cualitativo de los datos es comprender en profundidad, ya sea con el propósito de generar teoría y/o verificar teoría. Los procedimientos analíticos son actividades de teorización” (Fassio, Pascual, y Suárez, 2002, pág. 167).

Se abordará un enfoque cuantitativo (deductivo) a partir de modelos económicos, variables macroeconómicas (PBI, tasa de empleo formal, exportaciones, inflación), indicadores financieros, y no financieros (progreso de zonas con alto riesgo de despoblación entre otros). Esto permitirá realizar un análisis objetivo en el que el investigador se aleja de sus valores y creencias en relación con el sujeto estudiado, más específicamente como Sautú (2005) señala “El investigador (sujeto) debe separarse de su objeto de estudio para poder generar conocimiento objetivo sobre él; hay una realidad de naturaleza objetiva, y los valores del investigador no debe influir en el proceso de conocimiento” (Sautú, pág.46).

Respecto al diseño de investigación, para poder responder a los objetivos generales y específicos, será mayormente correlacional, de manera de cuantificar el grado de vinculación entre las variables (entre ellas nivel de inversión en centrales nucleares con tasa de empleo o con actividad industrial nacional), y en menor medida descriptivo.

El estudio será longitudinal, y se aplicará un diseño de tipo panel, donde se tomarán las observaciones (tales como tasa de empleo formal, PBI, industria nacional) a distintos tiempos sobre las mismas unidades durante el período establecido, (periodo 2006-2022).

El objeto de estudio será la energía nucleoelectrica, mientras que las unidades analizadas serán los cuatro proyectos nucleares argentinos. El período de tiempo se medirá en años.

La fuente de datos cuantitativos y cualitativos será del tipo secundaria. Proveerán de información publicada por el Ministerio de Economía, por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)¹¹, por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). También a través de los informes energéticos de la Subsecretaría de planeamiento Energético. A su vez, a través de informes que especifiquen las metas físicas, presupuestos, valuaciones, entre otros, confeccionados por la empresa operadora de las tres centrales nucleares, Nucleoelectrica Argentina S.A. (NASA)¹². O por proveedores de esta tales como: las empresas CONUAR¹³, IMPSA¹⁴, DIOXITEC¹⁵.

Así mismo analizando distintas publicaciones que proporcionen información desde los inicios de la incorporación de la energía nuclear al país donde vinculen los proyectos nucleares con el contexto político. Las fuentes a consultar serán: memorias anuales de cada una de las empresas, artículos y notas periodísticas, discursos de dirigentes históricos y actuales, artículos y libros publicados, sitios web, entre otros. También, en tal caso, podrían entrevistarse a protagonistas de los sucesos relevantes en estudio. De esta manera, se podrá elaborar un marco de referencia cronológico con los hitos más relevantes que influyeron e influyen en la toma de decisiones.

1.6 Anticipo De Resultados Generales

Los resultados de esta investigación permitirán suponer que se presentan similitudes entre los financiamientos de los diversos proyectos nucleares nacionales que se llevaron a cabo desde su evolución hasta el 2022, dependiendo del tipo de proyecto y de la coyuntura

¹¹La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) es el organismo gubernamental del Estado argentino a cargo de la investigación y el desarrollo de la energía nuclear. Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/cnea>

¹²Nucleoelectrica Argentina S.A. (NA-SA) es la empresa encargada de generar y comercializar la energía eléctrica a través de las centrales nucleares. Para más información: <https://www.na-sa.com.ar/>

¹³CONUAR (Combustibles Nucleares Argentinos S.A.) empresa creada en 1981. Para más información: <http://www.conuar.com/quienes-somos/>

¹⁴Industrias Metalúrgicas Pescarmona Sociedad Anónima (IMPSA) empresa fundada en 1907 de soluciones integrales para la generación de energía. Para más información: <https://www.impsa.com/>

¹⁵DIOXITEC es una empresa que fue creada por el Poder Ejecutivo Nacional en 1996 y puesta en marcha en 1997. Se dedica a generar polvo de dióxido de uranio y a producir fuentes selladas de Cobalto 60. Para más información: <https://dioxitek.com.ar/>

política entre otros motivos. Así también, se podrá evaluar si los proyectos nucleares son convenientes para diversificar la matriz energética actual y se abordaran desafíos futuros. Por otro lado, este trabajo logrará evidenciar con claridad los aspectos positivos en el medio ambiente y la sociedad de la energía nuclear en comparación con el resto de las fuentes de energía.

Este estudio aportará a la literatura actual sobre el impacto de la energía nuclear en el contexto de la matriz energética argentina desde la perspectiva de viabilidad económica, financiera, social y ambiental a partir de la reactivación del Plan Nuclear nacional para cubrir las necesidades energéticas.

1.7 Estructura De La Tesis

El trabajo se realizó en 8 capítulos.

El Capítulo 1 es este capítulo introductorio que estamos desarrollando, donde se presentó y fundamentó el tema, se expusieron los objetivos de investigación y las hipótesis que se van a demostrar a lo largo del documento. También se expuso la metodología aplicada y se dio un anticipo de los resultados esperados.

El Capítulo 2 aborda el marco teórico, cuyo análisis de aquellas teorías y enfoques teóricos sirvieron de encuadre del problema de investigación.

En el Capítulo 3 se analiza el rol de la energía nuclear en la matriz energética a nivel mundial y en particular en Argentina. Se describen las fuentes de energía. Se plantea la esperada transición eléctrica global para el año 2040. Se detalla la diversificación y proyección futura de la matriz energética nacional. En una última instancia se hace foco en el contexto actual mundial de la energía nuclear abordando entre otras temáticas, potencia instalada en operación, países involucrados y cantidad de reactores en construcción.

En el Capítulo 4 se presenta la empresa Nucleoeléctrica Argentina S.A, la cual se encarga de generar y comercializar la energía eléctrica a través de las centrales nucleares. Y cuando se tuviese por objetivo la eventual construcción de futuras centrales nucleares en territorio nacional, también lleva a cabo el gerenciamiento de los proyectos.

Se describen las centrales nucleares argentinas actuales en funcionamiento y los desafíos futuros. Se exponen las características del bien generado, ahondando en su comercialización y los riesgos asociados.

En el Capítulo 5 se analiza el financiamiento de los distintos proyectos nacionales nucleares. Para ello se los dividió en tres grandes grupos dependiendo de las características del proyecto de inversión y por consiguiente del tipo de financiamiento. Así es cómo podemos distinguir proyectos de centrales nucleares finalizadas y en operación, proyectos de centrales nucleares ya existentes y proyectos futuros de centrales nucleares. Cabe destacar que, se expone la influencia sociopolítica en las etapas de financiamiento de los distintos proyectos nucleares, con sus consecuencias en las diferentes variables macroeconómicas (tales como tasa de empleo, PBI, inflación).

En el Capítulo 6 se evalúa la necesidad de invertir en proyectos nacionales nucleares. Se compara la viabilidad económica financiera, de un proyecto nuclear y otro de otra energía con similares características (ciclo combinado de última generación).

En el Capítulo 7 se analiza la relación entre la energía nuclear, el medio ambiente y la sociedad. Se comparan las distintas fuentes de energía haciendo foco en la energía nuclear, destacando el impacto que genera en el medio ambiente y en la sociedad.

Por último, en el Capítulo 8 se exponen las conclusiones obtenidas luego del estudio realizado a largo del documento.

2 Marco Teórico

1.1 Introducción

Como punto de partida para poder responder a los objetivos planteados nos es indispensable estudiar ciertos aspectos y para ello recurrimos a bibliografía de referencia. Es decir, estudios realizados por científicos en el campo nuclear, energético, en el ámbito financiero, económico, social y ambiental entre otros.

Es por eso que se analizará el rol de la energía nuclear en la matriz energética, las situaciones y características de financiamiento de inversiones en empresas y proyectos vinculados con la eficiencia energética y tecnologías de producción de energías limpias. Destacando las ventajas y desventajas económicas financieras, sociales y ambientales de la mismas.

También se abordará literatura relacionada con la gestión de riesgo del sector eléctrico en Argentina.

Otra documentación en la que se profundizará será la vinculada con la evaluación de proyectos de inversión diferenciando los distintos tipos de inversión posibles, donde se ubicarán los proyectos de inversión nucleares. Conjuntamente se abordará la influencia política en las decisiones de inversión en este tipo de proyectos. Como así también se definirán los modelos económicos, variables macroeconómicas (PBI, tasa de empleo formal, exportaciones, inflación), indicadores financieros, y no financieros (progreso de zonas con alto riesgo de despoblación entre otros) y otros aspectos necesarios para el análisis del impacto financiero, social y ambiental.

1.2 Matriz Energética, Rol De La Energía Nuclear

Podemos definir el término “matriz energética” como la combinación de las diversas fuentes de energía primaria utilizadas para satisfacer las necesidades energéticas en una región geográfica determinada (Miciula, 2019).

Es decir, la matriz energética suele estar compuesta por los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), las energías renovables (hidráulica, eólica, solar, geotérmica y biomasa) y la energía nuclear.

La elaboración de la matriz energética de un país es el estudio en que se cuantifica la oferta, demanda y transformación de cada una de las fuentes de energía que proveen al país, así como al inventario de recursos disponibles, considerando para estas variables su evolución histórica y proyección futura (Riavitz, 2015). Se calculan anualmente y sirven para posibles comparaciones a lo largo de los años, como así también, con referencia a un momento determinado, con otros países de la región o a nivel mundial (Cárdenas, 2011).

El análisis de la matriz energética permite comprender la dinámica de los flujos energéticos relacionados con las principales actividades económicas y sociales de un país, un elemento fundamental para el desarrollo de políticas públicas que contribuyan a una transformación social y ambiental (Zárate y Ramírez, 2016).

Uno de los mayores desafíos de los últimos años, justamente es la diversificación de la matriz energética a nivel mundial. Que debido al desarrollo socioeconómico que no se detiene, la demanda de energía cada vez es mayor. Sumado a eso, se tiende a disminuir el consumo de elementos fósiles. Esto tomó más peso luego del acuerdo de París en 2015, a partir de la 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 21). Donde se pretende mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2°C. En este contexto, y teniendo en cuenta que el sector energético representa dos tercios de las emisiones totales de gases de efecto invernadero y 80% de CO₂, resulta fundamental reflexionar sobre el rol que tiene el sector energético (OIEA, 2017)¹⁶. Es decir, es necesario que en la matriz energética se sustituya el petróleo, carbón y gas natural por fuentes de energía que no contaminen. Entre las fuentes de energía limpias, como ya se mencionó, se encuentran la energía nuclear.

En el contexto mundial, durante el 2018 el 85% de la matriz energética estuvo integrada por el rubro hidrocarburos (34% de petróleo, 28% carbón mineral y 23% gas natural), mientras que las energías renovables contribuyeron con un 11% y el 4% con uranio.

¹⁶El informe completo se puede encontrar en:
https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/2017/gc62-3_sp.pdf

Con respecto a la matriz energética argentina, según lo informado por el *Balance Energético Nacional 2018*¹⁷, durante el 2018 se observa una similitud a lo detallado en el contexto mundial, con una gran dependencia hidrocarburífera. Es decir, el 30% de la matriz energética nacional está integrada por el petróleo y el 51% por gas natural de pozo, siendo la participación nuclear del 2%. En este sentido, el parque de generación nuclear de la Argentina actualmente dispone de tres reactores de potencia, que en conjunto representan 1.790 MWe instalados.

En función a los estudios reportados por la Subsecretaría de Planeamiento Energético en los *Escenarios Energéticos 2030*¹⁸, se plantea hacia el año 2030 un incremento considerable de la participación de energías renovables (hidroeléctrica, eólica, solar fotovoltaica, biocombustibles, biomasa y otros renovables) en la oferta interna total, casi duplicando su porción relativa observada en el año 2019. Dicho incremento surgiría principalmente como consecuencia del cumplimiento de la Ley Nacional 27.191 (Ley de Energías Renovables) y de un mayor corte efectivo de biocombustibles. A su vez, el retorno de las operaciones de la central nuclear de Embalse luego de su extensión de vida útil (2019) junto con el ingreso de la IV central nuclear (previsto para 2028) impactaría en el crecimiento de la participación de esta fuente.

A pesar de la difícil situación económica internacional, desde hace unos años existe un escenario favorable para el financiamiento de inversiones en empresas y proyectos vinculados con la eficiencia energética y tecnologías de producción de energías limpias (CEPAL, 2003, pág.5)¹⁹. En este sentido, la energía nuclear es considerada energía limpia, como ya se mencionó, tal como lo define Dohee Hahn, director de la División de Energía Nucleoeléctrica del OIEA (2020).

A medida que nos esforzamos por alcanzar un futuro con energía limpia, resulta evidente que la energía nucleoelectrica desempeñará un papel importante para

¹⁷http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_provinciales/2019_11_10_sintesis_balances_energeticos_2018_pub.pdf

¹⁸http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/planeamiento/2019-11-14_SsPE-SGE_Documento_Escenarios_Energeticos_2030_ed2019_pub.pdf

¹⁹La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) es un organismo creado en 1948, dependiente de la Organización de las Naciones Unidas, responsable de promover el desarrollo económico y social de la región. El documento citado puede encontrarse en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/6415/S036347_es.pdf

llevarnos a donde tenemos que estar. Para muchos inversionistas privados, empresas proveedoras de servicios y equipos, y entidades financieras estas inversiones resultan muy atractivas. Ya sea directamente o mediante fondos de inversión. Pero esta tendencia se ve dificultada por la situación general de crisis financiera. (pág.12)

Y aun cuando la energía nucleoelectrica tiene a favor que no emite gases de efecto invernadero flexible y continuo, que también puede complementar los suministros cuando no estén disponibles otras fuentes renovables (como por ejemplo la energía eólica o solar), uno de los mayores desafíos reside en la parte económica.

En este contexto, Vaca Muerta juega un rol muy prometedor. Como ya se mencionó, el mundo atraviesa una transición energética, que pretende incrementar la participación de energías menos contaminantes. Argentina es uno de los países con mayores reservas de gas no convencional, concentradas en su mayoría en la cuenca de Vaca Muerta. Así lo exponen los investigadores Nicolas Arceo, Lara Bersten, Andres Wainer (2022) en *“La evolución del sector hidrocarburos”*:

Si consideramos los recursos no convencionales de la cuenca neuquina, la Argentina posee potencial para abastecer la demanda local de petróleo por casi un siglo, y dos siglos en el caso del gas natural. Esto supone la posibilidad de desarrollar una nueva plataforma de exportación de recursos hidrocarbúricos en las próximas décadas. El desarrollo de dichos recursos, dada su magnitud, permitiría eliminar o, al menos, morigerar la restricción externa que enfrentó la economía argentina a lo largo de las últimas décadas. Es más, no existe otro sector en la economía argentina con la potencialidad de expandir las exportaciones como el sector hidrocarbúrico. (pág.4)

Cabe aclarar que, en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial Argentina representa una ínfima proporción²⁰

Por otro lado, el abandono del uso de combustible fósil se irá dando progresivamente. Pero, se proyecta que en unas décadas será por completo. En este contexto, es ahora el momento indicado para el gran desafío de Vaca Muerta (Nicolas arceo, Lara Bersten, Andres Wainer, 2022).

²⁰Para más información: <https://econojournal.com.ar/2021/09/nicolas-arceo-vaca-muerta-implicaria-us-37-500-millones-adicionales-al-permitir-el-incremento-de-las-exportaciones-en-un-70-durante-las-proximas-tres-decadas/>

Como ya se ha mencionado, la matriz energética se compone de distintas fuentes de energía. Una buena metodología para caracterizar cada una de ellas y así poder visualizar con claridad las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas es a través de la utilización de un análisis FODA. El análisis FODA fue inventado en los años sesenta por Albert S. Humphrey en la Universidad de Stanford. Su finalidad fue emplear el análisis para descubrir por qué fallaban algunas empresas a nivel gerencial. A través de los años su éxito trascendió y comenzó a usarse en otras áreas además de la gerencial.

Cada sigla representa una de los 4 atributos o variables que se estudian (las mencionadas fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas). Así lo expone David Sanchez Huerta (2020) en el libro titulado “*Análisis FODA o DAFO*”:

Es una herramienta clave para hacer una evaluación pormenorizada de la situación actual de una organización o persona sobre la base de sus debilidades y fortalezas, y en las oportunidades y amenazas que ofrece su entorno. Es también una metodología de trabajo que facilita la toma de decisiones.

La forma visual de un análisis FODA es una matriz de cuatro cuadrantes donde se listan las principales características y observaciones correspondientes a cada categoría mencionada. (pág.9)

1.3 Evaluación De Proyectos De Inversión

Un proyecto de inversión surge a raíz de la elaboración de un producto o a la prestación de un servicio con el fin de satisfacer una necesidad. Para la ejecución de cualquier proyecto es necesario efectuar erogaciones de efectivo. En este sentido, existen varias técnicas financieras a la hora de evaluar un proyecto. Pero antes, es preciso identificar a qué tipo de inversión corresponde, para así poder aplicar el modelo financiero correspondiente (Drimer, octubre 2021).

Existen numerosos tipos de clasificación de tipos de inversión dependiendo de la característica que se quiera abordar. Como podemos observar en lo expuesto por el Dr Drimer (junio 2021), según la función que desarrolla la empresa encontramos inversiones de reemplazo, de modernización, de ampliación y de estrategia.

Las inversiones de reemplazo hacen referencia a la adquisición de nuevo equipo o maquinaria cuando otro ha llegado a su estado obsoleto. Las inversiones de modernización

se ejecutan cuando la empresa decide adquirir una nueva maquinaria o tecnología. Las inversiones de ampliación son aquellas que se realizan cuando se decide aumentar la capacidad productiva. Y, por último, dentro de esta clasificación, encontramos a las que se deben a un motivo estratégico, donde tienen por objeto la reducción de los riesgos derivados del avance tecnológico y del comportamiento de la competencia.

Pero, como bien define el Dr. Gustavo Tapia (octubre 2022), una inversión es una aplicación de fondos que tiene por finalidad generar un rendimiento y crear valor económico social.

Así mismo, al evaluar proyectos de inversión se deben considerar que hay factores cuantitativos y cualitativos que pueden influir notablemente. “La evaluación de proyectos pretende abordar el problema de la asignación de recursos en forma explícita, recomendando a través de distintas técnicas el que una determinada iniciativa se lleve adelante por sobre otras alternativas de proyectos” (Sapag Chain, 1991, pág. 10).

Cuando hablamos de los factores cuantitativos, nos referimos a que al momento de evaluar proyectos de inversión se consideran varios criterios que permiten analizar si la erogación económica a realizarse es factible o no. Por medio de la elaboración de flujos de fondos se pretende determinar de forma cuantitativa el saldo final de ingresos. Complementándolo con la obtención de índices de rentabilidad que tradicionalmente son utilizados. Entre ellos se encuentran el valor actual neto (VAN) que “Mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento 0” (Sapag Chain, 2011, pág. 300). Otro índice muy importante es la tasa interna de retorno (TIR), relación costo/beneficio, entre otros. Respecto a los factores cualitativos que pueden influir en la toma de decisiones distinguimos al desarrollo económico general, a la autonomía de decisiones, al resguardo del equilibrio del medio ambiente, entre otros.

Por otro lado, al referirnos específicamente a proyectos nucleares, la decisión de inversión y financiamiento se encuentra estrechamente ligada al tipo de proyecto en

cuestión. En este sentido no es lo mismo referirnos a un proyecto nuevo o a un proyecto de mejora o extensión de vida.

1.4 Tipos De Proyectos De Inversión Nucleares

Sin dejar de lado que cada uno de estos proyectos se encuentra vinculado con la coyuntura sociopolítica del momento en el que transcurre el suceso, podrían ser agrupados cronológicamente. Sin embargo, y no perdiendo de vista lo recién mencionado, nos es conveniente dividirlos en tres grandes grupos dependiendo de las características del proyecto de inversión y por consiguiente del tipo de financiamiento. Así es cómo podemos distinguir: proyectos de centrales nucleares finalizadas y en operación, proyectos de centrales nucleares ya existentes y como última clasificación proyectos futuros de centrales nucleares.

Dentro de la clasificación de proyectos de centrales nucleare finalizadas y en operación se encuentran los proyectos Atucha I, Atucha II (plan original-primer etapa) y Embalse. Estas centrales nucleares tienen la particularidad de que fueron proyectos que se empezaron desde cero. En los tres casos los contratos se realizaron con empresas extranjeras que por distintos motivos estaban interesadas en financiar proyectos nucleares con Argentina. Todas las etapas de estos proyectos tuvieron plena vinculación con el entorno político del momento. Es decir, la influencia política se hace presente tanto en la decisión de invertir en proyectos nucleares, en la elección del país exportador del proyecto nuclear elegido, en la continuidad de obra una vez comenzada la inversión, etc. Esto se ve muy claro en el caso de Atucha II, la cual luego de un avance de obra del 80% fue paralizada en el año 1994 durante la presidencia de Carlos Menem y se reactivó recién en el año 2006.

Se cuenta con diversos aportes en el tema de diferentes autores, entre ellos cabe destacar a Javier R. Fernández a través del trabajo titulado: *“Importación de tecnologías capital-intensivas en contextos periféricos: el caso de Atucha I (1964-1974)”*. Donde el autor hace un recorrido basado en la compra de la primera central nuclear de potencia del país y de Latinoamérica. Describe el proceso de toma de decisiones en la selección del tipo de tecnología, de licitación, compra y construcción. Para esto considera: las tensiones entre la política energética nacional de los años sesenta y la política institucional de la CNEA,

como así también el papel de la ideología institucional en la selección del tipo de tecnología, la influencia de los debates internos de CNEA en el proceso de toma de decisiones, y las interferencias ocasionadas por las iniciativas de los países exportadores de tecnología nuclear. Otra investigación de relevada importancia es el titulado “*30 Aniversario de la puesta en marcha de la central nuclear Embalse*”. El autor, Ricardo de Dicco, al ser especialista en economía de la energía y en infraestructura y planificación energética, en su trabajo describe todas las etapas del proyecto de la central nuclear Embalse dándole un tinte más allá de lo técnico.

Cuando nos referimos al financiamiento de centrales ya existentes estamos hablando de la extensión de vida de la central (como en el caso de Embalse y Atucha I), o como en el proyecto Atucha II, donde la obra se detuvo y se retomó 20 años después. Lo cual implicó, además de un nuevo financiamiento para lograr su finalización, otros grandes desafíos a los que hubo que enfrentarse como bien lo exponen autoridades vinculadas a los proyectos:

Encontré un proyecto abandonado en unas condiciones muy particulares. El diseñador original del reactor, Kraftwerk Unión (KWU)²¹, había desaparecido, las obras civiles habían avanzado, pero en las electromecánicas no se había hecho prácticamente nada y había 40 mil toneladas de materiales almacenados. Un grupo pequeño de personal de NASA, con un sacrificio inmenso que espero que le sea siempre reconocido, se ocupó de conservar en perfecto estado esas 40 mil toneladas de materiales que estaban en 85 depósitos distribuidos por el predio. Hicieron el mantenimiento sistemático y conservaron también en buen estado los 126 mil documentos de ingeniería que se habían realizado para el proyecto en la etapa anterior. (Ing. José Luis Antúnez, 2013, Revista APIE)²²

El caso de la central nuclear Atucha II refleja los complejos vínculos entre estado, sector industrial y desarrollos de la Argentina. En este aspecto hay que destacar los aportes realizados por la investigadora Dr. Milagros Rodríguez en su libro titulado “*Estado, Industria y Desarrollo. Atucha II y la senda del Programa Nuclear Argentino (1979-*

²¹Una empresa alemana que era subsidiaria de Siemens AG

²²José Luis Antúnez, actual presidente de Nucleoeléctrica Argentina, es Ingeniero Electromecánico egresado de la Universidad de Buenos Aires con más de 50 años de experiencia en el gerenciamiento profesional de empresas y proyectos en la Argentina y en el exterior. Fue presidente de Nucleoeléctrica Argentina y director del proyecto de finalización de la central nuclear Atucha II, hasta su puesta en servicio en 2015.

2014)”. A partir de la perspectiva de la historia económica, esta investigación examina el período transcurrido desde el inicio del proyecto en 1979 hasta su finalización en el año 2014. Tomando distancia de las interpretaciones basadas netamente en la lógica costo-beneficio, la autora propone un análisis explicativo acerca de la demora y los sobrecostos basado en distintos motivos que incluyen las características del mercado internacional de tecnología, la naturaleza del entramado institucional, el diseño de políticas públicas relativas al Programa Nuclear y la participación de la industria local. Es decir, las características de este tipo de proyectos son muy distintas a las de los proyectos comenzados desde cero, como así también el tipo de inversión y por ende el tipo de financiamiento. Otro aporte interesante en el tema es el desarrollado en uno de los boletines de la OIEA titulado “*Programas de energía nucleoelectrica en los países en desarrollo: Promoción y financiamiento*” según Bennett (Jefe de la Sección de Estudios Económicos de Energía Nucleoelectrica) en el boletín 4/1987 OIEA. En este caso, la autora detalla los problemas relativos al financiamiento a nivel mundial durante los años 1980-1990.

El último grupo de la clasificación comprende los futuros proyectos de construcción de nuevas centrales. Posiblemente cuarta central y quinta central (Hualong). La gran mayoría de la información disponible es suministrada por periódicos, entrevistas o publicaciones en la página de la Nación Argentina. Como ya se ha mencionado, todos estos proyectos de alta envergadura se ven plenamente vinculados con la coyuntura política del país. Esta característica se hace muy visible en los futuros proyectos, ya que la firma de los contratos depende exclusivamente de las decisiones del gobierno en invertir en proyectos nucleares o no.

Esta situación se pudo encontrar desarrollada en muchísimos reportes de diarios donde autoridades anuncian decisiones tomadas al respecto como ocurrió en el 2016 luego de que el contrato estaba encaminado y con el cambio de gobierno se reformuló “las obras debían comenzar en 2016, pero luego del cambio de gobierno el entonces ministro de Energía, Aranguren, confirmó que durante ese año no habría novedades porque se estaban revisando los contratos” (Julián Gadano, 2019, entrevista realizada por diario Página 12)²³.

²³Julián Gadano, sociólogo de la Universidad de Buenos Aires. Desde el 29 de diciembre de 2015 es el Subsecretario de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minería de la Nación. Autor de numerosos artículos sobre cooperación nuclear, no proliferación y temas relacionados al desarrollo tecnológico.

Cabe destacar que, aunque los contratos de compra de energía eléctrica se han usado desde hace muchos años, en la actualidad cada vez adquieren más peso ya que tienen a favor que reducen la incertidumbre y proporcionan ingresos a largo plazo. En estos acuerdos los ejecutores del proyecto y los compradores de la central nuclear fijan un precio correspondiente a una cantidad de electricidad durante determinado tiempo. Lo usual es que cubra el costo total del proyecto más una ganancia extra. Por otro lado, estos contratos en su mayoría se complementan con apoyos del gobierno, y acá entrarían los planes innovadores de financiación de la energía (OIEA, 2020).

1.5 Coyuntura Política En Las Decisiones De Inversión En Proyectos Nucleares

Como se mencionó anteriormente cada uno de los proyectos nucleares está plenamente vinculado con la coyuntura sociopolítica del momento en el que transcurre el evento, ya sea a la hora de decidir por apostar a la energía nuclear, en invertir en proyectos, en decidir qué tipo de tecnología utilizar, con qué país negociar, entre otros.

Este escenario se puede encontrar desarrollado en muchísimos reportes de diarios y revistas, como por ejemplo en la entrevista realizada al Dr. Diego Hurtado²⁴ por el diario OCIPEX (2018). Donde el Dr. Hurtado expone que, durante el gobierno de Cristina Fernández²⁵, luego de la reactivación del Plan Nuclear, se había iniciado una negociación con China por dos centrales nucleares, pero luego en el gobierno de Macri se tomaron medidas alineadas con la política exterior de EE. UU. Según lo expuesto, el problema no era económico. El gobierno de Mauricio Macri, además de no tener un plan nuclear energético, no quería involucrarse en ningún contrato con China.

En el discurso pronunciado el 23 de agosto de 2006 con motivo del anuncio del Plan de Reactivación de la Actividad Nuclear Argentina, se expuso:

Desde el comienzo, y con decidida proyección al futuro, el Estado Nacional fijó y enunció con claridad su papel rector en el programa nuclear argentino y el carácter estrictamente pacífico del mismo (...) A partir de mayo de 2003, cuando asumimos el Gobierno Nacional con la conducción del Presidente Néstor Kirchner, se

²⁴El Dr. Diego Hurtado es un físico y especialista en historia de la ciencia y la tecnología argentina. Es Secretario de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación desde el 19 de diciembre de 2019.

²⁵La primera presidencia de C Fernández transcurrió entre 2007-2011, mientras que la segunda presidencia abarco el período comprendido entre 2011-2015.

restableció la actividad del sector nuclear argentino hacia el camino de la recuperación de sus objetivos estratégicos, retomando decidida y rápidamente los lineamientos del Decreto 10.936²⁶, y estableciendo las medidas necesarias y concretas para la reactivación explícita del sector. (De Vido, 2006)

En este contexto, el presidente Néstor Kirchner²⁷ en el discurso ante el Congreso Nacional en mayo de 2007, dejaba muy en claro la política nuclear de su gobierno:

En agosto de 2006 hemos lanzado el Plan de Reactivación Nuclear por 3.500 millones de pesos, en el cual se incluye el relanzamiento de las obras de terminación de Atucha II, con puesta en servicio estimada en 2009; la finalización del proyecto y construcción del reactor nacional CAREM²⁸, con un plazo de terminación en 5 años; el impulso a la minería de uranio y la recuperación de la planta de enriquecimiento de uranio; la reactivación de la planta de agua pesada en la provincia de Neuquén, en la planta de la Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería (ENSI)²⁹, una empresa con participación mayoritaria del Estado nacional. Paralelamente, dentro de este Plan Nuclear, se encuentra en pleno estudio y evaluación la construcción de la cuarta central nuclear. Las acciones que desarrollamos en el campo de la energía suponen un Estado presente y activo articulando y planificando. Un claro ejemplo de ello es la creación de la Empresa Argentina de Energía (ENARSA)³⁰, como una empresa testigo que supone la recuperación de la participación del Estado en el mercado energético argentino internacional. (Néstor Kirchner, 2007)

La reactivación nuclear también incluía reactivación de la industria nacional y de recursos humanos. Podemos destacar el aumento de demanda de ingenieros calificados en Argentina como resultado de la reactivación nuclear. Esto se puede notar en el mismo plantel del personal de la CNEA, según informe del mencionado organismo:

²⁶<https://www.cnea.gob.ar/es/wp-content/uploads/2016/09/DECRETO-10936-50.pdf>

²⁷ La presidencia de N. Kirchner transcurrió entre mayo 2003 y diciembre 2007.

²⁸ Central Argentina de Elementos Modulares (CAREM) es una central nuclear de baja potencia con un diseño de última generación. Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/cnea/carem>

²⁹ La Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería (ENSI) es una empresa del Estado Argentino creada en 1989 a través de la ley 1827, y conformada por la CNEA. La misma opera la planta industrial de agua pesada (PIAP)

³⁰ La Empresa Argentina de Energía (ENARSA) fue creada en 2004 con la finalidad de explorar, explotar y comercializar recursos energéticos, como hidrocarburos, gas natural y energía eléctrica.

Uno de los principales problemas sufridos por la institución en las últimas décadas fue el debilitamiento de su plantel de recursos humanos debido a reestructuraciones y retiros voluntarios y al congelamiento de vacantes producidos durante más de 12 años, con la consiguiente pérdida de capacidades claves, de dificultosa recuperación. Junto con la reactivación nuclear dispuesta por el gobierno nacional en agosto de 2006 se abrió la posibilidad de incorporar nuevos profesionales, lo que permitió establecer y comenzar a ejecutar partir de 2007 y afianzar durante 2008, 2009 y 2010 una política de ingreso de personal planificada, ateniendo a proteger las áreas críticas de conocimiento de la tecnología nuclear. Así, la edad promedio de la CNEA que en 2007 era de 56 años pasó en 2010 a ser de 48 años. (Informe de la CNEA, 2011, pág.118)

1.6 Gestión De Riesgo Y El Sector Eléctrico

A principios de 1990 se produjo una transformación del sector eléctrico, que coincidió con la implementación de una política económica de transformación del Estado, basada en el modelo económico Neoliberal. El sector comienza a vivir un proceso de transformación y reorganización. En este sentido, comienzan a privatizarse varias empresas estatales encargadas de generar, distribuir y transportar la energía eléctrica. Es así como se descentralizan las actividades dando origen a una mayor competitividad dentro del mercado eléctrico nacional³¹.

En este contexto el sector energético se vio forzado a evaluar la posibilidad de introducir un mercado de futuros donde los actores de este pudieran administrar el riesgo precio que enfrentaban por las posiciones que asumían en el mercado spot. Es decir, utilizando contratos de futuros y opciones para cubrirse de riesgo precio. Como expone Maximiliano Landrein (2000) en el documento titulado “*Evaluación de contratos de futuros y opciones eléctricos en Argentina*”:

La gran volatilidad de los precios de la energía que enfrentan los participantes del mercado eléctrico, generadores, distribuidores, grandes consumidores y comercializadores, hacen necesario la existencia de un instrumento que les permita

³¹Para más información: <https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docelec/ah1115.pdf>

estabilizar los precios de sus compras y ventas de electricidad. La constitución de un mercado donde se negocien contratos de futuros y opciones sobre energía eléctrica permitiría a las empresas que tienen posiciones en el mercado spot transferir el riesgo, al que están expuestas por la volatilidad de los precios, a otros agentes que estén dispuesto a asumirlo. (pág.39)

1.7 Energía Nuclear, El Medio Ambiente Y La Sociedad

Como ya se ha mencionado, la energía es un recurso imprescindible para el desarrollo de cualquier sociedad. Actualmente en Argentina la industria energética es el sector económico con mayor emisión de gases de efecto invernadero, según lo reportado en el período comprendido entre los años 2016 y 2018 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el informe *Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*.

Para mitigar el cambio climático es necesario que suceda una transformación de la matriz de energía primaria; es decir, que se sustituya el petróleo, carbón o gas natural por fuentes de energía que no contaminen. Entre las fuentes de energía limpias se encuentra la energía nuclear, que es en la que haremos foco a lo largo del presente documento.

En la literatura reciente se ha encontrado que para tratar el tema ambiental es posible vincular el cambio climático y los recursos energéticos con los modelos económicos, según Zabaloy (2020) y Morales Maldonado (2018). Donde luego de interpretar al medioambiente dentro del contexto de los pensamientos económicos del modelo mercantilista, clásico, neoclásico, post neoclásico, Keynesiano y neoliberal, caracterizan a la economía ambiental. En particular Morales Maldonado adhiere con lo que postula Pearce (2002) sobre la evolución de la economía Ambiental

Actualmente la industria carbonífera es considerada una de las más contaminantes. Las centrales carboeléctricas al producir energía emiten grandes cantidades de CO₂ y dióxido de azufre (SO₂). Si bien la mayoría de los países utilizan mallas cargadas eléctricamente y diversos filtros para depurar las emisiones, el filtrado no es completo. En este sentido, las centrales carboeléctricas están consideradas como una de las que más aportan a la emisión de gases con efecto invernadero “dentro de los combustibles primarios el carbón mineral es el que más CO₂ produce, muy superiores al petróleo o el gas natural”

(Cárdenas Horacio y, Muller Rodriguez, 2013, pág.3)³². También así lo define el director de Mercados Energéticos y Seguridad de la Agencia Internacional de la Energía (IEA)³³, "el carbón es la más dañina de las energías y de lejos la principal fuente de emisiones de CO₂ del sistema energético mundial" (Keisuke Sadamori, 2022)³⁴.

En relación con la energía nuclear, si bien hay mucha gente que está a favor de la tecnología, otro gran porcentaje se encuentra en contra. Y la coyuntura política influye considerablemente a la hora de tomar decisiones. Así lo expresa Michael Shellenberger (OIEA, 2017). Y existe un consenso entre economistas y expertos en energía respecto a lo que, entre otras cosas, se necesita para que la energía nuclear sea competitiva:

Es imposible aspirar a que la energía nuclear sea competitiva sin lograr el consenso nacional en torno a un plan energético a largo plazo. No se puede evaluar el éxito de un programa nuclear en solo unos años; para eso han de pasar decenios. Eso significa que todo el espectro político nacional debe apoyar decididamente el programa nuclear, de manera que un posible cambio de gobierno no interrumpa la construcción de centrales nucleares y, por extensión, el objetivo nacional de que la energía nuclear suministre el 20, el 40 o incluso el 80 % de la electricidad. Para llegar a ese consenso es preciso demostrar que la energía nuclear es necesaria por motivos económicos, medioambientales y de seguridad. Asimismo, también debe haber consenso acerca de la seguridad relativa de la tecnología nuclear, ya que esta es la principal preocupación de todas las partes. (pág. 20)

Otro aspecto para tener en cuenta al momento de tomar decisiones vinculado con proyectos de inversión en energía es la relación entre la rentabilidad del proyecto y el impacto social y o ambiental. Gustavo Tapia (2022) expone un análisis muy interesante para cualquier disciplina, pero que aplica perfectamente en el área de la energía:

Siendo la medida final el valor total generado, habrá que contemplar también si un mayor valor de rentabilidad comercial implica o no un menor valor de calidad de

³²El informe completo se puede encontrar en: http://www.revistacts.net/wp-content/uploads/2013/03/Cardenas_EDITADO.pdf

³³La agencia Internacional de la Energía (IEA) es una organización creada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que busca coordinar las políticas energéticas con la finalidad de asegurar energía confiable, adquirible y limpia a sus respectivos habitantes.

³⁴<https://www.iea.org/news/the-world-s-coal-consumption-is-set-to-reach-a-new-high-in-2022-as-the-energy-crisis-shakes-markets>

vida o de rentabilidad social o al menos un valor inferior de éstos respecto de la situación inicial. Teniendo en claro este rol de las finanzas y contando con instrumentos de medición adecuados del valor generado de las decisiones económicas podrán elaborarse planes y programas específicos que: mantengan la legitimidad, contengan decisiones políticas sustantivas, construyan capacidades operativas, identifiquen tareas políticas administrativas, movilicen apoyos internos y externos, humanicen el trato. La Economía Financiera también se pregunta ¿cómo afectan los fallos de mercado a la rentabilidad comercial y a la rentabilidad social? Todo esto incidirá en los procesos de planificación y en la diferenciación de estrategias que implementen en busca de mayor valor, lo que parece también una búsqueda de mayor resiliencia en las organizaciones. Por este camino quizás se abra una nueva veta en el campo financiero, que requerirá una comprensión más completa del paradigma económico social y un trabajo en equipo con profesionales de otras disciplinas, interesados en resolver problemas y superar dilemas, que se presentan habitualmente al tomar decisiones. Por eso valorar proyectos de inversión con rentabilidad comercial y social es una tarea compleja y de gran dinamismo, aun cuando emprenderlos con intención de éxito sea costoso y requiera esfuerzos, el planeamiento y la ejecución de las inversiones productivas es una síntesis que aproxima el bienestar general, individual y organizacional.

1.8 Conclusiones Parciales A Partir Del Marco Teórico

Para poder responder a lo largo del presente trabajo los objetivos planteados, se recurrió a documentos donde se plasman estudios realizados en el campo nuclear, energético, financiero, económico social ambiental y la relación entre estos.

En este sentido, se abordaron distintas temáticas de manera de poder analizar la situación energética, destacando las características para el financiamiento de inversiones en empresas y proyectos vinculados con la eficiencia energética y tecnologías de producción de energías limpias. Se observó que una forma de que las inversiones en construcciones de nuevas centrales nucleares se vuelvan más atractivas sería a través de políticas innovadoras de financiamiento y de mercado.

Se destacan también las características a favor que tiene la energía nucleoelectrica. Entre ellas podemos observar que no emite gases de efecto invernadero, es flexible y continua, puede complementar los suministros cuando no estén disponibles fuentes de energía renovables.

Se incursiono en la metodología FODA, resultando una excelente herramienta de análisis para comparar las distintas tecnologías.

Al abordar la literatura vinculada con la gestión de riesgos que se presentan en la industria energética, se observó que el uso de contratos de futuros y opciones son los indicados para cubrir el riesgo precio que se presenta en este sector.

Se llegó a la conclusión que para analizar las características de financiamientos de los proyectos de inversión nuclear nos es conveniente dividirlos en tres grandes grupos. Así distinguimos los proyectos de centrales nucleares finalizadas y en operación, proyectos de centrales nucleares ya existentes y como última clasificación proyectos futuros de centrales nucleares.

También se abordó el tema de evaluación de proyectos de inversión, considerando los factores cuantitativos y cualitativos que pueden influir al momento de consumir decisiones. Como así también la coyuntura política en la toma de decisiones de inversión en proyectos nucleares.

3 Rol De La Energía Nuclear En La Matriz Energética

3.1 Introducción

El desarrollo económico y social de un país se encuentra hoy plenamente ligado a la energía con la que cuenta para llevar a cabo sus actividades productivas, de transporte y de construcción de infraestructuras, entre otras necesidades de la vida actual.

Uno de los mayores desafíos del siglo XXI, es la descarbonización de la matriz energética. Es decir, la búsqueda de fuentes de energías no contaminantes, para reemplazar a la producida por combustibles fósiles (generadores de CO₂) como el petróleo, gas y el carbón. En este sentido, no sólo hay que considerar la disponibilidad energética presente, sino que, para pensar en un desarrollo sostenible, es necesario contar con un horizonte de abastecimiento confiable donde se consideren los incrementos en la demanda de energía que plantea una economía en crecimiento.

En este contexto, la energía nuclear, considerada energía limpia, se presenta como una verdadera alternativa para un desarrollo energético sustentable en el país.

A lo largo de este capítulo, en una primera instancia, se describirán las fuentes de energía (profundizando en el Anexo I), destacando sus características principales, que le dan valor a la misma.

Luego se abordará la composición de la matriz energética a nivel global y su esperada transición. Para consecuentemente detallar en especial la matriz energética argentina, haciendo foco en su diversificación y proyección futura.

Finalmente se expondrá el contexto actual mundial de la energía nuclear, abordando, entre otras cosas, potencia instalada, centrales en operación, países involucrados y cantidad de reactores en construcción.

3.2 Descripción De Las Fuentes De Energía

Al intentar definir qué fuente de energía debe prevalecer sobre las demás existen distintas opiniones. Ya que no es posible una que logre abarcar todas las facetas positivamente y pueda imponerse sobre el resto, cada una de ellas tiene ventajas y desventajas respecto de las otras.

Estas ventajas, desventajas y también preferencias se establecen desde diferentes aspectos, tales como el punto de vista económico, político, social, geográfico, ecológico y técnico, entre otros. Cabe destacar que, además detrás de todos ellos, se encuentran los grupos de interés que utilizan diferentes respaldos teóricos para defender sus preferencias.

Las principales fuentes de energía son:

Muy contaminantes	NO Renovables	Carbón
		Petróleo
		Gas
Energías limpias	Renovables	Energía Hidroeléctrica
		Energía Solar
		Energía Eólica
		Otras energías Renovables (energía oceánica, geotérmica)
		Energía Nuclear

Tabla 1: Fuentes de energía más relevantes a nivel mundial

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de World Energy Statistic Key de 2021³⁵

En el Anexo I se describen los puntos más relevantes de las fuentes de energía recién expuestas.

3.3 Matriz Energética A Nivel Mundial

La matriz energética de un país se construye con las energías primarias, relacionando las diferentes fuentes energéticas disponibles y su repercusión en el total de la oferta. Y en este sentido, “su diversidad a la hora de generar y utilizar energía aumenta la seguridad de un país en el caso de falla o agotamiento de una de las fuentes” (Miciula, 2019).

³⁵El informe completo se encuentra disponible en: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/52f66a88-0b63-4ad2-94a5-29d36e864b82/KeyWorldEnergyStatistics2021.pdf>

En este contexto, la matriz energética está compuesta por las fuentes de energía mencionadas en el inciso anterior y analizadas en el Anexo I. Es decir, por los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), las energías renovables (hidráulica, eólica, solar, geotérmica y biomasa) y la energía nuclear.

El sector energético actual muestra un aumento en el consumo de energía inducido entre otros, por el crecimiento socioeconómico de los territorios, así como también por el aumento de la población global. La matriz energética mundial depende de un 81.3% de combustibles fósiles. Las fuentes de energía renovables (solar, eólica, marítima, entre las más importantes.) representa por el momento el 2% de la matriz y la nuclear el 4.9% (International Energy Agency, 2020)³⁶.

A continuación, se expone la matriz energética mundial registrada en el año 2020.

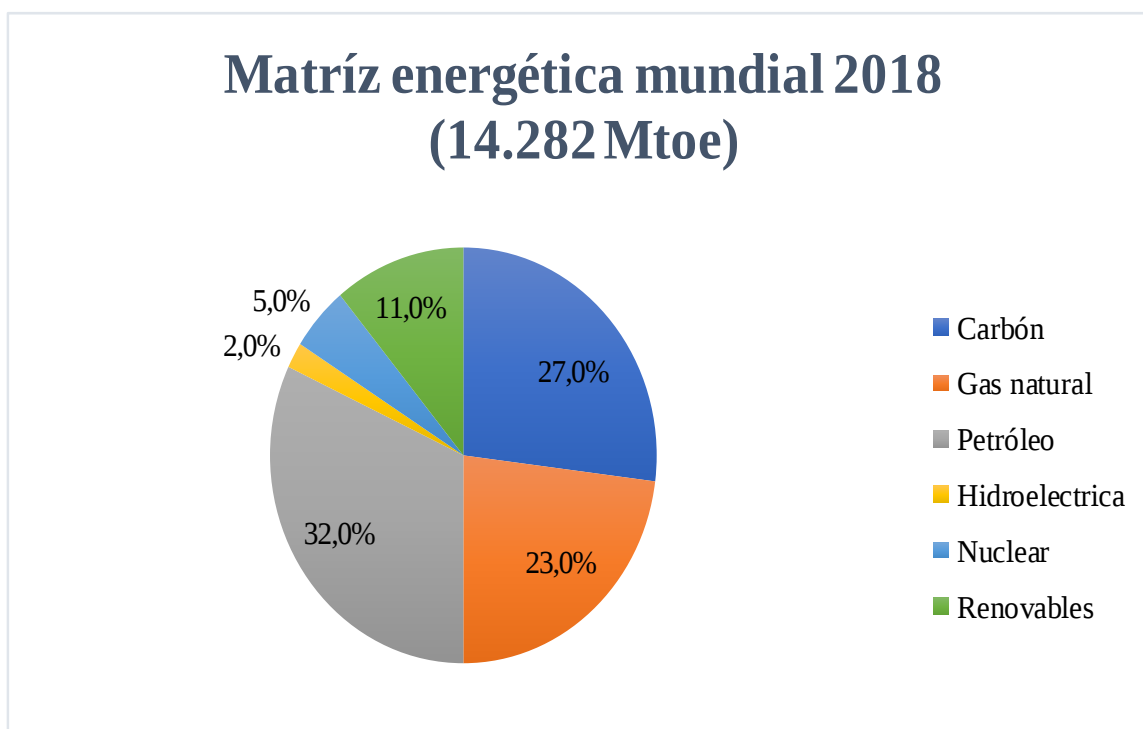


Figura 1: Matríz energética mundial 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), 2020

³⁶La Agencia Internacional de la Energía (IEA) es una organización internacional que busca coordinar las políticas energéticas de sus Estados miembros, con la finalidad de asegurar energía confiable, adquirible y limpia a sus respectivos habitantes. Para más información: <https://www.iea.org/>

En los últimos años para revertir la situación de escasa diversificación de la matriz energética se impulsaron políticas de transición. En la mayoría de los casos, la dificultad se relacionaba exclusivamente con la falta de oferta que podía resolverse con una mayor inversión en el sector de generación. Es así como, durante la primera década del siglo XXI, diferentes países, entre otros recursos, impulsaron políticas de promoción del desarrollo y aprovechamiento de Energías Renovables. Pero este tipo de políticas son cuestionadas respecto a que sólo se propone lograr la diversificación de la matriz de generación eléctrica, descuidando otros aspectos de carácter oligopólico del sector energético, o con relación a las dificultades del acceso a la energía generando un aumento de la pobreza energética (Contreras, S., Waiter, A., Cohanoff, C., Santiago Garrido, 2019).

Como hemos detallado en la descripción de las fuentes de energía del Anexo I, también se promovieron en países desarrollados políticas para incentivar la investigación y desarrollo abocado a la captura y almacenamiento de CO₂ en la industria carbonífera.

En diciembre de 2015, en la 21^a Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se propuso como objetivo mantener el calentamiento global por debajo de 2°C, y se apeló a realizar esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5°C. En este sentido, el sector eléctrico afronta la mayor carga en el camino para mantener el calentamiento global a no más de 1,5 °C.

Sumado a esto, en mayo de 2021, el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) publicó el llamado “*Informe de cero neto para 2050*”³⁷. Con más razón, el sector eléctrico debe dejar de ser el mayor sector emisor y comenzar a ser el primer sector en alcanzar el cero neto en todo el mundo.

En la Figura 2 se muestra la transición eléctrica esperada para el 2040 en base a lo que se viene gestando desde el 2010. Se considera en el período estudiado un 50% de aumento en la demanda total.

³⁷La información detallada se puede encontrar en: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

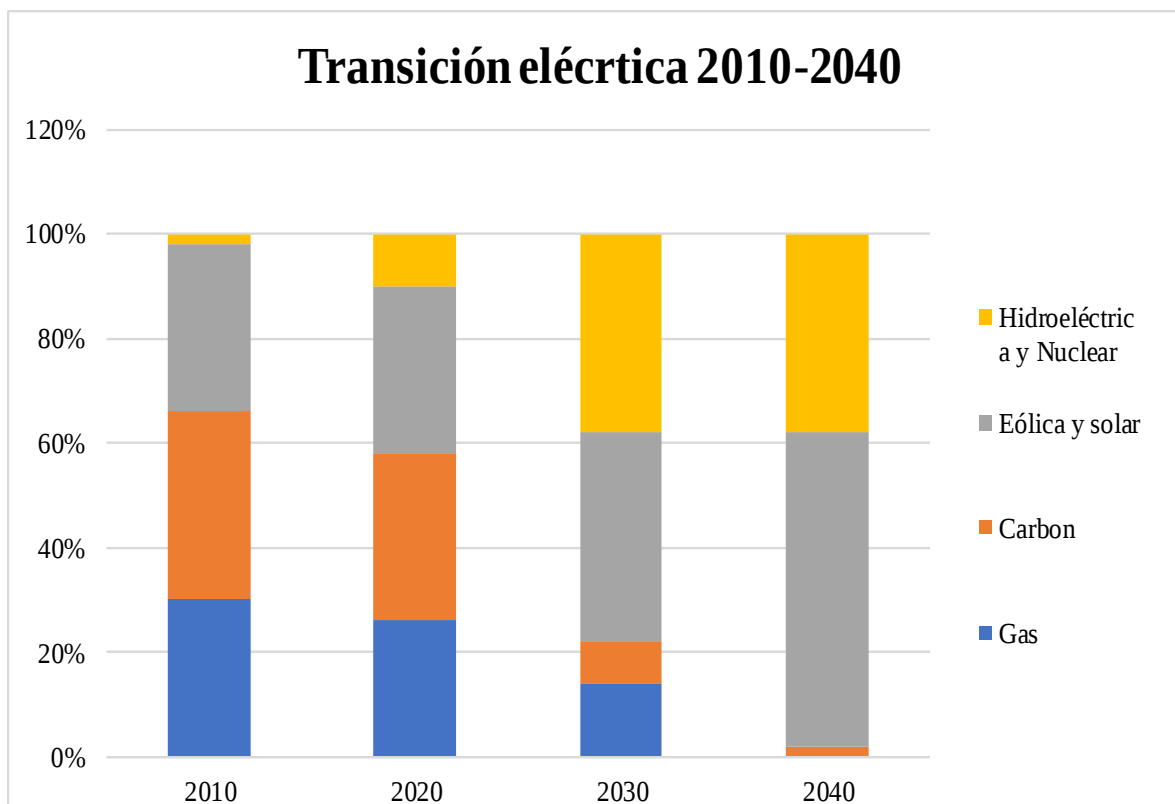


Figura 2: Transición eléctrica 2010-2040

Fuente: Elaboración propia con datos del informe de Cero neto publicado por OIEA 2020

3.4 Matriz Energética En Argentina, Diversificación Y Proyección Futura

La Matriz Energética de Argentina para el 2019, último año del que se dispone información, está representada en la Figura 3:

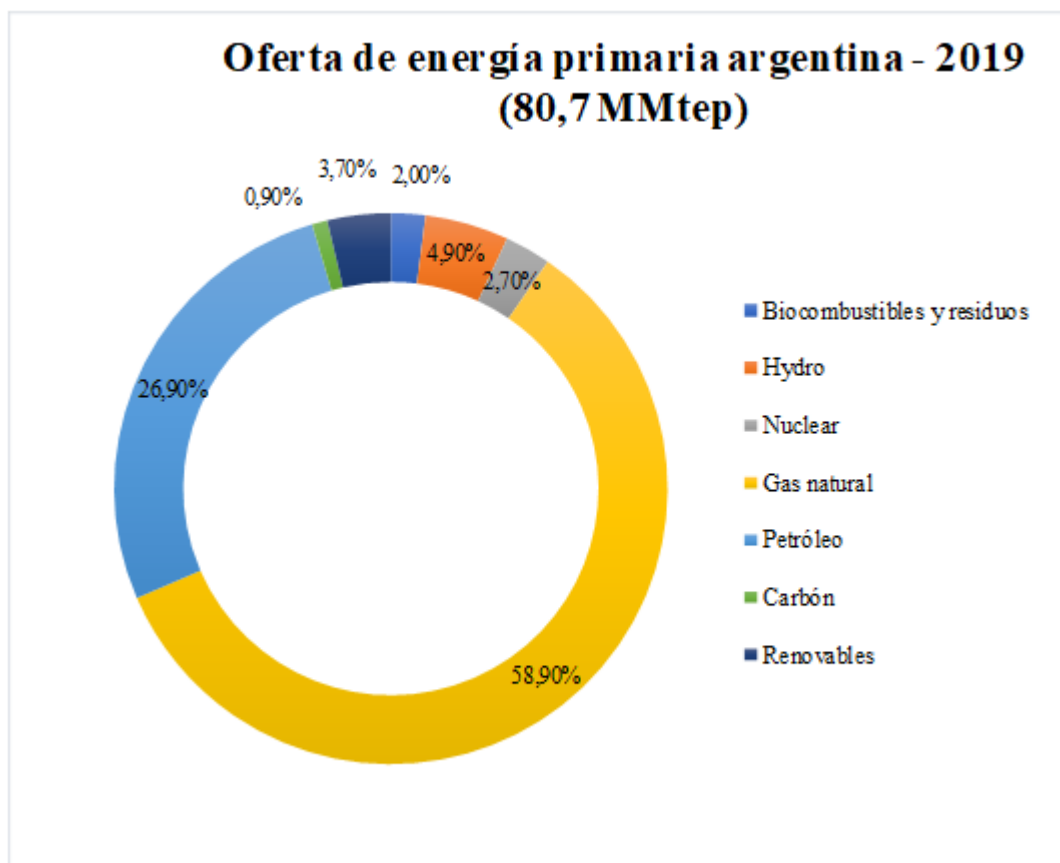


Figura 3: Oferta de energía primaria Argentina en el 2019

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la Secretaría de Energía, 2019

Puede notarse que la mayor parte de la oferta de energía en el año 2019 fue de origen no renovable, y que las principales fuentes fueron petróleo y gas natural. Esta tendencia se viene dando hace años.

En la siguiente figura podemos observar la evolución de la energía total generada desde el año 2006 a partir de combustible fósil:

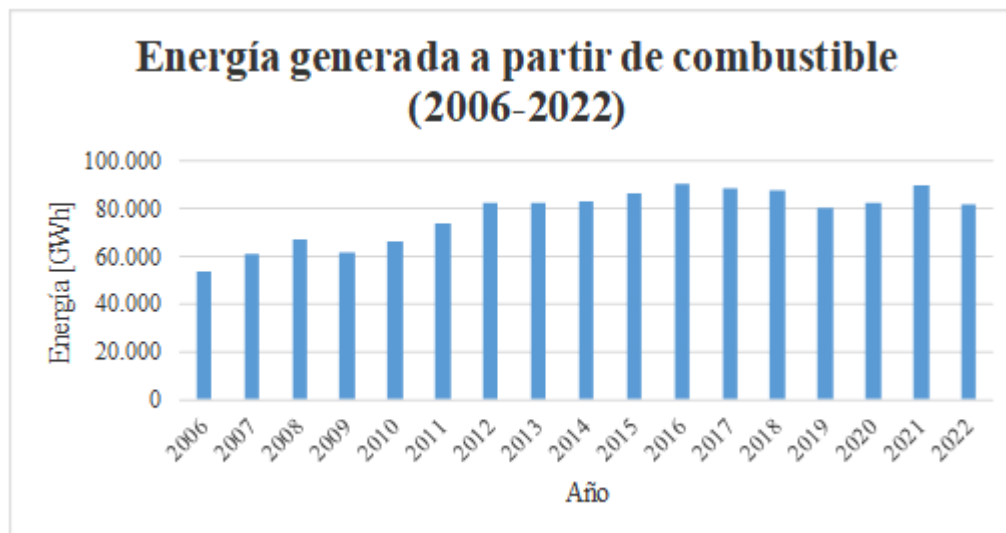


Figura 4: Energía generada a partir de combustible (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA)³⁸, 2022

Donde la mayor participación, como se refleja también en la matriz energética del 2019, es del gas natural. Pero también hay participación constante, en mayor o menor medida, del resto de los combustibles de origen fósil.

³⁸La Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA) es una compañía argentina encargada de operar el mercado eléctrico mayorista de Argentina. Fue creada en 1992 por decreto del Poder Ejecutivo. Para más información: <https://cammesaweb.cammesa.com/>

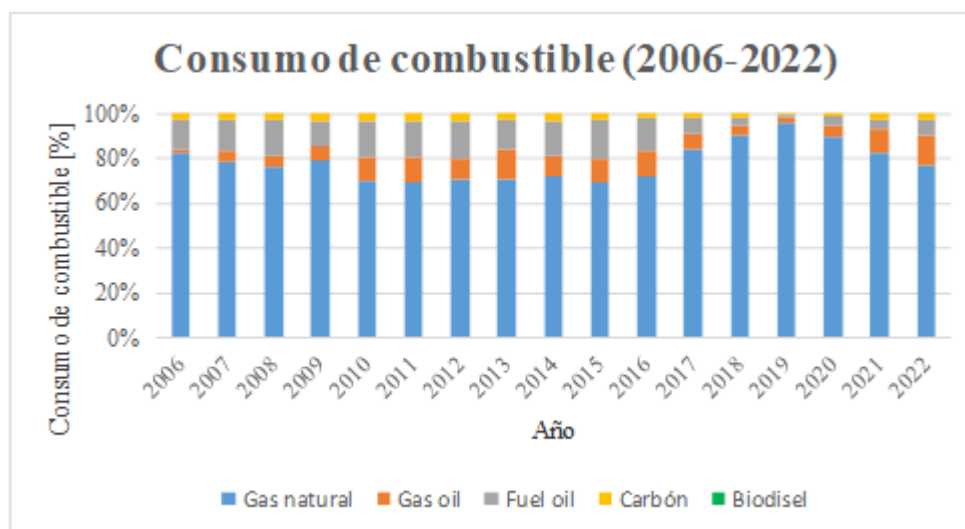


Figura 5: Consumo de combustible (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

Desafortunadamente, son precisamente fuentes que en Argentina han comenzado a decrecer y los descubrimientos que se anunciaron últimamente corresponden a yacimientos en los que hay que efectuar inversiones importantes para hacerlos operativos. Además, la magnitud, y sobre todo lo que se supone podría ser extraído de ellos, si bien sumará, no hará posible modificar significativamente la situación energética argentina a largo plazo. A excepción, del caso del proyecto Vaca Muerta que será tratado luego de unos párrafos.

Sumado a la escasez de combustible fósil, el precio del barril de petróleo, debido entre otras cosas justamente a su condición de no renovable, ha aumentado en los últimos años considerablemente. En la Figura 6, se muestra la evolución del precio del barril de petróleo de los últimos 16 años:

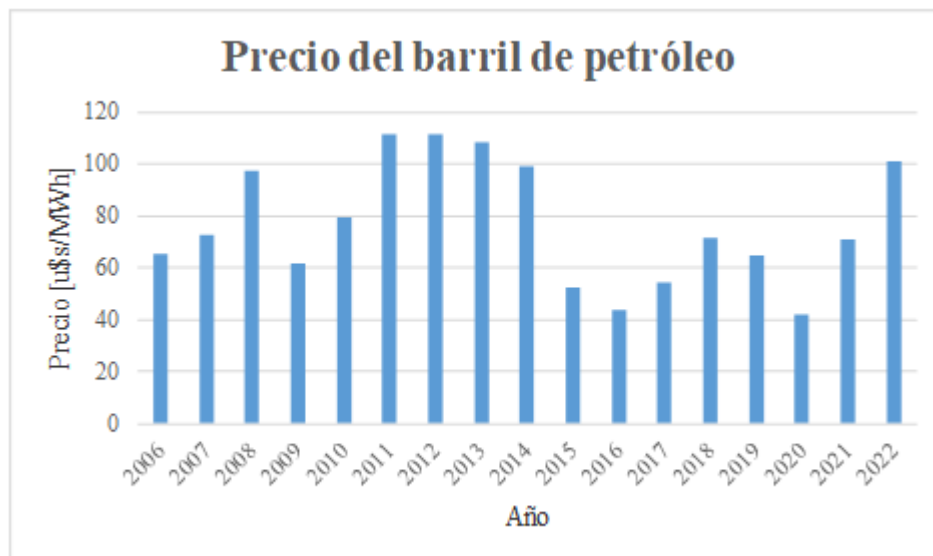


Figura 6: Precio del barril de petróleo (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

En el precio de la energía hay que destacar la situación particular del costo de combustible, el cual tiene un peso importante en los costos de generación total. Y al estar dolarizado cualquier variación en el tipo de cambio impacta notablemente en los costos expresados en moneda local. Afectando así en el precio de la energía como se puede apreciar en la siguiente Figura 7:

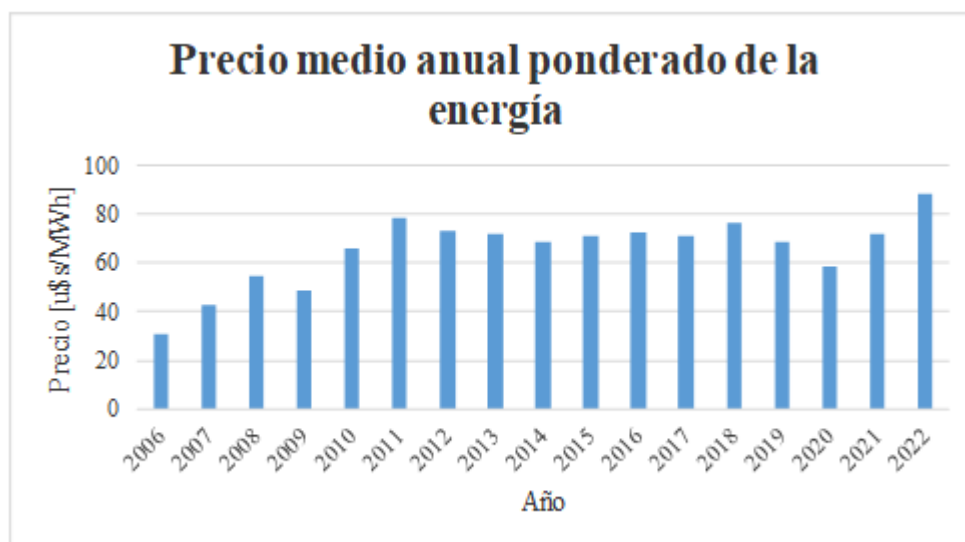


Figura 7: Precio medio anual ponderado de la energía (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

A continuación, se expone el costo de generación por tipo de energía en el año 2018 (a modo de ejemplo) según informes de CAMMESA:

Tipo de generación	Remuneración promedio U\$\$/MWh
Térmica ciclo combinado	69,57
Térmica turbo generación	94,96
Térmica turbo vapor	114,29
Térmica generación distribuida	183,65
Nuclear estatal	62,08
Hidráulica estatal	12,35
Hidráulica privada	24,45
Renovables previa Ley 27.191	128,95

Tabla 2: Costo de generación por tipo de energía

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2018

El abastecimiento de energía eléctrica a partir de la generación por fuentes renovables se encuentra en aumento, como ya se mencionó. Si nos referimos al 2021 cubrió un máximo histórico de 14,2% (1.469,8 GWH) de la demanda nacional, en promedio, según datos CAMMESA. Estos resultados se hallan en línea con el objetivo de cubrir el

20% de la demanda eléctrica en 2025, establecido por la Ley 27.191, que fue sancionada en forma casi unánime por el Congreso Nacional en 2015 (Ministerio de Economía, 2021).

Cabe destacar que, si bien las energías renovables no se basan en recursos limitados, tiene un notable menor impacto ambiental en comparación con los fósiles y son una buena alternativa ante el cambio climático, poseen puntos críticos. En este sentido podemos recalcar que son fuentes intermitentes. Por lo tanto, no están disponibles en forma permanente para su conversión en electricidad. Y, por otro lado, necesitan minerales. Es decir, las turbinas, los paneles solares, las baterías contienen litio, níquel, cobalto y grafito. Y a mayor demanda de renovables, mayor será la demanda de estos minerales.

Por otro lado, respecto al fósil más emisor, el carbón, la Argentina no tiene mayor dependencia. Pero posee un porcentaje que debería reducir a cero, ya que el mundo está marcando el inicio del fin del carbón como se mencionó anteriormente.

En la siguiente figura se expone la evolución de emisiones de CO₂ por tipo de combustible en el periodo estudiado en el presente documento.

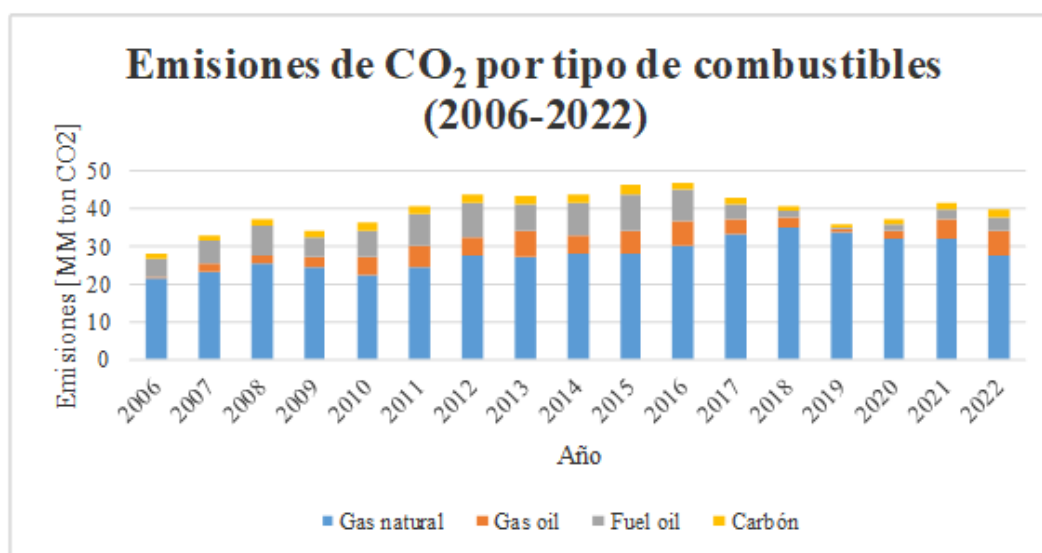


Figura 8: Emisiones de CO₂ por tipo de combustible (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

Podemos notar que el gas natural es el que más contribuye con las emisiones de CO₂, pero en realidad esto se encuentra en línea con el consumo del mismo (es el fósil más consumido en Argentina) y no por la cantidad propiamente que genera de emisiones. En comparación con el resto de los combustibles fósiles, para la misma cantidad de generación

de energía, es el que menor emisiones produce. Aunque es sumamente nocivo respecto a las emisiones comparado con las demás tecnologías consideradas limpias.

A continuación, se detallan las emisiones de CO₂ por fuente de energía en kilowatt hora en el 2021:

Tecnología de generación	CO ₂	
	Mínimo	Máximo
Carbón	751	1095
Ciclo combinado de gas	453	513
Solares	2	122
Eólica	12	23
Fotovoltaica	8	83
Hidroeléctrica	6	147
Nuclear	5	6

Tabla 3: Emisiones de CO₂ por fuente de energía en kilowatt hora
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Reporte integrado de Nucleoeléctrica Argentina, 2021

En este contexto, la energía nuclear, energía considerada limpia, se sigue presentando, junto con las renovables, como una gran alternativa para diversificar la matriz energética.

En este sentido, Argentina cuenta con tres centrales nucleares en operación y proyecta la construcción de una cuarta con posibilidad de una quinta central las cuales aportaran a la transición energética³⁹.

Si observamos en las Figuras 9 y 10, que se muestran a continuación, la evolución de la potencia instalada va prácticamente de la mano con la demanda de energía. Sin perder de vista que la demanda de energía agrupa a la demanda residencial, comercial y a la gran demanda industrial. Viéndose esta última totalmente relacionada a la actividad económica.

³⁹Para más información: <https://www.na-sa.com.ar/>

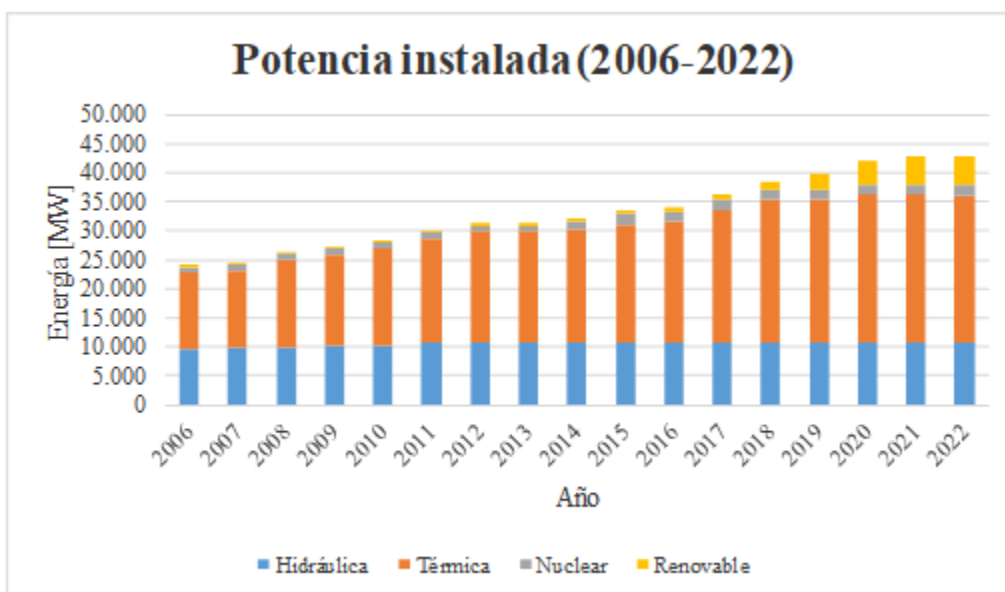


Figura 9: Potencia instalada (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

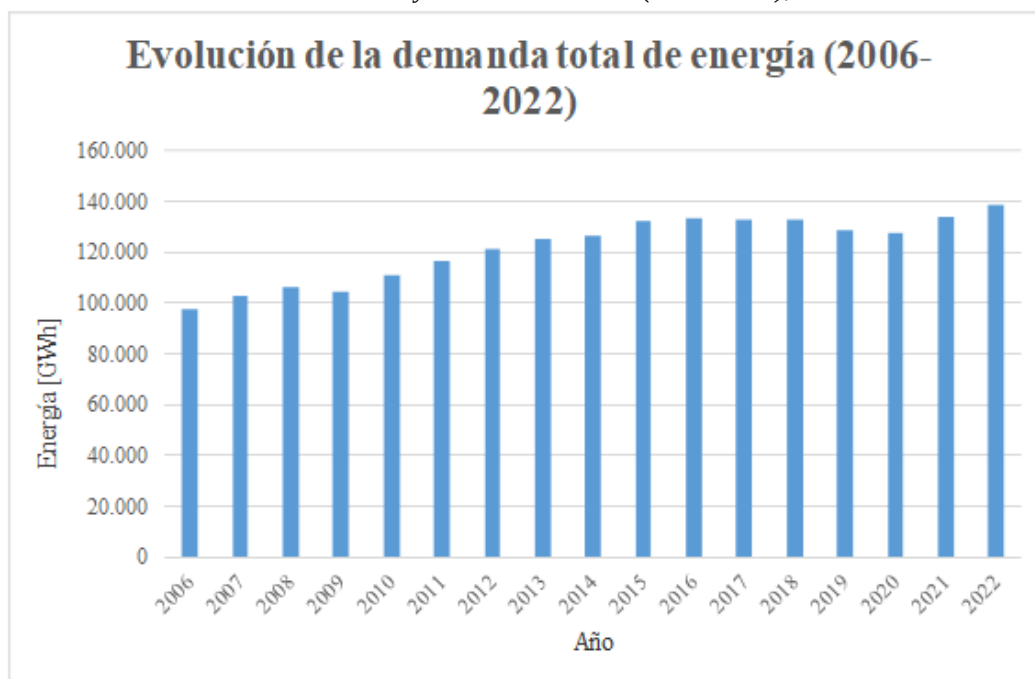


Figura 10: Evolución de la demanda total de energía (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

En la Figura 9 percibimos que la tecnología hidráulica permanece constante desde el 2006, se debe a que no se han incorporado nuevos proyectos de esta tecnología al país⁴⁰. Podemos notar que han evolucionado los proyectos de inversión térmicos, levemente los proyectos nucleares (debido a la puesta en marcha de Atucha II y la extensión de vida de Embalse) y se han incorporado inversiones en proyectos de energías renovables (sobre todo en los últimos cuatro años).

En la siguiente figura podemos apreciar la estrecha vinculación de la variación interanual de demanda de energía con el PBI a través de los años.

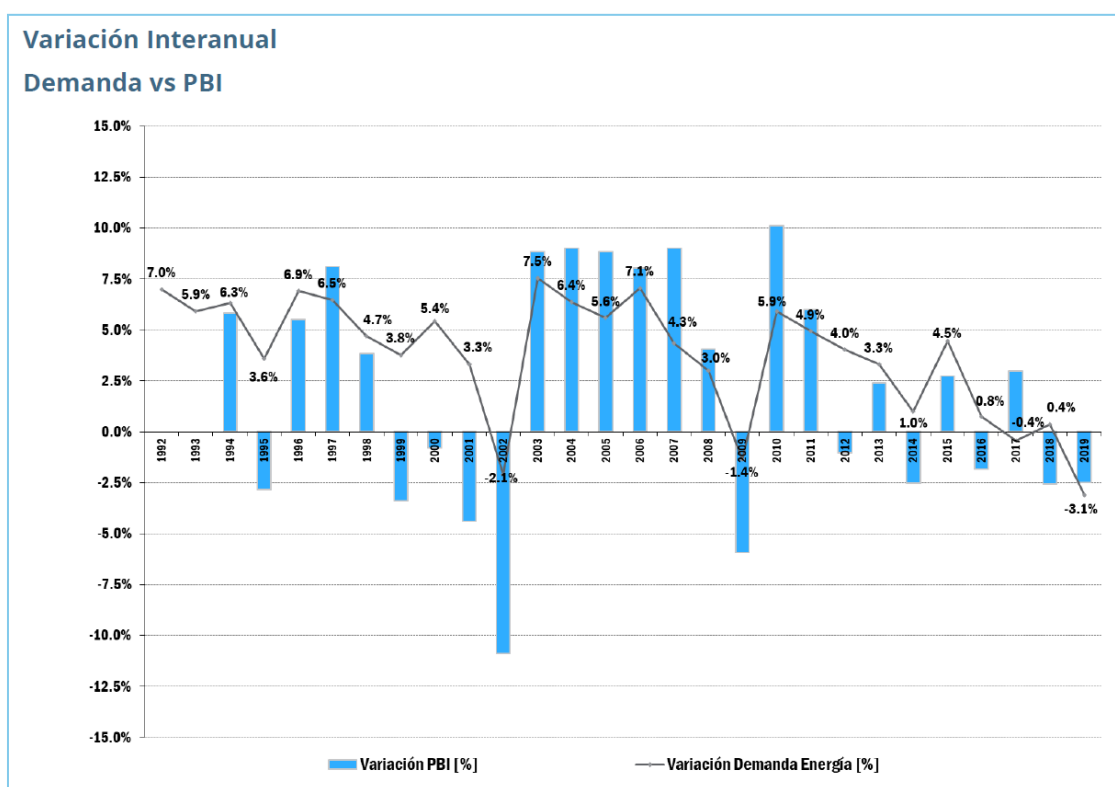


Figura 11: Variación interanual demanda de energía vs. PBI (1982-2019)

Fuente: Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2019

No hay que perder de vista que no toda la potencia instalada está disponible para ser utilizada. La disponibilidad en gran medida depende del tipo de tecnología. Tal es el caso de las hidroeléctricas que están en manos de del recurso hídrico y en épocas de sequías su

⁴⁰A continuación, se puede consultar en detalle todas las centrales hidroeléctricas del territorio argentino: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/hidroelectrica/centrales-hidroelectricas>

disponibilidad se ve afectada. Por ejemplo, respecto a la generación térmica, en el año 2021, se dio una mayor dependencia de lo habitual debido a la situación que signó el año de emergencia hídrica. Es así como este rubro representó el 47% de los costos totales.

A causa de lo recién mencionado, la generación hidroeléctrica fue un 17,1% inferior que la del año 2020. En un contexto de demanda creciente, se perdieron casi de 5.000 GWh de generación hidroeléctrica de un año a otro. Particularmente, la energía generada por Yacyretá durante el año 2021 fue un 41,8% menor que la del año 2018.

De esta forma, como indica la Subsecretaría de Energía, en el año 2021 el crecimiento de la demanda y el déficit de generación hidráulica pudieron ser cubiertos por un mix de energía térmica (7.737 GWh) y en menor medida, por energía renovable (4.698 GWh).

En este sentido, en la Figura 12 se muestra la evolución de la oferta de energía desde el 2006.

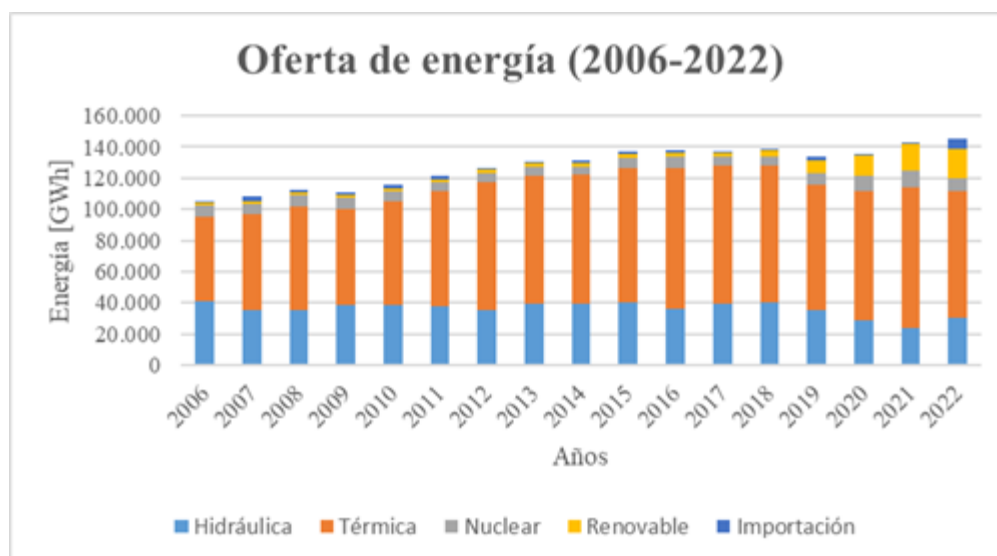


Figura 12: Oferta de energía (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

Como ya se mencionó, no toda la potencia instalada se encuentra disponible, en el siguiente gráfico se expone la evolución de la disponibilidad total de energía en base a la potencia instalada desde el año 2006.

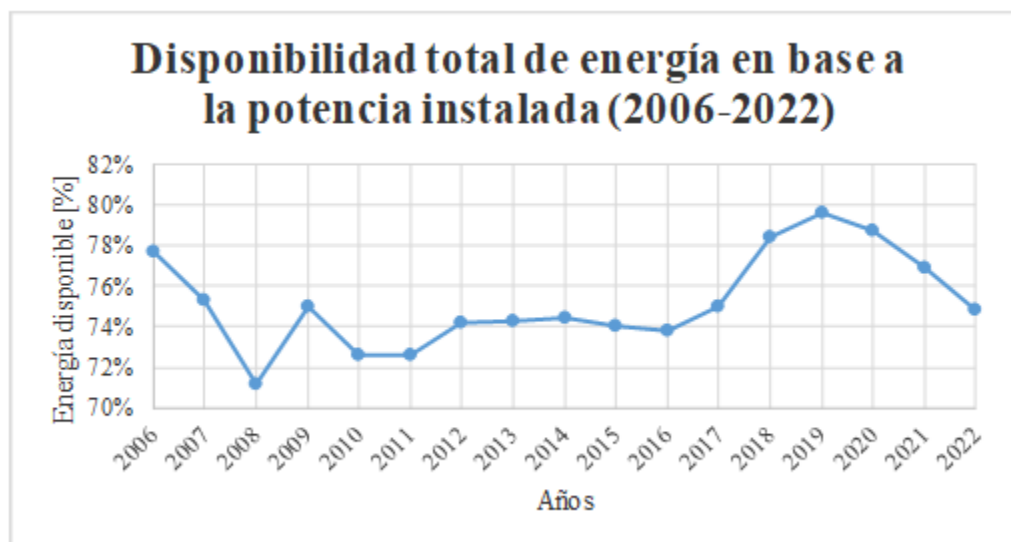


Figura 13: Disponibilidad total de energía en base a la potencia instalada (2006-2022)
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

La disponibilidad total media (sumando a todas las tecnologías) se sitúa entre el 72% y 78% de la potencia total instalada.

En la Figura 14 se detalla la disponibilidad por tipo de energía en base a su potencia instalada desde el 2006.

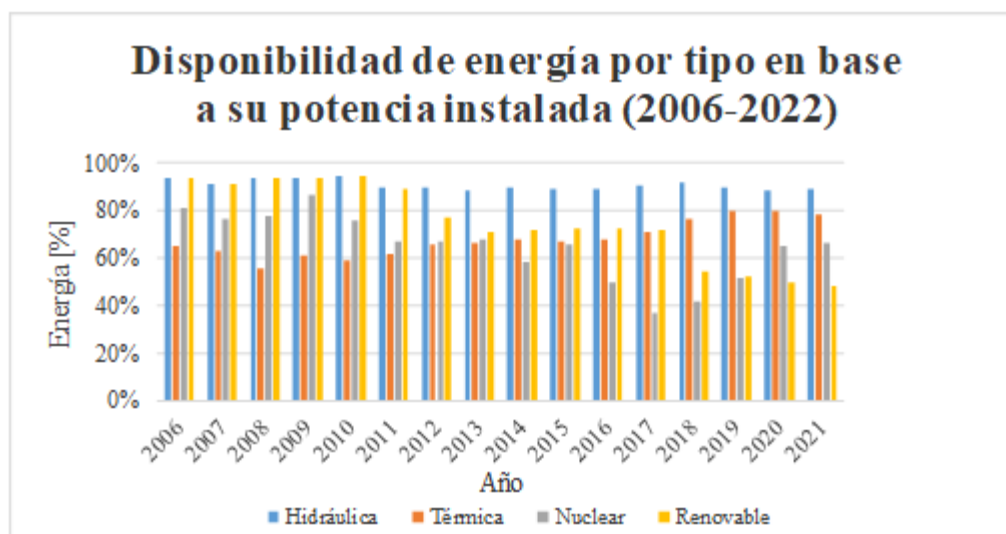


Figura 14: Disponibilidad de energía por tipo en base a su potencia instalada (2006-2022)
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

En la siguiente figura se expone el factor de utilización total de energía en base a la potencia disponible. Podemos ver que a través de los años el mencionado factor disminuye levemente. Entre otras cosas, se debe a la incorporación de energías renovables, donde aumentaron los proyectos año a año (es decir la energía instalada) pero al depender de factores climáticos, en el conjunto son los que menor disponibilidad tienen.

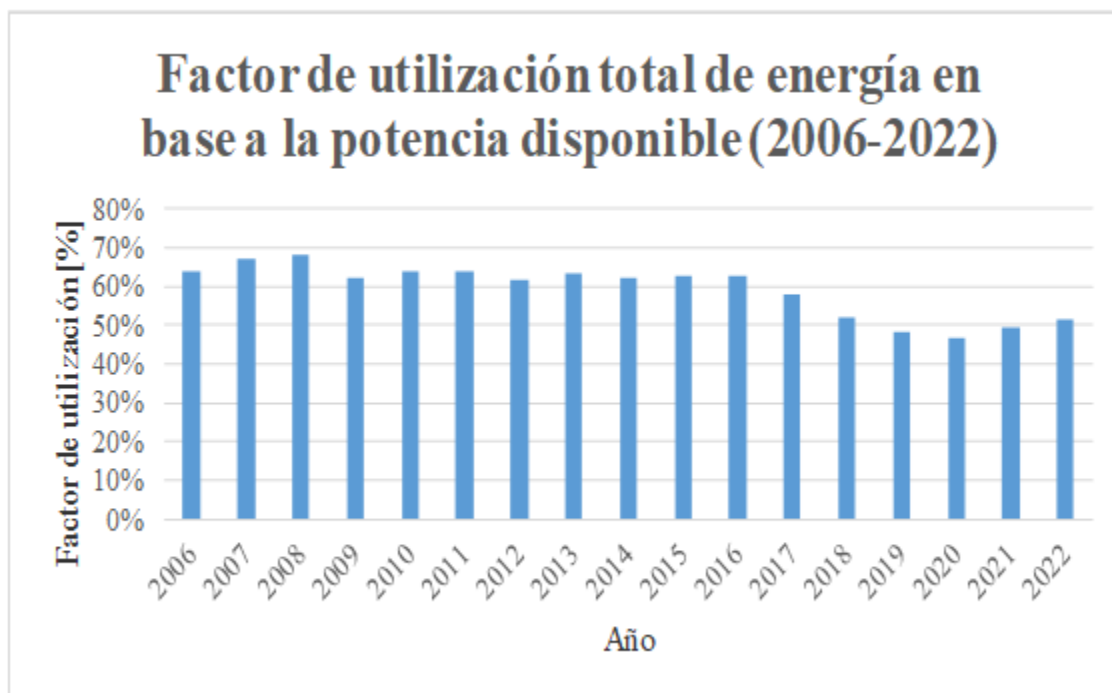


Figura 15: Factor de utilización total de energía en base a la potencia disponible (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

En la Figura 16 se muestra esto último, pero por tipo de tecnología:

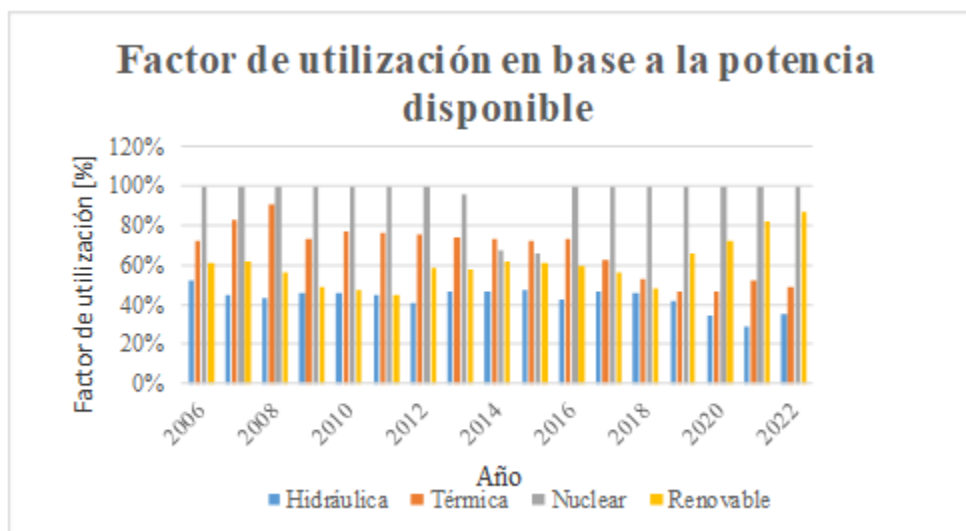


Figura 16: Factor de utilización en base a la potencia disponible (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

Podemos destacar el factor de utilización constante y al 100% de la industria nuclear. Única industria que llega a ese valor de rendimiento. A excepción de los años 2014 y 2015 que se detuvo la central nuclear Embalse para su extensión de vida.

Por otro lado, observamos que el factor de la industria hidráulica nunca sobrepasa el 55%.

Debido a esta indisponibilidad de energía, en ciertas situaciones se recurre a la importación de la misma. Y en escasas situaciones de sobrante de energía se ha exportado a países vecinos⁴¹.

A continuación (Figuras 17 y 18) se muestra la cantidad total de energía importada, detallando la proporción realizada por cada país.

⁴¹Desde el año 2012 que prácticamente no se exporta energía. Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

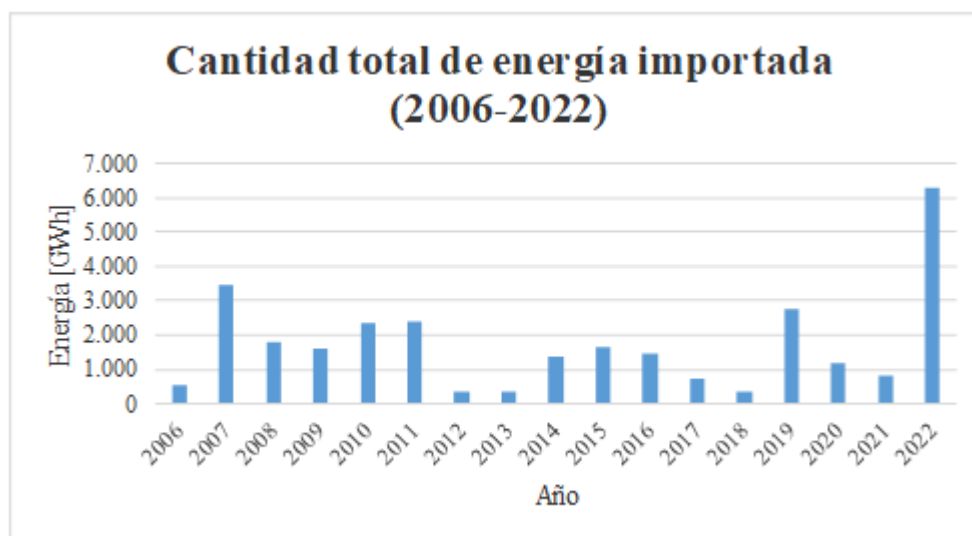


Figura 17: Cantidad total de energía importada (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

En particular en el año 2022 se ha importado la mayor cantidad de energía de los últimos 16 años, proveniente en su mayoría de Brasil. Y esto se debe, a como se mencionó anteriormente, a la emergencia hídrica sufrida en el año 2021 y 2022.

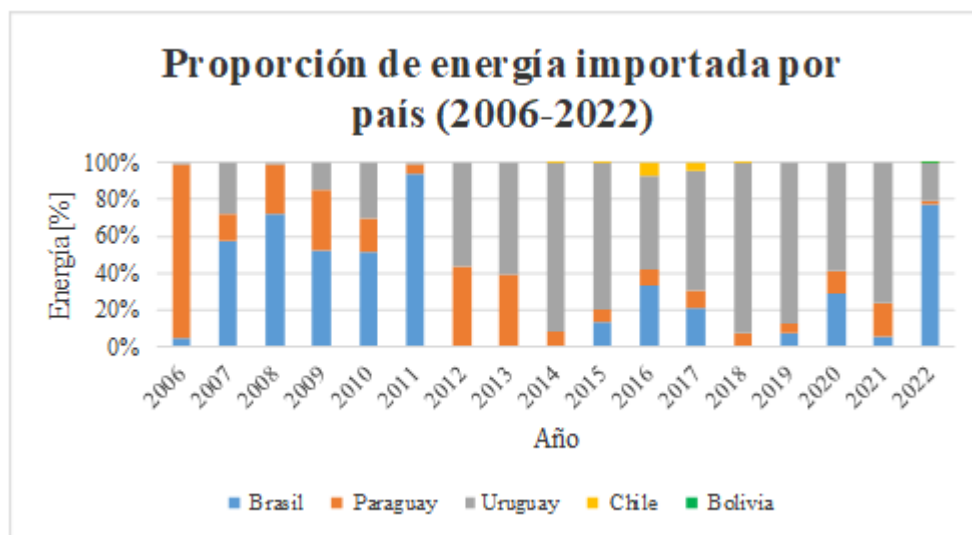


Figura 18: Proporción de energía importada por país (2006-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, la Cámara del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA), 2022

En la Figura 19, se muestra la oferta de energía primaria argentina esperada para el año 2030:

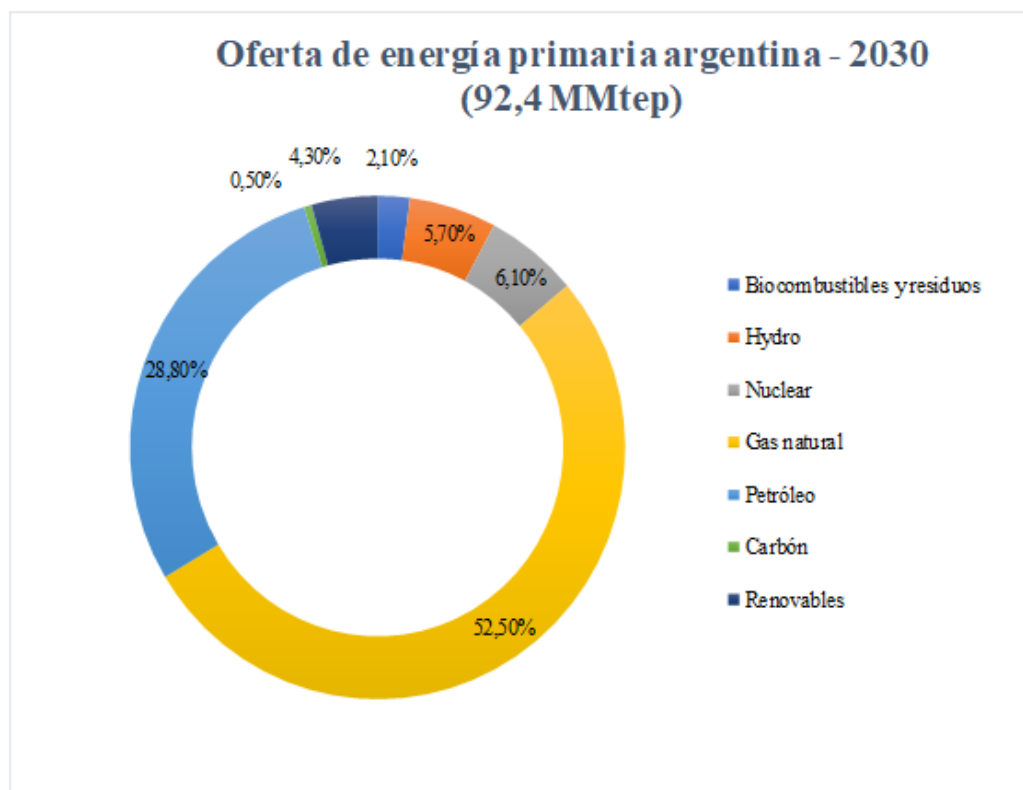


Figura 19: Transición eléctrica 2010-2040

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la Secretaría de Energía, 2019

Como podemos observar, se plantea hacia el año 2030 un incremento considerable de la participación de energías renovables (hidroeléctrica, eólica, solar fotovoltaica, biocombustibles, biomasa y otros renovables) en la oferta interna total, casi duplicando su porción relativa observada en el año 2019. Dicho incremento surgiría principalmente como consecuencia del cumplimiento de la Ley 27.191 de energías renovables.

También debemos destacar que continuaría una gran participación del gas natural a la matriz proyectada para el 2030, aunque es levemente menor que la participación observada en la matriz del 2019. En este sentido, el gas natural tiene un papel clave en los procesos de eliminación del uso del carbón a nivel internacional. Como ya se mencionó, el gas natural no solo genera menos emisiones de CO₂ que el resto de los combustibles fósiles, sino que, además posee mayor eficiencia (es necesario menos combustible para para

generar la misma cantidad de energía), provee seguridad en el suministro y competitividad. Por lo recién mencionado, el gas natural puede desempeñar un rol clave como principal combustible de transición hacia energías menos contaminantes.

Y en este sentido, Argentina cuenta con el proyecto activo de Vaca Muerta. El desarrollo del 50% de los recursos del proyecto de Vaca Muerta permitiría un volumen de exportaciones superior a los 33.000 millones de dólares anuales durante el próximo medio siglo. Si ese desarrollo llegara al 75% el incremental de exportaciones llegaría a 50.597 millones de dólares anuales (Nicolás Arceo, Lara Bersten y Andrés Wainer, 2022).

En este contexto, el país está encaminado hacia una diversificación de la matriz energética futura dando progresivamente mayor participación a las energías limpias y renovables, y recorriendo la transición hacia menores emisiones de CO₂ respecto al uso del combustible fósil a través del uso del gas natural, aprovechando la disponibilidad de este con que cuenta el país.

3.5 Contexto Actual Nacional E Internacional De La Energía Nuclear

Para fines del año 2021, la cantidad mundial de reactores nucleares de potencia en operación es de 437, distribuidos en 32 países, totalizando una potencia neta instalada de 385.500 MWe⁴². Cabe destacar, que la capacidad nucleoelectrica ha aumentado gradualmente en la última década, la mejora de reactores existentes y la incorporación de nuevas unidades a la red ha permitido añadir unos 20.700 MWe de capacidad adicionales.

Además, podemos mencionar que, del total de 437 reactores, 301 se localizan en seis países, representando el 74% del total. En lo que respecta a América del Sur, para el año 2020 cuenta con 7 reactores, que explican el 1,28% del total mundial⁴³.

Actualmente se encuentran en construcción 56 reactores en 19 países, lo que representará en conjunto una potencia neta de 58.100 MWe adicional. Esto demuestra el gran desarrollo respecto a la industria nuclear, teniendo como contraparte que en el 2020 han salido de servicio en forma definitiva 182 reactores nucleares, totalizando una

⁴²Según lo publicado por el OIEA:

<https://www.iaea.org/es/newscenter/news/estad%C3%ADsticas-pris-energia-nuclear-2021>

⁴³América Latina cuenta con 7 reactores, ubicados en Brasil (2), México (2) y Argentina (3), y una capacidad total eléctrica neta de 5.069 MWe.

<https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByRegion.aspx>

reducción de potencia de 77.870 MWe⁴⁴. Esta retracción a nivel global se explica en parte por el impacto negativo del accidente de Fukushima y el efecto de la presión de opinión opositora en países que disponen de recursos alternativos, como Alemania. Por otro lado, en China, en cambio, se están construyendo diez reactores. Asimismo, se iniciaron proyectos de construcción de dos nuevos reactores en la India, cada uno con una capacidad de 917 MW(e). En Turquía se comenzó con la construcción de una tercera unidad (1.114 MWe) en el complejo de Akkuyu, ubicado en la costa del Mediterráneo. Y, por otro lado, Rusia inició la construcción de un reactor rápido refrigerado por plomo de 300 MWe (Brest-OD-300)⁴⁵.

Como hemos visto, cabe la posibilidad que la energía nuclear, debido a la no contribución de gases de efecto invernadero y a su bajo costo por kW/h, pueda convertirse en una tecnología sostén para las energías renovables, hasta que estas alcancen solvencia tal que puedan convertirse en energía base.

Es indudable que la energía nuclear no es la respuesta a todos los problemas con relación a la generación de energía, pero si es parte de solución a muchos de ellos.

3.6 Conclusiones Parciales A Partir Del Rol De La Energía Nuclear En La Matriz Energética

A lo largo del capítulo se describieron las distintas fuentes de energía que conforman la matriz energética mundial. Hemos destacado los puntos a favor y en contra de cada una de ellas como así también su situación actual. Es menester mencionar que las energías renovables han evolucionado mucho en los últimos años.

Se estudió la composición de la matriz energética a nivel mundial y luego se profundizó en el análisis de la matriz energética argentina.

Notamos que tras la búsqueda de la descarbonización de la matriz energética mundial la energía nuclear, considerada energía limpia, se presenta como una gran alternativa junto con las energías renovables para lograr la transición a una matriz reducida en energía producida por combustible fósil (como el petróleo, el gas y el carbón).

⁴⁴<https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/ShutdownReactorsByCountry.aspx>

⁴⁵<https://www.iaea.org/es/newscenter/news/estad%C3%ADsticas-pris-energia-nuclear-2021>

Podemos destacar que mundialmente se espera para el año 2040 sólo aproximadamente un 2% de energía proveniente de gas y carbón, de manera de cumplir con el *“Informe de cero neto para 2050”*.

En este sentido, percibimos que la Argentina acompaña este desafío mundial, tanto con la Ley 27.191 de energías renovables como así también con su voto a favor de la energía nuclear, invirtiendo en la misma. Encaminándose progresivamente hacia una matriz energética con mayor participación de energías limpias y renovables. Pero esta transición la recorrerá junto con el uso del combustible fósil que menos emisiones de CO₂ genera, es decir con el uso del gas natural. En este sentido, aprovechando la disponibilidad con que cuenta el país, apostando al proyecto de Vaca Muerta. Dicho proyecto no sólo aportaría a cubrir gran cantidad de necesidad energética futura nacional, sino que además permitiría exportar. Proporcionándole al país gran ingreso de capital.

Por último, se realizó un breve análisis del contexto actual nacional e internacional de la energía nuclear, donde podemos destacar que para fines del año 2021 la potencia neta instalada fue de 385.500 MWe, por medio de 437 reactores nucleares de potencia en operación, distribuidos en 32 países. Y si bien, luego del impacto negativo del accidente de Fukushima algunos países, como por ejemplo Alemania, se encuentran en vías de reducción total de la energía nuclear, otros países como China, siguen apostando cada vez más a este tipo de energía. Pudiendo acentuar la actual construcción de 56 reactores distribuidos en 19 países.

4 Las Centrales Nucleares Argentinas Y Su Bien Generado

4.1 Introducción

En este capítulo se describirá a la empresa Nucleoeléctrica Argentina, reparando en los aspectos más destacables, entre ellos el marco regulatorio donde la empresa desarrolla sus funciones y la composición de su paquete accionario.

En una segunda instancia se realiza una breve descripción de las centrales nucleares argentinas actuales. Se menciona, entre otras cosas, la ubicación, el período de construcción, fecha de inicio de operación, la potencia neta que genera cada unidad y el combustible y tecnología utilizado.

Luego se detallan los desafíos futuros nucleares argentinos.

Por último, se abordan las características del bien generado, comercialización y riesgos asociados. En este sentido, se detallan las políticas y gestiones que definen al sector eléctrico, recorriendo los sucesos más importantes que llevaron a la creación del marco regulatorio actual de la industria. En este contexto, acentuando las características del producto que genera la empresa (sus posibilidades limitadas de almacenamiento, la utilidad temporal, espacial y de calidad ligada a su consumo) se analiza la gestión de riesgos asociados a la energía para cubrirse de baja de precios.

4.2 Empresa Generadora Y Comercializadora De Energía Eléctrica

La empresa Nucleoeléctrica Argentina S.A. (NASA) fue creada en el año 1994 con el objetivo de desarrollar la actividad de generación y comercialización de energía eléctrica mediante las centrales nucleares. Como así también encargarse del gerenciamiento de los proyectos que tengan por objetivo la eventual construcción de futuras centrales nucleares en territorio nacional.

La constitución accionaria de la compañía se constituye mayoritariamente por el Ministerio de Energía y Minería (79%), siguiendo por la Comisión Nacional de Energía Atómica (20%) y el Ente Binacional de Energía en último lugar (1%). A continuación, se expone en la Figura 20⁴⁶:

⁴⁶Para más información: [https://www.nasasa.com.ar/es/Institucional#:~:text=Somos%20una%20sociedad%20an%C3%B3nima%20y,\(ENARSA\)%20\(1%25\).](https://www.nasasa.com.ar/es/Institucional#:~:text=Somos%20una%20sociedad%20an%C3%B3nima%20y,(ENARSA)%20(1%25).)

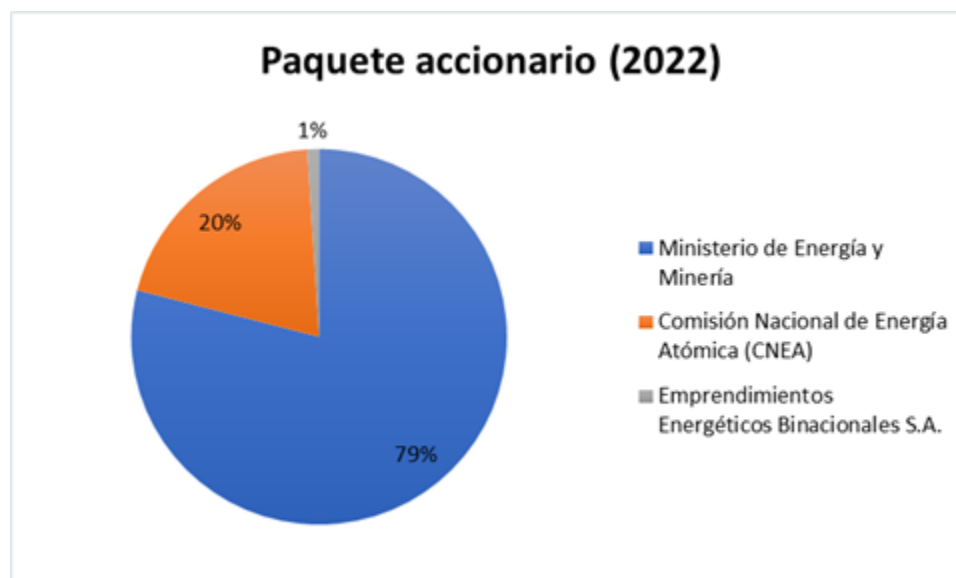


Figura 20: Participación accionaria de Nucleoeléctrica Argentina S.A.
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de Nucleoeléctrica Argentina S.A.⁴⁷

Cabe destacar que NA-SA está comprometida con la operación segura de las centrales nucleares, trabajando de manera continua para la mejora de sus procesos y actividades. En este sentido es menester mencionar que la empresa es miembro de organizaciones internacionales las cuales fomentan el intercambio de experiencia operativa y realizan “Revisiones de Pares” para compararse con otras centrales nucleares y conocer las mejores prácticas de la industria. Es decir, NA-SA es miembro de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), de World Association of Nuclear Operators (WANO)⁴⁸, de Candu Owners Group (COG)⁴⁹ y de Electric Power Research Institute (EPRI)⁵⁰, entre otros.

⁴⁷[https://www.na-sa.com.ar/es/Institucional#:~:text=Somos%20una%20sociedad%20an%C3%B3nima%20y,\(ENARSA\)%20\(1%25\).](https://www.na-sa.com.ar/es/Institucional#:~:text=Somos%20una%20sociedad%20an%C3%B3nima%20y,(ENARSA)%20(1%25).)

⁴⁸La Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO), es una organización fundada en 1986 con el propósito de promover la cooperación y excelencia profesional de las industrias nucleares. Para más información: <https://www.wano.info/>

⁴⁹Candu Owners Group (COG) es una corporación privada que se dedica a proporcionar programas de cooperación, asistencia mutua e intercambio de información para el soporte, desarrollo, operación, mantenimiento y economía exitosos de la tecnología CANDU. Para más información: <http://www.candu.org/SitePages/Home.aspx>

⁵⁰Electric Power Research Institute (EPRI) es un instituto que realiza investigaciones sobre temas de interés de la industria de la energía eléctrica en Estados Unidos. Para más información: <https://www.epri.com/>

Por otro lado, en el ámbito de la gestión ambiental y administrativa, la empresa tiene también el compromiso de mejorar continuamente su gestión, por lo que a partir del año 2003 hasta la fecha se ha venido recertificado la norma ISO 14001:2004, siendo el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM)⁵¹ el organismo certificador. También se ha certificado con el IRAM la norma ISO 9001:2008 “Gestión por la Dirección”, la cual también se viene recertificando a la fecha.

4.3 Descripción De Las Centrales Nucleares Argentinas Actuales

Las centrales nucleares con la que cuenta el país están ubicadas en Lima, Partido de Zarate, Provincia de Buenos Aires (Atucha I y II) y en la localidad de Embalse, Rio Tercero, Provincia de Córdoba.

A continuación, se realiza una breve descripción de las mencionadas centrales nucleares.

Central Nuclear Atucha I. Está localizada a 115 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en la localidad de Lima, partido de Zárate, provincia de Buenos Aires.

Su construcción se inició en el año 1968 y en el año 1974 comenzó su producción.



Figura 21: Central nuclear Atucha I
Fuente: Nucleoeléctrica Argentina S.A.

⁵¹Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) es el instituto encargado de la normalización y certificación, en Argentina. Sus orígenes se remontan a 1935. Fue el primer organismo de normalización en América Latina. Para más información: <https://www.iram.org.ar/>

Posee una potencia eléctrica bruta de 362 MW. Es refrigerada y moderada con agua pesada (D_2O). Como combustible utiliza una mezcla de uranio natural y uranio levemente enriquecido. Es del tipo de reactores PHWR (Pressurized Heavy Water Reactor) con tecnología alemana (Siemens AG)⁵².

Central Nuclear Embalse. Se encuentra situada en la costa sur del Embalse del Río Tercero, provincia de Córdoba.

La construcción comenzó en el año 1974 y en año 1983 se conectó al Sistema Argentino de Interconexión (SADI)⁵³.

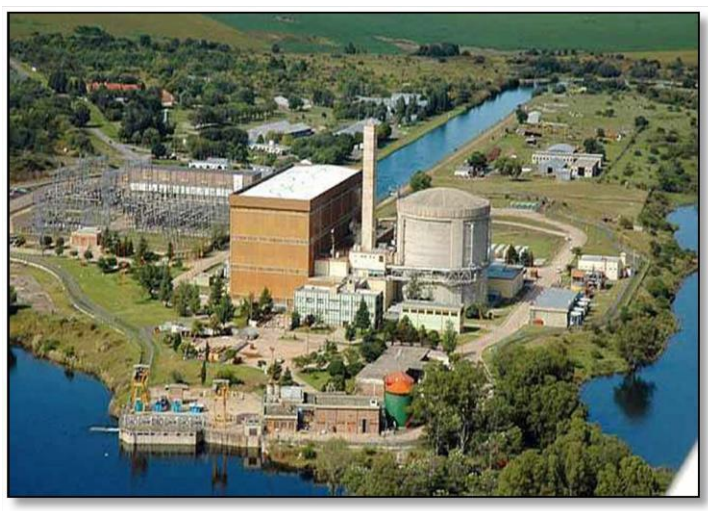


Figura 22: Central nuclear Embalse
Fuente: Nucleoeléctrica Argentina S.A

La central es de tipo CANDU (Canadian Uranium Deuterium). La potencia eléctrica bruta es de 648 MW. Como combustible utiliza uranio natural y agua pesada como refrigerante y moderador.

Central Nuclear Atucha II. Se sitúa al lado de Atucha I, en la localidad de Lima, Partido de Zárate. Se comenzó su construcción en el 1982. Entre los años 1994 y 2006 la obra estuvo paralizada, hasta el relanzamiento del Plan Nuclear Argentino, impulsado por el Estado Nacional en el año 2006.

⁵²Siemens AG está conformado por un conjunto de empresas alemanas con sedes en Berlín y Múnich. Posee 190 sucursales y está considerada como la mayor empresa de fabricación industrial de Europa.

⁵³El Sistema Argentino de Interconexión (SADI) es una red eléctrica que recolecta y transporta toda la energía eléctrica que se genera en el país. Está conformada por tendidos de alta tensión que interconectan las distintas regiones de Argentina. La longitud es de 20.296 km de distribución troncal, y 14.197 km de líneas de 500 kV.

Posee una potencia eléctrica bruta de 745 MW, utiliza para su combustible al uranio natural y agua pesada (D_2O) como refrigerante y moderador. Es de los reactores del tipo PHWR y de tecnología alemana (Siemens AG).



Figura 23: Central nuclear Atucha II
Fuente: Nucleoeléctrica Argentina S.A.

4.4 Desafíos Futuros Nucleares Argentinos

Se prevé que la cuarta central nuclear será Hualong. Tendría un reactor PWR de uranio enriquecido y agua liviana de 1.200 MW, con una vida útil de 60 años. La misma se localizaría en el Complejo Nuclear Atucha situado en la localidad de Lima, provincia de Buenos Aires.

Por otro lado, también está en construcción el proyecto CAREM. Es el primer reactor nuclear de potencia íntegramente diseñado y construido en la Argentina. Se presenta como uno de los reactores líderes mundiales en el segmento de reactores modulares de baja y media potencia (SMR, por sus siglas en inglés). Este tipo de reactores tienen una gran proyección para el abastecimiento eléctrico de zonas alejadas de los grandes centros urbanos con alto consumo de energía.

Se está construyendo el prototipo en Lima, provincia de Buenos Aires. La obra civil comenzó en febrero de 2014.

Esta primera versión de los reactores tipo CAREM generaran 32 megavatios eléctricos. En paralelo al desarrollo del prototipo, la CNEA avanza en el diseño conceptual

del que será el módulo comercial del CAREM, el cual tendrá una potencia mayor (de entre 100 y 120 MWe), y sería la base de una central multi-reactor que permitirá alcanzar costos muy competitivos para el mercado internacional.



Figura 24: Proyecto prototipo CAREM
Fuente: Nucleoeléctrica Argentina S.A.

En el caso de implementarse todos los proyectos anteriormente citados se incrementaría la participación de la energía nucleoelectrica en la matriz. Aun así, con el aumento de la demanda estimada, el porcentaje sería todavía bajo, no dando certezas a futuro sobre la independencia energética nacional.

Por otro lado, Argentina se ha convertido en un importante exportador y proveedor de tecnología nuclear, formando parte de un selecto grupo de países que realizan esta actividad. Es uno de los pocos países del mundo que maneja esta tecnología. Ya produjo reactores para Perú, Australia, Egipto y Argelia. Y en proceso de ventas para Brasil, India, Arabia, Holanda, Sudáfrica y Estados Unidos. Su inicio exportador fue con Perú en la década del 70. Pero, el reactor OPAL construido por INVAP que desde el año 2007 se encuentra en funcionamiento en Australia ha marcado un hito en la historia nuclear argentina⁵⁴.

⁵⁴Para más información: <https://www.cai.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/CAI1121.pdf>

4.5 Características Del Bien Generado, Comercialización Y Riesgo Asociado

La gestión y las políticas aplicables sobre la electricidad definen, junto a las políticas de los hidrocarburos y del gas, el perfil del sector energético de un país. Al ser un servicio público e insumo imprescindibles, las mencionadas políticas deben tener una planificación a largo plazo y un acorde grado de previsión.

En Argentina la Ley 24.065⁵⁵ sancionada en 1992 constituyó un punto de inflexión en la política de la energía eléctrica, ya que antes de dicha Ley el sector operaba bajo un esquema de integración vertical con empresas de propiedad pública.

A partir de la ley, se creó el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM)⁵⁶, se definieron sus actores y los derechos y obligaciones de las partes. La industria se distribuyó vertical y horizontalmente.

De esta manera se intentó lograr eficiencia productiva mediante la introducción de competencia, promoviendo la participación del capital privado y protegiendo los intereses de los usuarios, regulando los mercados monopólicos. Y en este contexto, el Estado ejerció un nuevo rol como fijador de políticas y regulador de la actividad.

En este sentido, a partir de la Ley 24.065 se fijó un nuevo marco de regulación del sector y estableciendo la separación entre generación, distribución y transporte de energía eléctrica. Por otro lado, también se permitió la operación de comercializadores.

En la siguiente figura se puede observar los actores del mercado eléctrico argentino y las relaciones comerciales entre ellos en la actualidad.

⁵⁵Ley 24.065 de Régimen de la Energía Eléctrica, trata la Generación, transporte y distribución de electricidad. Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24065-464>

⁵⁶El Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) es el conjunto de transacciones de energía eléctrica en bloque que se realizan a través del Sistema Argentino de Interconexión. Para más información: <http://energia.mecon.gov.ar/>

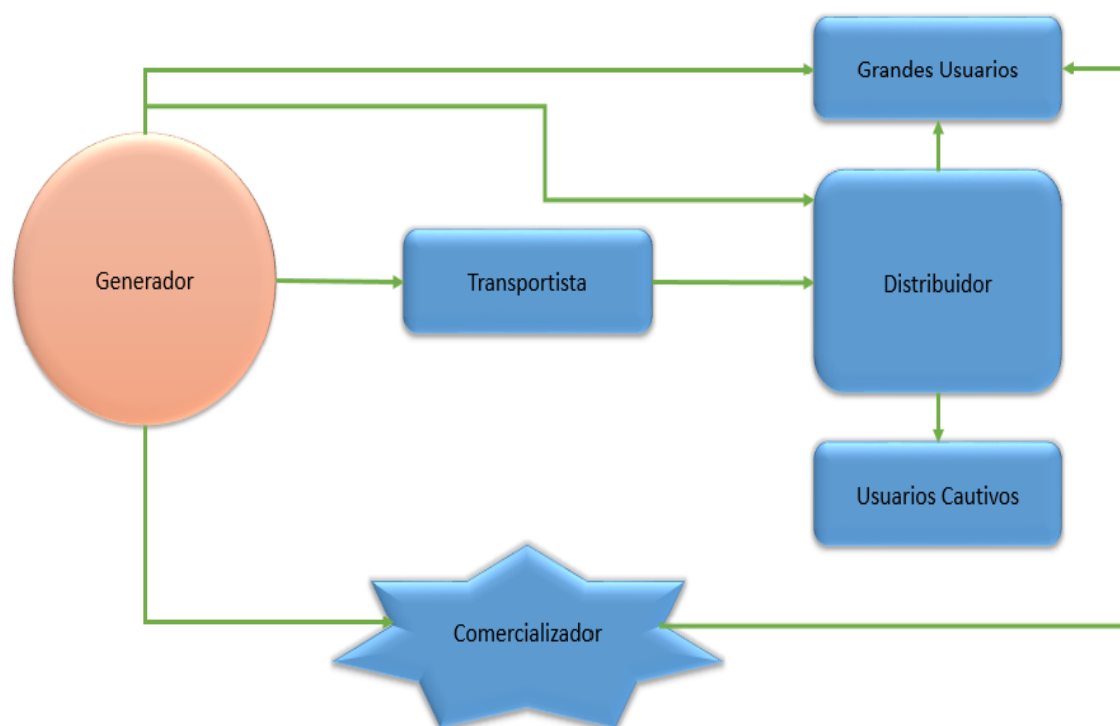


Figura 25: Actores del Mercado Eléctrico Argentino en la actualidad
Fuente: Elaboración propia en base a información suministrada por Cammesa

Los generadores son los productores de electricidad, venden su energía en el mercado spot mayorista a distribuidores y comercializadores a través de contratos a término (Forwards).

Los distribuidores son los mayores demandantes del sistema, tienen clientes cautivos y no cautivos. Por lo tanto, no solo distribuyen electricidad a través de sus redes de baja tensión, sino que también realizan la comercialización final de la electricidad.

Por último, los transportistas son los operadores de media y alta tensión, no pueden vender y comprar energía.

En particular analizaremos la situación del sector generador de electricidad, por medio de la empresa NASA.

Su costo unitario de producción está dado por el costo de operación y mantenimiento más el costo de transporte desde su nodo de conexión hasta el mercado. En este sentido, se encarece cuanto más alejado del centro de carga y/o menos confiable el vínculo de transporte.

El generador también recibe una remuneración por la potencia puesta a disposición del sistema. Este monto tiene un componente variable, en el cual su aumento depende del riesgo a que la demanda no sea abastecida dentro del sistema. Por eso, para garantizar la operabilidad

técnica se remuneran también servicios tales como la regulación de frecuencia y el control de la tensión.

Es decir, los generadores venden la energía producida al mercado spot, recibiendo por la misma los precios que rigen dependiendo la hora. Pero también pueden poseer contratos con un distribuidor o con un gran usuario. Esto último se cobra de la siguiente manera:

- Hasta el tope del nivel de su contrato la generación será considerada en el Mercado a término.
- Cuando el nivel de generación esté fuera de los valores de contrato (sobre o debajo), estas diferencias se comercializan en el mercado spot como faltantes o excedentes de contrato al precio que rija en el Mercado a dicha hora.

Cabe aclarar que el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) se compone de:

- a) Un ***Mercado a Término*** (MAT): es en Argentina un mercado de contratos Forwards, con contratos de cantidades, precios y condiciones pactadas libremente entre vendedores y compradores. De esta manera, los compradores garantizan su abastecimiento y un precio de compra predeterminado. A su vez, los vendedores se aseguran la venta de cierta cantidad de energía, a un precio de venta predeterminado.
- b) Un ***Mercado Spot***: con precios fijados en forma horaria dependiendo del costo económico de producción. Es decir, son mercados en donde tiene lugar la transferencia física de un producto. Por lo general, las transacciones en este mercado no están estandarizadas. La electricidad tiene además la particularidad de que no es almacenable, con lo cual las transacciones de compra y venta se dan en tiempo real, equilibrándose oferta y demanda sin existencia de acumulación de stock.

No debemos dejar de hacer mención a la *Volatilidad del precio Spot*. Este análisis es sumamente importante, ya que el nivel de volatilidad contribuye a evaluar la necesidad de implementar instrumentos de cobertura de riesgo debido a variación de precios.

Las causas de Volatilidad pueden deberse a:

- Hidraulicidad: es uno de los factores más relevantes en la volatilidad del precio spot. La regla general es que caudales bajos, reducen la capacidad de generación de energía hidroeléctrica.
- Restricciones de transporte: ya sea por congestión, u otros motivos producen que

algunos generadores se vean limitados para despachar energía.

- Restricciones de gas: esto es particularmente para generadores que utilizan gas para generar energía.
- Indisponibilidades térmicas de generación: esto se refiere a indisponibilidades no planeadas de máquinas térmicas de generación.
- Exportación/importación con países vecinos.

Contratos de futuros y contratos a término: Como se mencionó anteriormente, dentro del MEM los agentes pueden establecer libremente contratos de potencia y energía. Las condiciones del contrato (cantidad, condiciones, plazos y precios) se determinan libremente entre las partes.

Este tipo de contratos (forward), difieren de los contratos de futuros. Ya que en los mercados de futuros se negocian contratos estandarizados, donde la cantidad y el vencimiento están determinados por el mercado, sólo se negocia el precio.

Ambos contratos, a término y a futuro, sirven para el mismo objetivo de asegurar un precio fijo en el futuro, pero en forma adicional, los contratos de futuros proveen de alta liquidez y evitan el riesgo de la contraparte. Este riesgo de la contraparte está dado por la probabilidad de que la contraparte no pueda cumplir con sus obligaciones.

En el caso particular de la empresa NASA estamos hablando de un generador. Los generadores pueden comercializar la energía que producen vendiendo directamente en el mercado spot, o a través de contratos a término con grandes usuarios o distribuidores. Estos contratos de abastecimiento pueden ser a precio fijo durante todo el período o variable. Los riesgos en ambos mercados (spot y a término) son similares. En este sentido, identificamos el riesgo, como un riesgo de precio. Ya que, en el caso del mercado spot, la energía que el generador vende en el mercado spot le es remunerada al precio horario que sancione el MEM. Es decir, los generadores se verán perjudicados cuando el precio disminuya.

Para cubrirse de bajas de precios se podría recurrir a mercados de futuros. Esta cobertura se puede realizar tomando posiciones vendedoras en contratos de futuros o bien comprando opciones de venta en el caso de que los precios suban.

En el Anexo II se aborda, a modo de ejemplo, un caso con valores numéricos en el que se analizan los riesgos y las posibles coberturas de ventas en el mercado spot aplicado a la empresa NASA.

4.6 Conclusiones Parciales A Partir De La Descripción De Las Centrales

Nucleares Argentinas Y Su Bien Generado

Como pudimos observar a lo largo del capítulo, la empresa NASA es la encargada de desarrollar la actividad de generación y comercialización de energía eléctrica mediante las centrales nucleares. Las mismas son tres unidades y se esperan próximamente sumar dos unidades más. NASA también se encarga del gerenciamiento de los proyectos que tengan por objetivo la eventual construcción de futuras centrales nucleares en nuestro país.

La constitución accionaria de la empresa se compone mayoritariamente por el Ministerio de Energía y Minería.

Hemos percibido que la empresa es miembro de organizaciones internacionales tales como la OIEA, WANO, EPRI, con el fin de fomentar el intercambio de experiencias operativas de manera de comprometerse con la operación segura de las centrales nucleares, y trabajando de forma continua para la mejora de sus procesos y actividades.

También podemos recalcar que cuenta con certificaciones IRAM e ISO 14001:2004.

Por último, destacando las características del bien que genera la empresa (es decir la limitada utilidad espacial, temporal, sus posibilidades limitadas de almacenamiento y de calidad ligada a su consumo) podrían ser utilizados los contratos de futuro y opciones en la cobertura de riesgo de precio. En este sentido se observó que el mercado de futuros permite a los generadores (como la empresa NASA) cubrirse ante bajas de precios en el mercado eléctrico. Esta cobertura puede ser realizada tomando posiciones vendedoras en contratos de futuros o además comprando opciones de venta. En este último caso mencionado, si bien el beneficio será menor ante una disminución de precio, la pérdida será también menor ante un aumento de precio. Es decir, el mercado de futuros le sirve a NASA para cubrirse en el caso de una baja en el precio. Y la cobertura con opciones de venta put puede poner un piso a su precio de venta para así beneficiarse en el caso de una suba de precios.

5 Financiamiento De Los Proyectos Nacionales Nucleares

5.1 Introducción

Al abordar el financiamiento de proyectos nacionales, los fondos que acompañan a la Argentina a través de la ejecución de proyectos de inversión permiten la concreción de las políticas públicas que promueven y materializan objetivos planteados por el Gobierno Nacional. En particular, en el caso de estudio de este documento, estamos hablando de diversificar la matriz energética.

En este sentido, al referirnos a proyectos nucleares, el financiamiento de los mismos es uno de los puntos más complicados respecto del desarrollo de un programa de generación nucleoelectrica, dada su característica de requerimientos intensivos en capital y su largo plazo de construcción. A estas características se les suma la incertidumbre regulatoria que puede provocar más demoras en la construcción.

En una primera instancia comenzaremos estudiando las características más relevantes de los financiamientos nacionales, para luego abocarnos a los proyectos nacionales nucleares, identificando las diferencias y similitudes dentro de los distintos proyectos, analizando cómo afectan los factores más relevantes el financiamiento de los mismos, para finalmente poder interpretar conclusiones encontradas.

Cabe mencionar que acompañando este capítulo se elaboró un resumen del enfoque histórico de la energía nuclear en Argentina. El mismo se expone en el Anexo III.

Para la comprensión del objetivo de estudio deseado en el presente documento nos es útil analizar esta temática desde los comienzos de la energía nuclear, extendiéndonos más allá del período contemplado en el alcance de este estudio, es decir desde la reactivación del Plan Nuclear.

5.2 Características De Los Financiamientos De Los Proyectos Nacionales

La decisión de financiamiento de proyectos nacionales no es trivial, ya que hay factores cuantitativos y cualitativos que pueden influir notablemente.

Al abordar proyectos de inversión de gran envergadura del sector público o de las grandes empresas de particulares, lo usual es recurrir a financiamiento internacional, ya sea mediante entidades públicas o privadas. Actualmente, Argentina cuenta con una cartera

activa de programas y proyectos que se ejecutan desde los ministerios con organismos internacionales tales como el Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Fonplata, Banco de Desarrollo de América Latina, Global Environment Facility, entre otros. Estas entidades son bancos formados por países de América Latina y otros países extrazona como asociados. Dan créditos a los gobiernos o a las grandes empresas para financiar proyectos de desarrollo. En ciertos casos, se recurre a entidades internacionales fuera del financiamiento regional, en forma directa o a través de sindicatos de bancos. Los cuales se juntan para afrontar el riesgo. En ocasiones se hace uso de fideicomisos.

En particular, al hablar de proyectos nucleares, dada sus características de requerimientos de gran cantidad de capital, su largo plazo de construcción y normativas regulatorias que se deben cumplir, el financiamiento de los mismos es uno de los puntos más complicados respecto al desarrollo de un plan de generación nucleoelectrónica. En este sentido, a pesar de la difícil situación económica internacional, desde hace muchos años existe una situación favorable para el financiamiento de inversiones en empresas y proyectos vinculados con la eficiencia energética y tecnologías de producción de energías limpias (CEPAL, 2003). Cabe destacar una vez más que la energía nuclear es considerada energía limpia.

Uno de los secretos para que la energía nuclear sea competitiva según el presidente de Environmental Progress⁵⁷, Michael Shellenberger (OIEA, 2017)⁵⁸

Algunos de los costos más elevados derivados de las demoras en la construcción no son más que el pago de los intereses. Para evitar costos elevados es necesario evitar los retrasos y obtener una financiación con bajo interés, ya sea por medio del gobierno, los contribuyentes (en forma de un cargo en las facturas de consumo eléctrico) o de un banco internacional de desarrollo. La fase del proyecto que más riesgo presenta es la planificación; una vez iniciados los trabajos de construcción ese riesgo se reduce. Por lo tanto, los países compradores deberían tener distintos tipos de financiación para las diferentes fases. (pág.21)

⁵⁷Environmental Progress es una organización independiente de investigación y políticas sita en Berkeley, California (Estados Unidos de América).

⁵⁸El informe completo se encuentra en: <https://www.iaea.org/sites/default/files/5842021es.pdf>

5.3 Tipos De Proyectos Nacionales Nucleares

En este documento, sin dejar de lado que cada uno de estos proyectos estudiados se encuentra totalmente relacionado con la coyuntura sociopolítica del momento en el que transcurre el evento, podrían ser agrupados cronológicamente. Sin embargo, y no perdiendo de vista lo recién mencionado, nos es conveniente dividirlos en tres grandes grupos dependiendo de las características del proyecto de inversión y por consiguiente del tipo de financiamiento.

Así es cómo podemos distinguir: proyectos de centrales nucleares finalizadas y en operación, proyectos de centrales nucleares ya existentes y proyectos futuros de centrales nucleares.

Respecto a las centrales nucleares finalizadas y en operación se encuentran los proyectos Atucha I, Atucha II (plan original-primera etapa) y Embalse. Estas centrales tienen la particularidad de que fueron proyectos que se empezaron desde cero. En los tres casos los contratos se realizaron con empresas extranjeras que, por distintos motivos, estaban interesadas en financiar proyectos nucleares con Argentina⁵⁹. Todas las etapas de estos proyectos tuvieron plena vinculación con el entorno político del momento. Es decir, la influencia política se hace presente tanto en la decisión de invertir en proyectos nucleares, en la elección del país exportador del proyecto nuclear elegido, en la continuidad de obra una vez comenzada la inversión, etc.

Al hablar del financiamiento de centrales ya existentes nos referimos a la extensión de vida de la central (como en el caso de Embalse y Atucha I), o como en el proyecto Atucha II, donde luego de haber llegado casi al 80% de la construcción, la obra se detuvo y se retomó 20 años después.

El último grupo de la clasificación comprende los futuros proyectos de construcción de nuevas centrales. Posiblemente cuarta central (Hualong).

⁵⁹Siemens financió las obras Atucha I y Atucha II y varias empresas nacionales actuaron como subcontratistas, enmarcadas en la Ley 18.875. La empresa estatal canadiense AECL (Atomic Energy of Canada Limited) y la italiana Italmimpianti financiaron la central Embalse. Para más información: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cuinap_84.pdf

5.4 Características Relevantes De Cada Proyecto Nacional Nuclear

A continuación, nos focalizaremos en el tipo de contrato, magnitud de la inversión y financiamiento de cada proyecto antes mencionado.

Proyectos De Centrales Nucleares Finalizadas Y En Operación: Con respecto a Atucha I, La empresa Siemens estuvo a cargo del diseño, construcción y puesta en marcha de la central mencionada. Como se especificó en el capítulo anterior, Atucha I es un reactor PHWR, de 362 MW de potencia y basado en el diseño de la empresa estadounidense Westinghouse. Opera con agua pesada (a presión) y en un su comienzo con uranio natural (años después de su puesta en marcha se decidió utilizar uranio levemente enriquecido). El contrato asentaba que Atucha I debía estar lista el año 1972 y que su costo sería de 70 millones de dólares sin incluir el agua pesada ni el combustible.

Acerca del financiamiento, Siemens había ofrecido el 100% del mismo. La central que estaba ofertando Siemens era la primera de su tipo, con lo cual, para Alemania significaba experimentar sobre esta nueva clase de reactores y además sería su primera exportación de una central nuclear. Y para la Argentina significaba la primera central nuclear que se iba a construir en América Latina y donde se utilizaría uranio natural procesado en el país.

La obra tuvo extremados sobrecostos. Demandó una inversión de 165 millones de dólares amortizables en veinte años, con financiación extranjera a un interés del 6% sobre saldos. Finalmente, en 1974 se llevó a cabo la puesta en marcha de Atucha I.

Con relación a la central nuclear Embalse, es la segunda central puesta en funcionamiento, la misma está ubicada en Embalse (Córdoba), para su construcción se eligió a la empresa canadiense AECL (La Atomic Energy of Canadá Limited)⁶⁰ de propiedad estatal conjunta con la empresa italiana Italmimpianti. Este sería un reactor del tipo CANDU. En el contrato la empresa AECL se comprometía a transferir a la CNEA la tecnología completa de los reactores CANDU, incluyendo la tecnología de fabricación de sus elementos combustibles y cedía a la CNEA los derechos de esta tecnología dentro del territorio argentino sin pago adicional de licencias o regalías.

⁶⁰La Atomic Energy of Canadá Limited (AECL) es una empresa estatal canadiense fundada en el año 1952, que tiene a cargo la responsabilidad de administrar el programa canadiense de energía nuclear, incluyendo investigaciones.

Respecto al financiamiento, el contrato de la venta del reactor se firmó por 420 millones de dólares. Pero luego de negociaciones se obtuvo un crédito por 129 millones de dólares a pagar en 25 años, considerando una inflación máxima del 25% a una tasa de interés conveniente financiado por EDC (Export Development Canada). Para la Argentina significaba un contrato con inmejorables condiciones financieras. Las condiciones desfavorables para Canadá sólo se explicaban por la intención de construir una reputación como proveedor nuclear a bajos costos. La construcción duró 10 años y en 1984 se puso en marcha.

En cuanto a Atucha II (primera etapa), la construcción de esta tercera central nuclear fue aprobada por decreto presidencial, en el cual se aceptaba la oferta de la empresa KWU (Kraftwerk Unión) por 1.300 millones de dólares. Simultáneamente se establecía la creación de una empresa de ingeniería llamada Empresa Nuclear Argentina de Centrales Eléctricas S.A. (ENACE)⁶¹. La misma estaba compuesta por CNEA (participación accionaria inicial del 75%) y KWU (participación accionaria inicial del 25%). Dicho consorcio sería el encargado de la construcción de todas las futuras centrales nucleares del país. Ya que luego de Atucha II se preveía construir tres centrales más por este mismo consorcio ENACE. Es decir, los alemanes aportarían el diseño de Atucha II y parte de la financiación. Según estaba previsto ENACE desaparecería alrededor del año 1997, cuando todas las nuevas centrales nucleares planificadas estuviesen en operación. La construcción se inició en 1981 Si bien la fecha de puesta en marcha de Atucha II estaba prevista para el año 1987 la falta de fondos y los retrasos que se fueron acumulando hicieron que la misma se reprogramara con diversas fechas que tampoco pudieron cumplirse. Entre 1994 y 2006 la construcción de Atucha II estuvo totalmente paralizada.

Proyectos De Centrales Nucleares Ya Existentes: Respecto a Atucha II (segunda etapa), desde el año 2006 al 2014 en que se inició la operación, se invirtieron aproximadamente 18.300 millones de dólares. La mayor parte del financiamiento del proyecto se realizó a través Estado Nacional, mediante transferencias directas. Una menor

⁶¹La Empresa Nuclear Argentina de Centrales Eléctricas S. A. (ENACE S.A.) fue una empresa mixta con mayoría estatal, creada en 1980 en Argentina con el fin de llevar a cabo la construcción de centrales nucleares eléctricas. Tuvo a su cargo la obra de construcción de la central nuclear Atucha II. Luego en los años noventa fue disuelta en el marco de las privatizaciones. Para más información: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/225000-229999/227158/norma.htm>

proporción fue por medio de la creación de un fideicomiso donde el bien fideicomitado era la venta de energía futura que realizaría la central. De esta forma se aliviaron un poco las cargas de financiamiento sobre el gobierno.

El último hito fue la extensión de vida de Embalse. Su primer ciclo de vida útil finalizó en 2015. Previendo esta situación, NASA comenzó en 2005 con las actividades que permitieran un nuevo ciclo de operación por 30 años más. Para el proyecto de extensión de vida la mayor parte del financiamiento corrió por cuenta del Estado Nacional y la creación de un fideicomiso (al igual que parte del financiamiento de Atucha II). Una novedad para este proyecto fue el financiamiento externo conseguido a través de la CAF (Corporación Andina de Fomento), que aportó poco más de 200 millones de dólares, alrededor del 10% del total del proyecto.

Respecto a la extensión de vida de Atucha I, tras 47 años de funcionamiento, se iniciaron los estudios preliminares para el proceso de extensión de su vida. Esta obra que demandará una inversión de 450 millones de dólares permitirá extender su operación hasta más allá del 2040. El Gobierno negocia que el financiamiento sea a través del Fondo de Garantía de Sustentabilidad (FGS) de la Administración Nacional de la Seguridad Social (ANSES).

Proyectos futuros de centrales nucleares: En cuanto a los proyectos futuros, es decir a la cuarta central, será posiblemente Hualong. El estado actual de las negociaciones contempla la construcción de una central nuclear de tecnología china, Hualong. Se trata de un reactor PWR de uranio enriquecido y agua liviana de 1.200 MW que permitiría sostener la capacidad instalada de origen nuclear en la matriz energética y se ubicaría en el Complejo Nuclear Atucha situado en la localidad de Lima, provincia de Buenos Aires. A su vez, tendría una vida útil de 60 años. Por otro lado, su diseño cumple con los requisitos del OIEA e incorpora las lecciones aprendidas en el incidente de Fukushima en materia de seguridad.

El precio del reactor ronda los 7.900 millones de dólares. El financiamiento del proyecto estaría a cargo de un consorcio de bancos chinos liderado por el ICBC (Banco Industrial y Comercial de China). El cual otorgaría un crédito de tipo concesional que alcanzaría el 85% del precio del reactor. Este financiamiento incluiría un período de gracia

equivalente a la duración del proyecto (8 años). El resto del dinero provendría del Tesoro Nacional.

5.5 Comparación Del Financiamiento Entre Los Distintos Proyectos Nacionales

Nucleares

En la siguiente tabla comparativa, en base a lo expuesto en los incisos anteriores, se exponen los aspectos más relevantes involucrados en el financiamiento de las centrales nucleares en Argentina.

	Atucha I	Embalse	Atucha II	Extensión de vida de Embalse	Posible Cuarta Central
Período Construcción	1968-1974	1974-1984	1981...2006-2014	2005-2017	2008 hasta la fecha
Presupuesto Original	\$ 70.000.000	\$ 420.000.000	\$ 1.800.000.000	-----	\$ 7.900.000.000
Costo Real	\$ 165.000.000	\$ 129.000.000	\$ 18.300.000.000	\$ 2.149.000.000	-----
Vida útil (años)	30	30	30	30	60
Entidad Financiera	Consorcio de bancos alemanes y Tesoro Nacional	EDC (Export Development Canadá)	Tesoro Nacional y fideicomiso.	CAF (Corporación Andina de Fomento), fideicomiso y Tesoro Nacional	Consorcio de bancos chinos liderados por el ICBC (Banco industrial y comercial de China) y el Tesoro Nacional

	Atucha I	Embalse	Atucha II	Extensión de vida de Embalse	Posible Cuarta Central
Condiciones de financiamiento	Financiada en gran proporción por consorcio de bancos alemanes con un crédito a 20 años. Y en una menor proporción financiada por el tesoro Nacional.	Financiada en casi su totalidad por EDC con un crédito a 25 años	Financiada por el tesoro Nacional y una menor proporción a través de la creación de un fideicomiso donde el bien fideicomitido fue la venta de energía futura que realizaría la central.	10% financiado por CAF y el resto una parte por el tesoro Nacional y otra menor proporción a través de la creación de un fideicomiso donde el bien fideicomitido fue la venta de energía futura que realizaría la central.	85% financiado por ICBC a pagar en 25 años con 8 años de gracias. El resto del dinero del Tesoro Nacional

Tabla 4: Aspectos relevantes en el financiamiento de las centrales nucleares en Argentina
Fuente: Elaboración propia en basa a datos tomados de las páginas de Nucleoeléctrica Argentina, Cosiplan, Banco de desarrollo de América Latina, entre otros⁶²

En particular respecto de la compra de la central Embalse, como se explicó anteriormente, la empresa canadiense estaba muy interesada en vender centrales nucleares y crearse a nivel mundial una fama de vendedor de las mismas a bajo costo. Es por eso que accedió a condiciones financieras muy favorables para Argentina.

También es notable la semejanza en el tipo de financiamiento que tuvo lugar en cada proyecto. Por lo general un gran porcentaje fue financiado por entidades internacionales formadas por un consorcio de bancos. Y en su mayoría, un menor porcentaje del costo provino del Tesoro Nacional.

En Atucha II y en la extensión de vida de Embalse, las financiaciones fueron en parte por el gobierno a través de transferencias directas y una menor proporción por fideicomisos donde el bien fideicomitido era la venta de la energía futura que realizaría la central en cuestión. Esta modalidad se debe a que eran proyectos que no se comenzaban desde cero. Por ende, en ambos casos no había un exportador de centrales interesado en vender su proyecto. Atucha II era la construcción de una central a continuar, donde gran

⁶²La información se encuentra en las siguientes páginas:

<https://www.na-sa.com.ar/es/nuevosproyectos> http://www.iirsa.org/proyectos/detalle_proyecto.aspx?h=1309
http://www.cosiplan.org/proyectos/detalle_proyecto.aspx?h=983
<https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2010/03/usd-240-millones-para-sector-energetico-argentino/>

parte ya se había hecho años atrás. Y en el caso de Embalse la inversión tenía como fin la extensión de vida de una planta ya existente y en funcionamiento. Y algo inusual para este proyecto fue el financiamiento externo conseguido a través de la Corporación Andina de Fomento, la CAF, que aportó alrededor de 200 millones de dólares (casi el 10% del total del proyecto)⁶³.

Podemos observar que el costo de las centrales nucleares ha ido incrementándose excesivamente con el tiempo. Por otro lado, los períodos de construcción se exceden a lo pactado inicialmente afectando, entre otras cosas, el financiamiento negociado para cada proyecto. Esto se debe a varios factores tales como repercusiones de las reglamentaciones, inflación e intereses durante la construcción, efectos comerciales, medidas de protección del medio ambiente, entre otros.

A continuación, profundizaremos sobre los mencionados factores más relevantes que afectan el período de construcción, el costo y el financiamiento de las centrales nucleares:

Reglamentaciones: Acerca de las repercusiones de las reglamentaciones encontramos que las exigencias de seguridad y de protección del medio ambiente han aumentado a un punto en que difícilmente se podía prever en los primeros años de la explotación comercial de la energía nucleoelectrónica⁶⁴.

A partir de los accidentes nucleares ocurridos a lo largo de la historia la industria nuclear ha elevado el nivel de seguridad en sus instalaciones⁶⁵. En ese sentido, luego del accidente nuclear de Three Mile Island, ocurrido en marzo de 1979 en Estados Unidos, se incorporaron aspectos relacionados con el aprovechamiento de la experiencia operativa. Otras mejoras surgidas de este accidente fueron el desarrollo de las guías de accidentes

⁶³Se puede encontrar toda la información detallada en la ficha de los proyectos:

http://www.iirsa.org/proyectos/detalle_proyecto.aspx?h=1309

http://www.iirsa.org/proyectos/detalle_proyecto.aspx?h=983&x=9&idioma=EN

⁶⁴La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) es el ente facultado para dictar las normas y guías regulatorias que conforman el marco regulatorio de la actividad nuclear en la República Argentina. Las mismas se encuentran disponibles en:

<https://www.argentina.gob.ar/arn/instalaciones-practicas-y-personal-regulado/marco-regulatorio/normas>

⁶⁵El OIEA implanta los requisitos de seguridad generales. Uno de ellos se puede encontrar en:

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1708S_web.pdf

severos, el entrenamiento de los operadores en simuladores y la implementación del Análisis Probabilístico de Seguridad⁶⁶.

Respecto al accidente de Chernóbyl, ocurrido en abril de 1986 en Ucrania, surgieron mejoras en el diseño de las centrales nucleares, en los procedimientos internos y externos de emergencias y en los controles radiológicos, y se crearon los procedimientos de operación basados en síntomas. Pero, la mayor consecuencia del accidente de Chernóbyl para la industria nuclear fue la creación del WANO (World Association of Nuclear Operators).

Por último, el accidente nuclear en Fukushima, ocurrido el 11 de marzo de 2011, generó una inmediata reacción de los principales organismos internacionales del sector nuclear, quienes buscaron identificar posibles mejoras en la seguridad de las centrales nucleares. Este suceso, en particular impacto notablemente en la construcción de Atucha II (segunda etapa) y en la extensión de vida de Embalse. Es decir, haciendo más extenso el período de obra y aumentando los costos respecto a lo pactado inicialmente en la planificación de los proyectos.

En este sentido, la cantidad de materiales utilizados en la construcción se ha incrementado prácticamente al doble para cumplir los requisitos reglamentarios. Las horas hombre para el trabajo de construcción han aumentado a causa de la ampliación del período de construcción y de la mayor complejidad de la misma. Los gastos indirectos han crecido todavía más que los gastos directos. Se necesita disponer de una cantidad mayor de construcciones provisionales para almacenar, marcar y proteger los equipos y materiales de construcción. Se necesita aproximadamente el doble de ingenieros durante más tiempo por cada proyecto para llevar a cabo los servicios técnicos de ingeniería y de gestión de la construcción. La garantía de calidad y el control de calidad constituyen otros ejemplos de actividades resultantes de los nuevos requisitos de seguridad que han sufrido un notable aumento.

Inflación: Al aumentar los períodos de construcción de las centrales, impactan más notablemente las tasas nominales de interés (entre otras cosas). Esto quiere decir que, sumado a los períodos más largos necesarios para el diseño y la construcción, ha

⁶⁶Análisis Probabilístico de Seguridad es una metodología sistemática y exhaustiva para evaluar el riesgo asociado a una entidad ingenieril compleja, en nuestro caso una central nuclear

aumentado notablemente el impacto tanto absoluto como relativo de la inflación y de los intereses durante el período de construcción.

Esto lo podemos apreciar en las siguientes figuras⁶⁷ donde se expone la evolución de la tasa de inflación anual y el PBI (Producto Bruto Interno) en Argentina en los periodos de construcción de cada central nuclear mencionada:

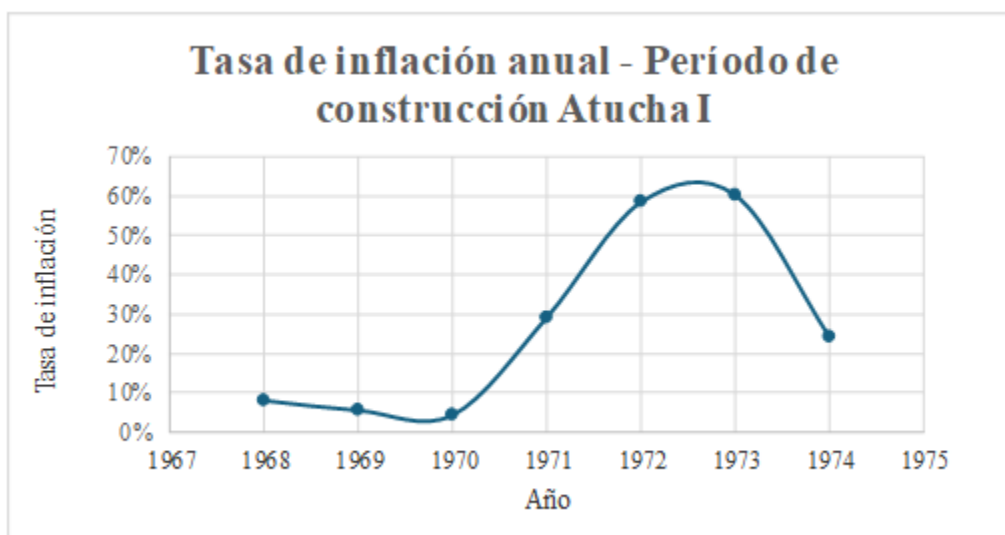


Figura 26: Tasa de inflación anual durante el período de construcción de la central nuclear Atucha I
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del INDEC

⁶⁷En el Anexo IV se exponen las tablas de elaboración propia que contienen los valores con los que se generaron las Figuras 26 a 37. Las fuentes fueron extraídas del INDEC y del Banco Mundial

<https://www.indec.gob.ar/indec/web/Institucional-Indec-InformacionDeArchivo>

<https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2021&locations=AR&start=1961&view=chart>

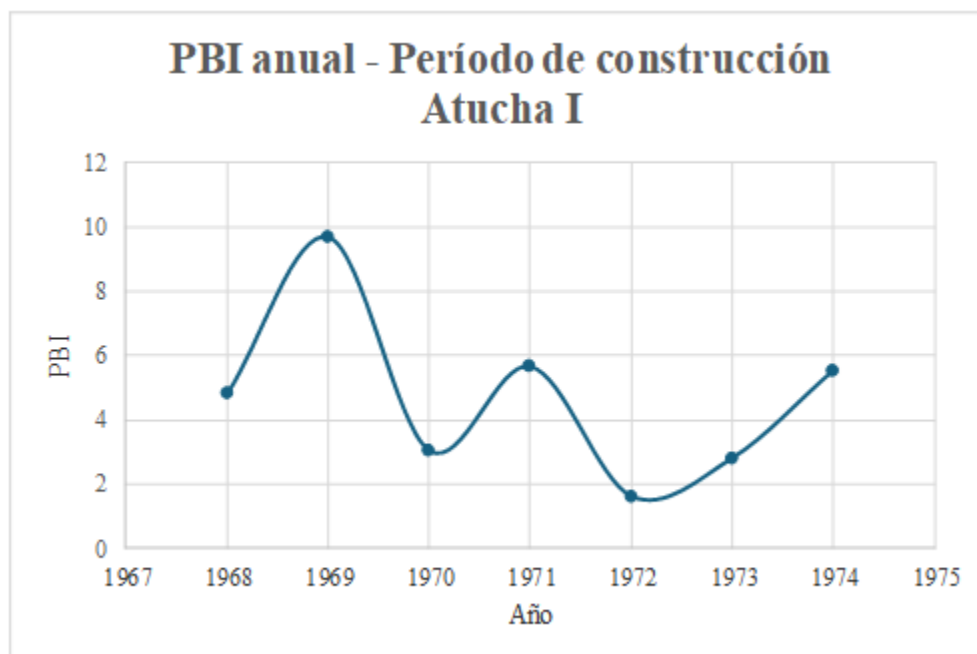


Figura 27: PBI anual durante el período de construcción de la central nuclear Atucha I
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del Banco Mundial

Como podemos observar en la Figura 26 durante el período de construcción de la central Atucha I la tasa de inflación, si bien alcanzó valores mayores al 60% anual, no tuvo un alza excesiva, por ende, tampoco las tasas nominales de interés. El escenario es similar respecto al PBI (Figura 27), es decir, el país se mantuvo económicamente rentable, con valores de PBI favorables. Eso se ve reflejado en el período de construcción donde sólo se excedió en dos años respecto a su plan original.

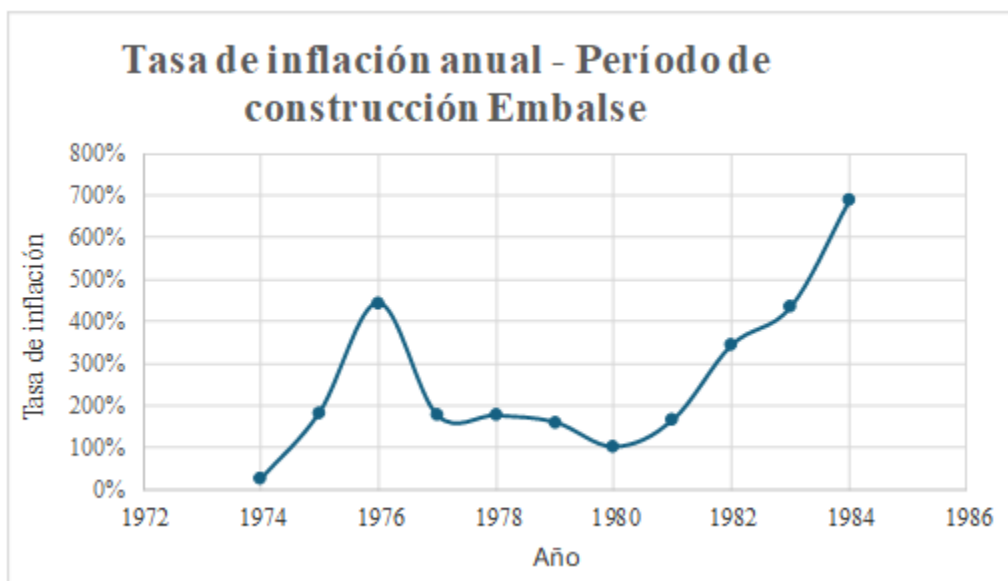


Figura 28: Tasa de inflación anual durante el período de construcción de la central nuclear Embalse
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del INDEC.

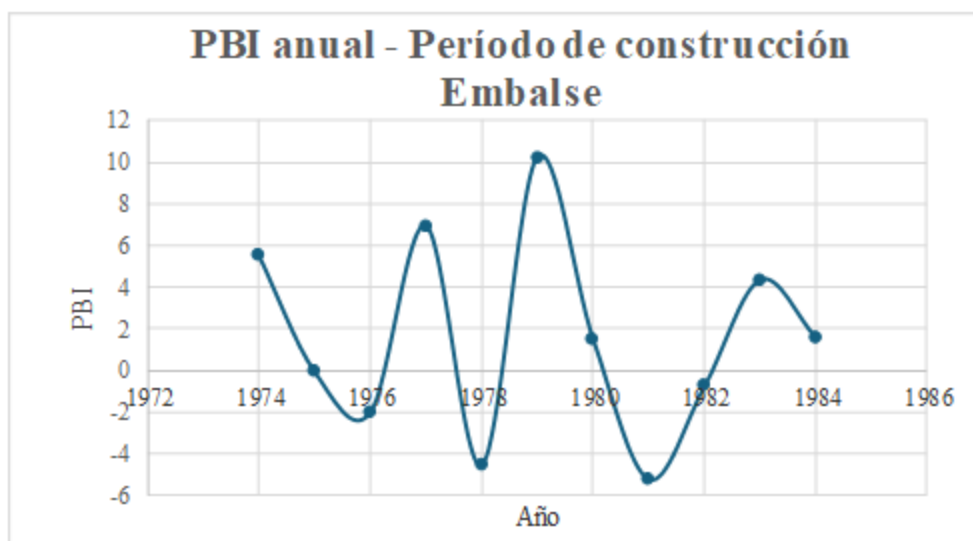


Figura 29: PBI anual durante el período de construcción de la central nuclear Embalse
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del Banco Mundial

En el caso de la central nuclear Embalse, como muestran las Figuras 28 y 29, se observa una tasa de inflación excesiva durante todo el período de construcción y un PBI muy fluctuante, con valores negativos que reflejan un decaimiento de la económica del país. Sin embargo, debido a las condiciones de financiamiento del proyecto sumamente favorables para Argentina, esto no impidió la finalización de la construcción de la central, si bien lo demoró unos años.

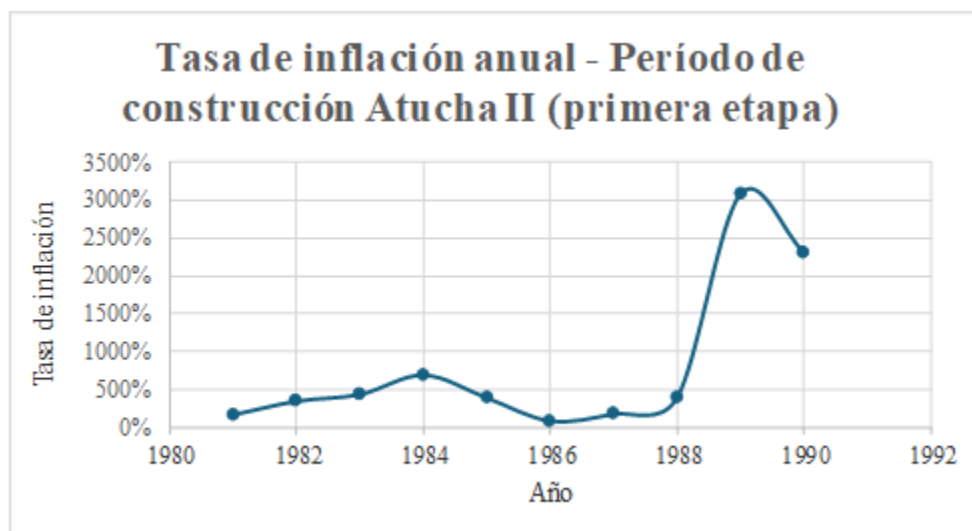


Figura 30: Tasa de inflación anual durante el período de construcción de la central nuclear Atucha II (primera etapa)

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del INDEC

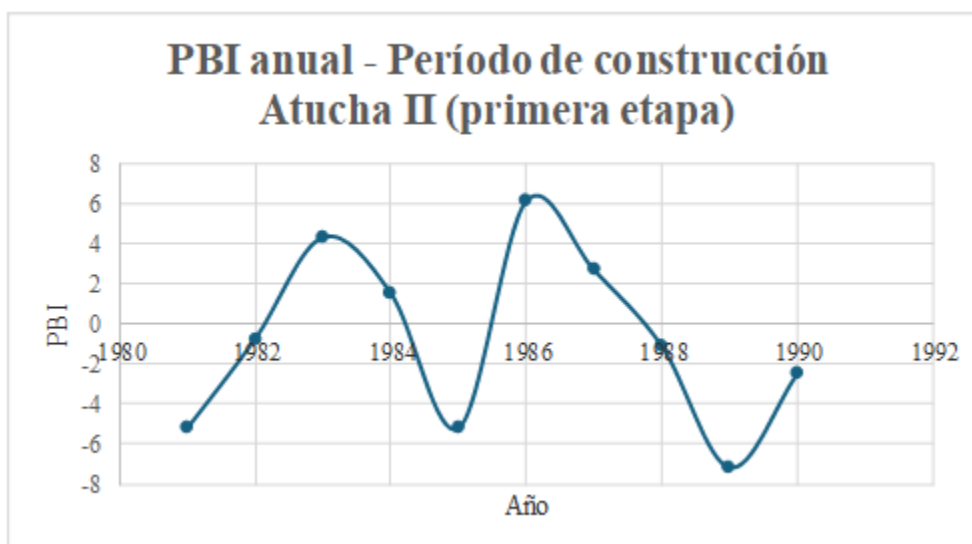


Figura 31: PBI anual durante el período de construcción de la central nuclear Atucha II (primera etapa)

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del Banco Mundial

El período de construcción de la central nuclear Atucha II (primera etapa) se caracterizó por una fuerte recesión económica que impactó a todos los sectores industriales del país. En este sentido, las Figuras 30 y 31 muestran claramente los motivos de la paralización de la construcción de la central Atucha II. El alza fuera de control de la tasa de inflación impactó en el financiamiento del proyecto. El decaimiento de la economía que se refleja en los valores de PBI negativos generó volatilidad de precios de los recursos,

interrupciones en el suministro de materia primas, entre otras cosas negativas que impactaron en la rentabilidad de muchas empresas, incluso provocando la quiebras definitiva o cese de actividad. Como en el caso de Atucha II, que luego de reiteradas demoras y postergaciones respecto a la planificación inicial se tuvo que abandonar el proyecto.

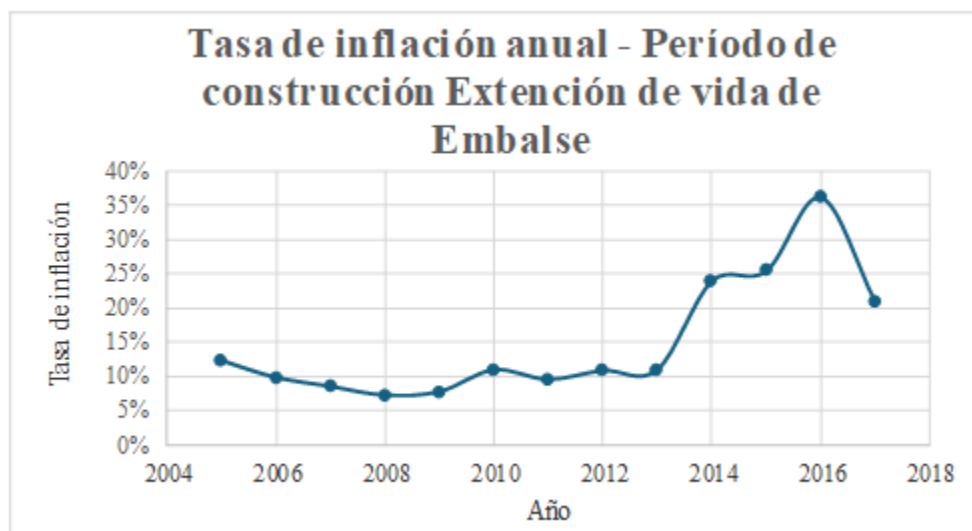


Figura 32: Tasa de inflación anual durante el período de extensión de vida de la central nuclear Embalse
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del INDEC

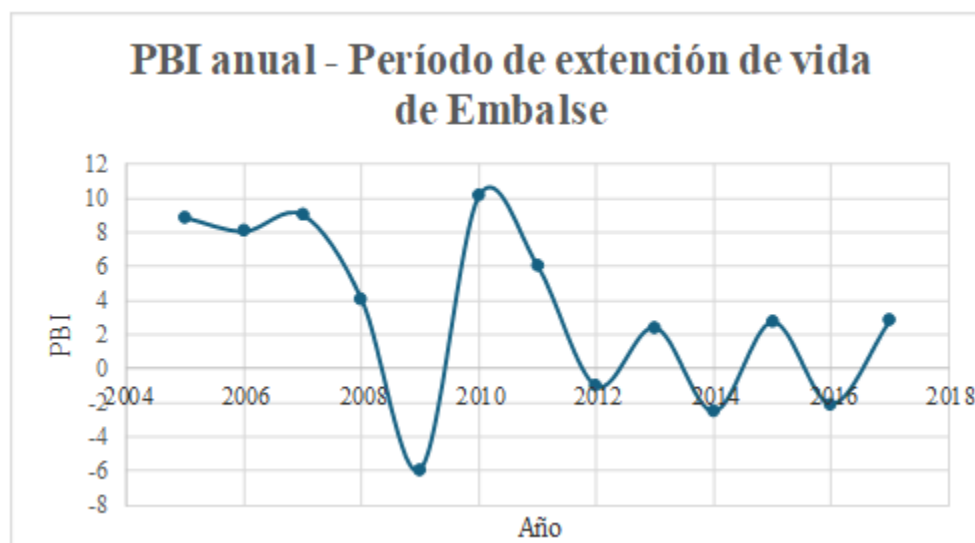


Figura 33: PBI anual durante el período de extensión de vida de la central nuclear Embalse
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del Banco Mundial

Podemos notar que durante el período de extensión de vida de Embalse la tasa de inflación no tuvo alzas significativas, como tampoco se registraron valores de PBI negativos. Excepto en el año 2009, que se observa una baja significativa en el PBI producto de la crisis mundial originada por las hipotecas de alto riesgo en los Estados Unidos que surgió en 2007 y se intensificó hacia finales de 2008. Lo que comenzó como una crisis del sector financiero estadounidense rápidamente se extendió a otras economías desarrolladas y al resto del mundo⁶⁸. De todos modos, aunque con demora, el proyecto se concluyó respetándose el financiamiento inicial pactado.

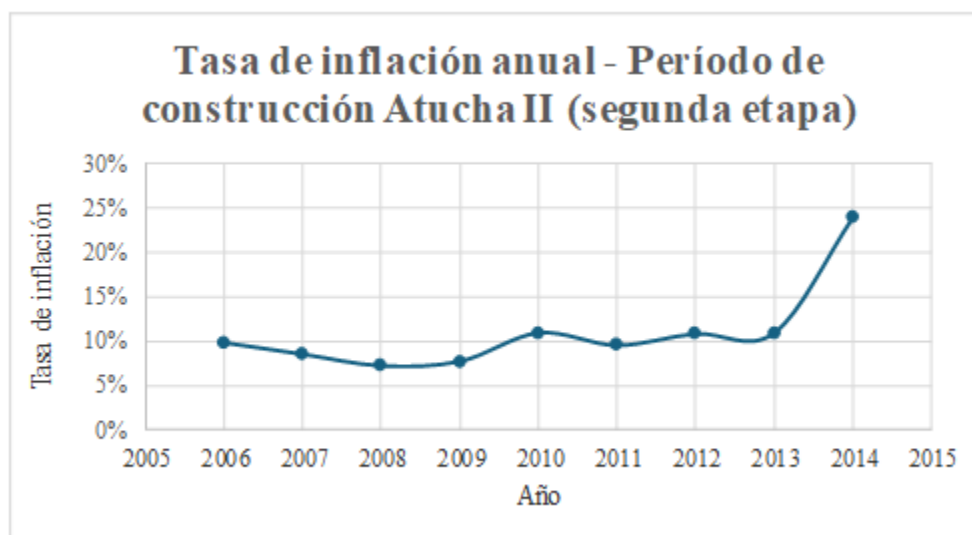


Figura 34: Tasa de inflación anual durante el período de construcción de la central nuclear Atucha II (segunda etapa)

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del INDEC

⁶⁸Organización Mundial del Comercio (OMC), se puede acceder a la información desarrollada en: https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/anrep_s/wtr10-1_s.pdf

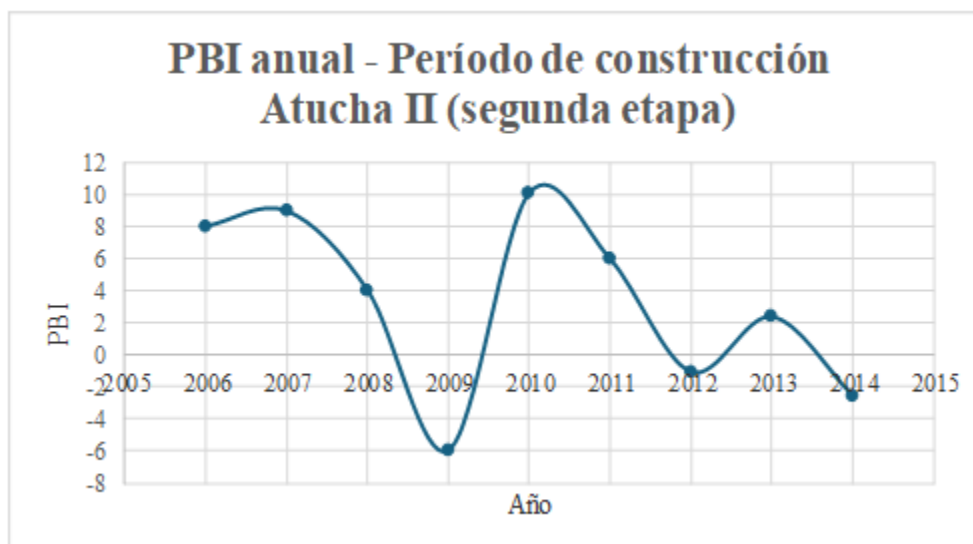


Figura 35: PBI anual durante el período de construcción de la central nuclear Atucha II (segunda etapa)
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del Banco Mundial

Respecto a la situación de la segunda etapa de construcción de la central nuclear Atucha II, es similar a la de la extensión de vida de Embalse, ya que se realizó prácticamente en simultáneo.



Figura 36: Tasa de inflación anual durante el período de negociación de Cuarta central nuclear (Hualong)
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del INDEC

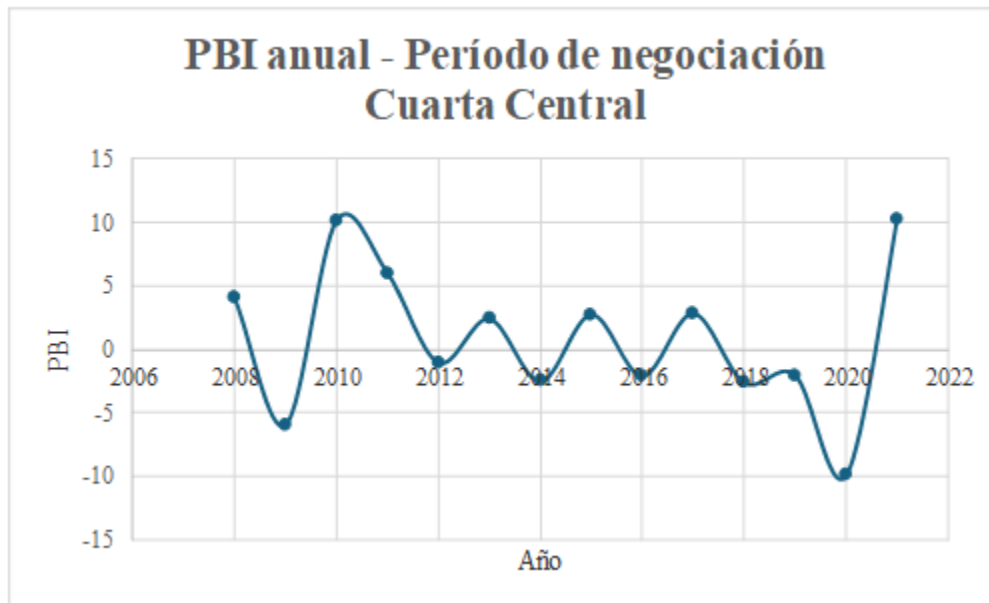


Figura 37: PBI anual durante el período de negociación de la cuarta central nuclear (Hualong)
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del Banco Mundial

Las condiciones de financiamiento de la cuarta central han sido definidas hace años, como se mencionó anteriormente, con un consorcio de bancos chinos y parte del Tesoro Nacional. Sin embargo, aunque el período de negociación no se produjo en el momento de mayor crisis económica que ha afrontado la Argentina (como reflejan las Figuras 36 y 37), el período de negociación se ha visto afectado por varios motivos nacionales e internacionales. Tales como cambios de gobierno, pandemia, guerra entre Rusia y Ucrania, entre otros.

Cabe aclarar, que nuestro período de estudio inicia con la reactivación del Plan Nuclear (2006), donde se invirtió una gran cantidad de dinero para la actividad nuclear. Pero, a modo de comparar entre los distintos proyectos nucleares argentinos, hemos analizado como se ven impactados por la inflación y el PBI.

Riesgos Comerciales: Respecto al impacto comercial podemos destacar que ya antes de 1970 los fabricantes de reactores aceptaban potenciales riesgos comerciales para entrar en un nuevo mercado. En este sentido, encontramos una gran cantidad de contratos establecidos a bajo precio que produjeron grandes pérdidas financieras para los vendedores (como el caso de la construcción de Embalse). Pero luego de haberse cuadruplicado el

precio del petróleo en 1973, los vendedores de reactores se encontraron en una posición mucho más favorable (Georg Woite, 1997).

Medida De Protección Del Medio Ambiente: En el caso de las medidas de protección del medio ambiente, por un lado, como ya se mencionó, en el mundo se tiende a disminuir el uso de combustible fósil como así también en general de residuos contaminantes para el medio ambiente. En este contexto, la energía nuclear es considerada una energía limpia.

No obstante, se deben cumplir ciertas reglamentaciones, que cada vez son más exigentes y conllevan más tiempo, sobre todo luego de los accidentes nucleares producidos a lo largo de la historia (Chernóbyl, Fukushima, entre otros)

La aplicación de estas tecnologías exige una cuidadosa reglamentación para reducir los riesgos y prevenir la posibilidad de exposición radiológica de los trabajadores, los pacientes, el público y el medio ambiente. Y ahí es donde entran en juego las normas de seguridad. Si bien la principal responsabilidad en cuanto a la seguridad corresponde a la persona o la organización encargada de las actividades relacionadas con la tecnología nuclear, la regulación de la seguridad compete a las autoridades nacionales. (OIEA, 2021)

En este sentido, las medidas de protección para el medio ambiente al ser cada vez más rigurosas implican, entre otras cosas, más personal calificado para llevar a cabo la tarea, capacitaciones a todo el personal de la planta, estudios predictivos, materiales de construcción extra que implican más capital y tiempo. Esto se desarrollará con mayor profundidad en el Capítulo 7.

5.6 Conclusiones Parciales A Partir Del Análisis Del Financiamiento De Los

Proyectos Nacionales Nucleares

Hemos analizado como suelen ser los financiamientos de proyectos públicos de gran escala. Observamos que Argentina cuenta con una cartera activa de programas y proyectos que se ejecutan desde los ministerios con diversos organismos internacionales tales como el Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Fonplata, Banco de Desarrollo de América Latina, Global Environment Facility, entre otros.

En el área de proyectos nucleares, Argentina recurre a ellos cuando debe afrontar excesivos gastos para mejoras de plantas ya existentes. Pero en ciertas situaciones, como en el financiamiento de la construcción de nuevas centrales nucleares, Argentina acude a entidades internacionales fuera del financiamiento regional, en forma directa o a través de sindicatos de bancos, los cuales se juntan para afrontar el riesgo en el caso de grandes proyectos. Estas entidades financieras son ofertadas por el país exportador del proyecto en el paquete de negociación.

Pudimos notar que usualmente alrededor del 85% del costo del emprendimiento es financiado por medio de consorcios de bancos internacionales y el pequeño porcentaje restante por el Tesoro Nacional.

Se estudió cómo diversos factores relevantes (tales como repercusiones de las reglamentaciones, inflación e intereses durante la construcción, efectos comerciales, medidas de protección del medio ambiente, entre otros) repercuten en los proyectos nucleares. En este sentido, demorando los períodos de construcción e incrementando los costos. Aun así, en ciertos casos, dependiendo de las condiciones de financiamiento, se ve o no afectada la continuidad de los proyectos. Como en el caso de las centrales nucleares Atucha I y Embalse. Donde a pesar de tener una tasa de inflación excesiva durante todo el período de construcción y un PBI muy fluctuante, los cronogramas de los proyectos prácticamente no se vieron afectados ya que tuvieron inmejorables circunstancias de financiamientos.

Notamos que en todo el proceso de negociación la política juega un papel muy importante. En el caso de proyectos nucleares, ya sea en el momento en que el gobierno de turno opta por invertir en energía nuclear, como así también en la elección del país con el cual negociar y en el tipo de reactor a elegir (dependiendo del autoabastecimiento de los insumos).

6 Evaluación De Inversión En Proyectos Nacionales Nucleares

6.1 Introducción

A modo de ejemplo se compararán dos proyectos energéticos semejantes. Es decir, se realizará un análisis económico y financiero de la inversión realizada en la extensión de vida de la central nuclear Embalse (realizada en el periodo 2007-2018), y por otro lado de un hipotético ciclo combinado (CC) de última generación de similar módulo con datos obtenidos del mercado actual de energía eléctrica.

Es posible establecer esta comparación ya que son dos proveedores de energía de similares características en cuanto a la inversión, capacidad, potencia generada y disponibilidad entre otros aspectos, pero a través de distintas tecnologías y fuentes. Por tal motivo se las considera competidoras dentro de la oferta de energía.

En este contexto, se describirá brevemente un CC de última generación. Luego se plantearán las hipótesis tenidas en cuenta para los cálculos respecto a la extensión de vida de CNE, detallando la distribución de la inversión y la financiación del proyecto. Asimismo, también se expondrán las hipótesis tenidas en cuenta para los cálculos del proyecto alternativo a la extensión de vida de CNE.

Por último, se calcularán los costos de ambos proyectos, como así también los indicadores financieros TIR y VAN para finalizar con las conclusiones.

6.2 Central Nuclear Y Ciclo Combinado De Última Generación

Una planta nuclear es una instalación industrial cuya finalidad es la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear. Se caracteriza por el empleo de combustible nuclear fisionable que mediante reacciones nucleares proporciona calor que a su vez es empleado, a través de un ciclo termodinámico convencional, para producir el movimiento de turbinas que transforman el trabajo mecánico en energía eléctrica. Estas centrales constan de uno o más reactores. No generan contaminación atmosférica de gases derivados de la combustión que producen el efecto invernadero, ya que no precisan del empleo de combustibles fósiles para su operación⁶⁹.

⁶⁹Se puede profundizar sobre el tema en: <https://www.csn.es/que-es-una-central-nuclear>

Las centrales térmicas de ciclo combinado (CC) transforman la energía térmica del gas natural en electricidad mediante el trabajo conjunto de una turbina de gas y otra de vapor. El proceso implica la puesta en marcha de dos ciclos consecutivos: el ciclo de Brayton, que corresponde a la turbina de gas convencional, y el ciclo de Rankine, que opera con la turbina de vapor. Es decir, se quema gas natural en una cámara de combustión y se hace pasar por una turbina de gas conectada a un alternador. Los gases calientes ya turbinados se aprovechan para calentar agua y convertirla en vapor en un recuperador de calor. Este vapor se hace pasar por una segunda turbina conectada a otro alternador, de forma que ambos generan energía eléctrica⁷⁰.

6.3 Extensión De Vida De Central Nuclear Embalse

La CNE, como se expuso en el Capítulo 4, comenzó su actividad comercial en 1984. Su vida útil estimada de 25 años de operación al 100% de potencia se cumplió en el año 2011.

Cabe destacar que, durante todos los años de su vida ha tenido una alta performance de operación admirable y su costo variable de producción fue uno de los más bajos del sistema eléctrico nacional.

La extensión de vida se estimó para 25 años más a plena potencia.

La inversión prevista para el proyecto de extensión de vida alcanzaba los 837 millones de dólares e incluía un aumento en la potencia eléctrica de 35 MWe. A continuación, se muestra la distribución de la inversión que se tuvo en cuenta para el análisis.

Año	Inv. [%]	Inv. [MM U\$S]	Inv. acumulada [MM U\$S]
2008	12,40%	103,79	104
2009	23,37%	195,58	299
2010	17,53%	146,69	446
2011	37,35%	312,62	759
2012	9,35%	78,23	837
		837	

*Tabla 5: Distribución de inversión en el proyecto de extensión de vida de CNE
Fuente: Elaboración propia en basa a datos tomados de Nucleoeléctrica Argentina S.A.*

⁷⁰Se puede profundizar sobre el tema en: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-electricas-convencionales/central-termica-convencional-ciclo-combinado>

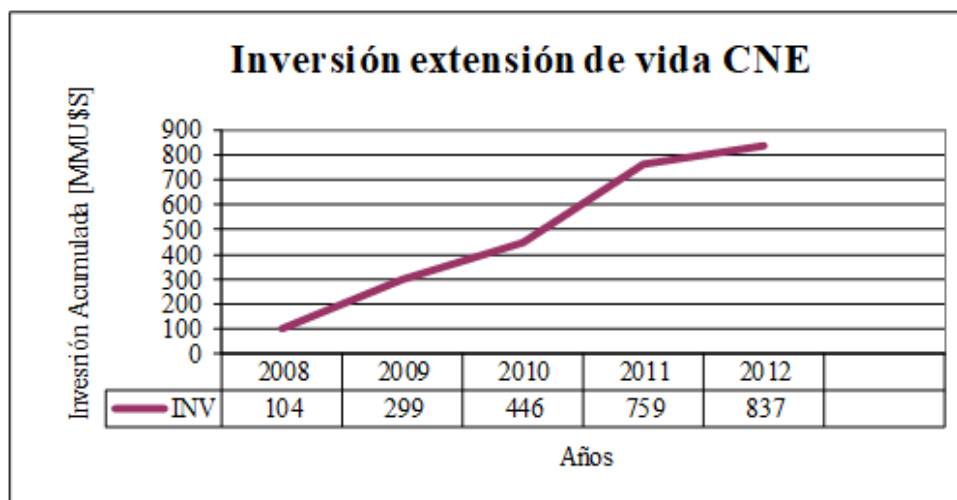


Figura 38: Distribución de inversión en el proyecto de extensión de vida de CNE
Fuente: Elaboración propia en basa a datos tomados de Nucleoeléctrica Argentina S.A.

Se considera que los gastos en servicios, repuestos y consumibles son equivalentes a los realizados en el año 2007. El factor de carga anual⁷¹ se asume de 95% en los años que no se desarrollan paradas programadas y 85% en los años que sí se realizan. Las paradas programadas tienen una frecuencia de 18 meses con una duración de 6 semanas.

Por otro lado, se considera que los gastos de CAMMESA representan un 3,23% de la facturación hasta 2011 y del 2,24% luego.

De imprevistos se asumen 3,5 millones de dólares para los años que la central tiene paradas programadas y 5 millones de dólares en los años con funcionamiento normal.

De acuerdo con lo indicado en la Ley N°24.804/97 (Art. N° 26)⁷² NASA debe pagar una tasa en concepto de Regulación y Fiscalización de la Actividad Nuclear a la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) en función de potencia nominal instalada.

A su vez según la Ley N°24.065/91 (Art. N° 67)⁷³ NASA debe abonar al Ente Nacional de Regulación Eléctrica (ENRE) una tasa anual en concepto de fiscalización y control.

⁷¹El factor de carga es un indicador que mide la relación entre la energía realmente producida por una central en un periodo determinado y la que se hubiera producido en el mismo, funcionando a su potencia nominal.

⁷²Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/arn/institucional/ley-nacional-de-la-actividad-nuclear>

⁷³Para más información: <https://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/58d19f48e1cdebd503256759004e862f/9b504b1142e604600325678b00500c4d?OpenDocument>

Respecto a las inversiones, a partir de la extensión de vida se realiza una curva anual de inversiones que varía entre 9 a 12 millones de dólares.

Por otro lado, el Fondo Gestión de El Decreto N° 1390/98⁷⁴ reglamentario de la Ley Nacional de Actividad Nuclear N°24.804 (Art. N° 28), prevé la constitución de un Fondo Fiduciario para la Gestión de Residuos de Media y Alta Actividad de las Centrales Nucleares (Tasa 1,8%).

Paralelamente al Fondo Gestión de Residuos, se destinan aproximadamente \$300.000 por año para el tratamiento de los residuos de Baja Actividad.

El Decreto N°1.390/98 Art. N° 27 prevé la constitución de Fondos Fiduciarios destinados a financiar el retiro de servicio de las Centrales Nucleares.

En el Art. N° 30 se fijan los montos anuales a aportar a dichos fondos. En el caso de CNE el mismo sería de U\$S1.057.725.

Para la amortización del préstamo de la extensión de vida útil de CNE se consideró la hipótesis de obtener un aporte del Tesoro Nacional de U\$S837.000.000, más intereses intercalares, estimándose su devolución en 25 pagos anuales con un interés del 6% anual y un tipo de cambio de 3,40 (\$/U\$S), a partir del año 2013.

Para los impuestos directos se consideró el impuesto sobre los débitos y créditos en cuentas corrientes bancarias (Ley 25.413)⁷⁵ e impuesto sobre los Ingresos Brutos. No se considera el impuesto a las Ganancias.

Se calculó la tarifa de corte del proyecto que asciende a 40 U\$S/MWh.

En la Tabla 6, que se expone a continuación, se detalla la financiación del proyecto:

Año	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Financiado Anual [MM U\$S]	103,79	195,58	146,69	312,62	78,23	836,91
Intereses Intercalares [MM U\$S]	0,00	6,23	18,34	28,24	48,69	101,49
Deuda acumulada [MM U\$S]	103,79	305,60	470,62	811,48	938,40	938,40
Financiado Anual [MM \$]	352,89	664,97	498,75	1062,91	265,98	2845,49
Intereses Intercalares [MM \$]	0,00	21,17	62,34	96,01	165,54	345,06
Deuda acumulada [MM \$]	352,89	1039,03	1600,12	2759,03	3190,56	3190,56

Tabla 6: Financiación del proyecto de extensión de vida de CNE

Fuente: Elaboración propia en basa a datos tomados de Nucleoeléctrica Argentina S.A.

⁷⁴Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-1390-1998-54706>

⁷⁵Para más información: <https://www.economia.gob.ar/digesto/leyes/ley25413.htm>

Como podemos observar en la Tabla 6, las inversiones a financiar del proyecto rondan los 2.845,49 millones de pesos. Se calcularon intereses intercalares a la tasa del 6% anual, totalizando 345,06 millones de pesos, suma que debe adicionarse al financiamiento aportado por el Tesoro Nacional.

Se provee amortizar el nuevo capital determinado 3.190,56 millones de pesos en un plazo de veinticinco años a partir de la explotación comercial de CNE.

6.4 Instalación De Un Ciclo Combinado De Última Generación

En el proyecto alternativo a la extensión de vida de la CNE, es decir en la instalación de un CC de última generación, se deben considerar inversiones por desmantelamiento. Cabe destacar que si se toma la decisión de no prolongar la vida de la CNE el Estado Nacional deberá invertir en estas tareas. Si bien la ley no obliga a NASA a crear un fondo por el desmantelamiento, en este estudio se ha tenido en cuenta un monto anual para generar dicho fondo. Dado que no hay una estimación de la inversión que debe realizarse en desmantelamiento, se ha recurrido a referencias internacionales con el fin de contar con un monto estimado. Para centrales CANDU los costos están estimados entre U\$S270-430 /kWe, lo que implicaría para CNE inversiones del orden de 175 a 278 millones de dólares.

6.5 Hipótesis Y Datos

Se plantea que el proyecto de un CC de última generación produce energía durante 25 años y que incluye el equivalente al desmantelamiento de la CNE.

Las inversiones del desmantelamiento se han prorrateado en 10 años, en tanto que si se extiende la vida útil de la CNE el mismo se posterga por 25 años de operación, aportando una cuota a un fondo fiduciario.

Para un análisis conservativo se asume que el CC se instala en Bs. As., sin restricción de gas. En el caso de tener que reemplazar la central nuclear en la región de Embalse se debe realizar inversiones en gasoductos a un costo aproximado de 900.000 U\$S/Km. Los costos de instalación del CC incluyen solamente la planta puesta en Bs. As., con el precio de gas cercano a los 4 U\$S/MMBTU. El costo de instalación se estima en 600 U\$S/ kW. Los datos de operación y mantenimiento del CC se obtuvieron de la Secretaría de

Energía⁷⁶ según los datos de las últimas obras construidas en la zona de Campana (Provincia de Bs As) y Timbúes en Santa Fe.

Por otro lado, para la CNE se tuvo en cuenta una proyección del combustible con un precio del concentrado de uranio igual a 70 U\$/lb.

Los costos de operación y mantenimiento son promedio del estudio detallado en el punto anterior. En la siguiente tabla se exponen los valores principales tomados para la evaluación:

Datos básicos	[Unidades]	CNE		CC+desmantelamiento	
		[datos/\$]	[U\$S]	[datos/\$]	[U\$S]
Potencia	[MW]	683		680	
Consumo propio	[%]	7,03%		4,50%	
Potencia neta	[MW]	635		649	
Factor de carga	[%]	0,85		0,85	
Generación neta estimada	[MWh/año]	4.728.210		4.835.432	
Cotización	[\$/U\$S]	3,40		3,40	
Tarifa	[U\$S/MWh]		40,00		40,00
	[\$/MWh]	136,00		136,00	
Ingresos	[MM \$/año]	643		658	
Costo de capital					
Costo por kW instalado	[U\$S/ kW]		1.225		600
Costo de capital	[MM U\$S]		837		408
Años de amortización	[Años]	25		25	
Años a plena potencia	[Años]	21		21	
Tasa de descuento	[%]		6%		6%
Costo anual de amortización (cap.+interés)	[MM\$/año]	223		109	
	[MMU\$S/año]		65		32
Costo específico	[\$/MWh]	47,08		22,44	
	[U\$S/MWh]		13,85		6,60
Costo de combustible					
PCS	[kcal/m ³]			9.300	
PCI	[kcal/m ³]			8.300	
Rendimiento	[Kcal/ kW h]			1.600	

Tabla 7: Costos de capital y de combustibles de los proyectos extensión de vida de CNE vs. CC de última generación

Fuente: Elaboración propia en basa a datos tomados de distintas páginas⁷⁷

⁷⁶Información disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia>

⁷⁷Datos formulados en base a análisis de distintos sitios, entre ellos:
<https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2020/03/ICTG-Marzo-2020.pdf>
<https://econojournal.com.ar/2019/01/la-central-nuclear-embalse-volvio-a-generar-energia/>
http://www.iirsa.org/proyectos/detalle_proyecto.aspx?h=1309

6.6 Resultados Obtenidos

A continuación, se muestra una tabla con los resultados de los costos obtenidos para ambos proyectos.

Costo gas					
Cap. Fed. ID	[\$/dam ³]			450	
	[U\$/MMBTU]				3,59
Costo específico	[\$/MWh]			86,75	
Factor de ajuste tarifario del gas				1,00	
Cap. Fed. ID ajustado	[\$/dam ³]			450,00	
	[U\$/MMBTU]				3,59
Costo total:	[MM\$/año]			419	
	[MMU\$/año]				123
Costo específico	[\$/MWh]			86,75	
	[U\$/MWh]				25,51
Costo combustible nuclear					
Precio Unitario	[\$/EC]	20.455	CU =70U\$/lb		
Tasa Recambio	[EC/DPP]	15,5			
Cantidad de Combustible	[EC]	4.808,88			
Total Costo Combustible	[MM\$/año]	98,37			
	[MMU\$/año]		28,93		
Costo específico	[\$/MWh]	20,8			
	[U\$/MWh]		6,12		
Costo de OyM totales					
Costo variable OyM	[MM\$/año]	63		60,00	
Costo específico variable OyM	[U\$/MWh]		3,94		3,65
Otros costos no variables OyM	[MM\$/año]	137		25,00	
Costo específico no variables OyM	[U\$/MWh]		8,51		1,52
Costo total específico OyM	[MM\$/año]	298,5		85,00	
Costo específico total OyM	[U\$/MWh]		12,45		5,17
Costo total (capital + combust + OyM)	[MM\$/año]	619,48		612,98	
	[MMU\$/año]		182,20		180,29
Resumen en \$		CNE		CC+desmantelamiento	
Costo de capital	[\$/MWh]	47,08		22,44	
Costo de combustible	[\$/MWh]	20,80		86,75	
Costo de OyM	[\$/MWh]	42,33		17,58	
Total	[\$/MWh]	110,21		126,77	

Resumen en U\$S		CNE	CC+desmantelamiento
Costo de capital	[U\$S/MWh]	13,85	6,60
Costo de combustible	[U\$S/MWh]	6,12	25,51
Costo de OyM	[U\$S/MWh]	12,45	5,17
Total	[U\$S/MWh]	32,42	37,28

Tabla 8: Costos de capital, de combustibles, de operación y mantenimiento de los proyectos extensión de vida de CNE vs. CC de última generación

Fuente: Elaboración propia en basa a datos tomados de distintas páginas⁷⁸

Finalmente se calcularon los indicadores financieros TIR y VAN, los mismos se exponen a continuación:

	CNE		CC+desmantelamiento	
Año	Período	MM U\$S	Período	MM U\$S
1		-103,80		-214,31
2		-195,60		-214,31
3		-146,70	1	35
4		-312,65	2	35
5		-78,24	3	35
6	1	101	4	35
7	2	101	5	35
8	3	101	6	35
9	4	101	7	35
10	5	101	8	35
11	6	101	9	35
12	7	101	10	35
13	8	101	11	35
14	9	101	12	35
15	10	101	13	35
16	11	101	14	45
17	12	101	15	45
18	13	101	16	45
19	14	101	17	45
20	15	101	18	45
21	16	101	19	45
22	17	101	20	45
23	18	101	21	45
24	19	101	22	45
25	20	101	23	45
26	21	101	24	45
27	22	101	25	45

⁷⁸Datos formulados en base a análisis de distintos sitios, entre ellos:

<https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2020/03/ICTG-Marzo-2020.pdf>

<https://econojournal.com.ar/2019/01/la-central-nuclear-embalse-volvio-a-generar-energia/>

http://www.iirsa.org/proyectos/detalle_proyecto.aspx?h=1309

	CNE		CC+desmantelamiento	
Año	Período	MM U\$S	Período	MM U\$S
28	23	101		
29	24	101		
30	25	101		
Indicadores económicos	CNE		CC+desmantelamiento	
TIR	9,02%		6,89%	
VAN (6%)	266,7		38,3	

Tabla 9: Indicadores económicos TIR y Var de los proyectos extensión de vida de CNE vs. CC de última generación

Fuente: Elaboración propia en basa a datos tomados de las tablas anteriores

Como resultado del análisis económico-financiero del proyecto extensión de vida de la CNE, puede concluirse que el proyecto de extensión de vida de CNE resulta conveniente frente a un CC de igual módulo gracias a sus bajos costos de operación y mantenimiento. Además de esto, se consiguen posponer las inversiones en desmantelamiento.

6.7 Conclusiones Parciales A Partir De La Evaluación De Inversión En Proyectos

Nacionales Nucleares

A lo largo de este capítulo se compararon dos proyectos energéticos de semejantes características en cuanto a potencia generada, autonomía, disponibilidad, entre otras cosas.

Es decir, se realizó un análisis económico y financiero de la inversión de la extensión de vida de la CNE y por otro lado de un hipotético CC de última generación de similar módulo con datos obtenidos del mercado actual de energía eléctrica.

Luego de comparar el funcionamiento de cada proyecto, de plantear las hipótesis, se calcularon los costos e indicadores económicos TIR y VAN. Obteniendo valores más favorables para el proyecto de extensión de vida de CNE.

En este sentido, como resultado del análisis económico-financiero, puede concluirse que el proyecto de extensión de vida de CNE es conveniente en comparación con un CC de última generación, esto gracias a sus bajos costos de operación y mantenimiento. Además de esto, se consiguen posponer las inversiones en desmantelamiento.

7 Energía Nuclear, El Medio Ambiente Y La Sociedad

7.1 Introducción

Numerosos organismos a nivel global, tanto públicos como privados, ponen en manifiesto la importancia por el respeto al medio ambiente y continua lucha contra el cambio climático, para así garantizar condiciones de vida adecuadas y un desarrollo sostenible para las futuras generaciones. En este sentido, como ya se expuso en capítulos anteriores, los acuerdos internacionales manifiestan mecanismos que tienen como fin global un balance neto cero de emisiones de efecto invernadero para fines de corriente siglo y una limitación en el incremento de la temperatura media mundial del planeta.

En este contexto, en la mayoría de los países se ha intensificado la necesidad de modificar los modelos económico y energético, con la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes de energía limpia. Entre estas se encuentran la energía nuclear y las energías renovables.

A lo largo de este capítulo se abordará, en una primera instancia, por medio de la herramienta FODA las particularidades de la energía nuclear que la diferencian del resto de las energías. Destacando y comparando las características que poseen las diferentes tecnologías.

Luego, teniendo en cuenta la injerencia del sector energético en las emisiones de gases de efecto invernadero, se tratará la implicancia de la energía nuclear en este contexto y su relación con el medio ambiente. Se hará foco en el marco regulatorio argentino y los tratados internacionales. Se cuantificarán las emisiones de gases de efecto invernadero de las distintas tecnologías.

Se analizará la vinculación de la energía nuclear y la sociedad, sin perder de vista que la aceptación pública constituye uno de los aspectos más relevantes que debe tener en cuenta un país a la hora de considerar la incorporación de una central nuclear. Se abordarán temas tales como la repercusión en la salud que genera la contaminación del aire y por ende la importancia de apostar a una energía limpia.

Se finalizará estudiando la contribución del sector nuclear al desarrollo de proveedores nacionales, a la industria local y a las exportaciones. En paralelo se establecerá su relación con el empleo formal y con las poblaciones aledañas a las centrales nucleares.

7.2 Energía Nuclear Entre El Resto De Las Fuentes De Energía

En el Capítulo 3 y en el Anexo I se describieron las tecnologías de generación energética más importantes. En base a ello se utilizará la herramienta de análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) de manera de presentar los datos claros para así poder establecer comparaciones entre las distintas fuentes de energía. A continuación, se detallan las características para cada tipo de tecnología:

CARBÓN			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Bajo costo de capital inicial para su utilización	Posee una baja eficiencia	Normativas cada vez más exigente respecto a emisiones de carbón	Grandes inversiones en investigación y desarrollo
Bajo costo de mantenimiento	Fuente con alto impacto ecológico	Costosas penalizaciones respecto a la emisión de gases de efecto invernadero	Demora en el desarrollo de las tecnologías de fuentes renovables
Existen reservas para más de un siglo	Es la fuente con mayor cantidad de accidente por muerte por kW	Desarrollo en alza de energías alternativas	Demanda global creciente
Fuente no susceptible a grandes fluctuaciones en sus precios	Alta conciencia social respecto a la contaminación de la tecnología carboeléctrica		Alzas en los precios del gas y petróleo
Precios mundiales en baja			Se cuenta con mayores reservas a largo plazo en comparación con las reservas del gas y petróleo
No requiere mano de obra muy especializada y se cuenta con amplia experiencia a nivel mundial			Mejoras en las plantas respecto a la contaminación

CARBÓN			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Recurso que no ha generado conflictos internacionales recientemente			
Tecnología accesible a cualquier tipo de país, en especial a los menos desarrollados			

Tabla 10: Matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para el carbón
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de fuentes varias⁷⁹

PETRÓLEO			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Es la industria de energía mejor posicionada en el mercado	Genera accidentes con graves consecuencias ecológicas	Incremento inevitable de precios a futuro	Desarrollos de nuevas tecnologías alternativas (Biocombustibles)
Tecnología desarrollada hace décadas	Es una industria muy contaminante	Aplicación de normativas más estrictas sobre la operatoria de la industria petrolera y derivados	Alza de precios a corto y mediano plazo
Posee el monopolio casi exclusivo del transporte	Es la industria que mayor contribuye con el efecto invernadero a la atmosfera	Gran conflicto con los sectores ecologistas	Explotación de yacimientos no convencionales
Genera una enorme cantidad de subproductos que se utilizan en gran variedad de industrias.	Inestabilidad de precios a nivel global.	Crecimiento de otros combustibles como fuente alternativa	
Hasta el momento no existen normativas que limiten o controlen su explotación	Industria con muy mala aceptación social	Alta conflictividad internacional por la posesión del recurso	

⁷⁹En el Anexo I se describió cada tipo de energía destacando sus características y particularidades. A partir de ahí se conformó el FODA de la mencionada energía.

PETRÓLEO			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Industria con un fuerte poder financiero			

Tabla 11: Matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para el petróleo

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de fuentes varias⁸⁰

GAS NATURAL			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
La mayoría de las empresas petroleras son gasíferas por lo que posee las mismas fortalezas relacionadas a lo empresarial	Emite gases de efecto invernadero	Futuros embargos por parte de países productores/exportadores de gas	Aumento de la rentabilidad por el incremento del precio a corto/mediano plazo que beneficiará a la industria
Mayores reservas comprobadas con respecto al petróleo	Precios susceptibles a grandes variaciones	Conflictos internacionales por la posesión del recurso	Potencialidad para ser uno de los reemplazantes de los combustibles automotrices
Dentro de las fuentes fósiles posee mayor aceptación por parte de grupos ecologistas	Graves accidentes en plantas y gasoductos exponen a la industria		Gracias a la utilización de gas no convencional se incrementaron las reservas
Genera menos emisiones que el petróleo			Las empresas poseen grandes presupuestos destinados a investigación y desarrollo
Precios más bajos que el petróleo			
La generación de electricidad es más eficiente que con petróleo			
Sirve de respaldo a tecnologías sustentables como la solar			

Tabla 12: Matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para el gas natural

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de fuentes varias⁸¹

⁸⁰En el Capítulo 3 se describió cada tipo de energía destacando sus características y particularidades. A partir de ahí se conformó el FODA de la mencionada energía.

ENERGÍA HIDROELECTRICA			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Bajo costo de operación y mantenimiento	Proyectos que insumen muchos años de realización	Intensificación de las consecuencias del cambio climático (como sequías, inundaciones) influyendo en el comportamiento de los caudales	Aumento continuo mundial de demanda de electricidad
Baja contaminación ambiental durante la operación	Rechazos sociales en las poblaciones cercanas	Conflictos entre países limítrofes, que compartan el río o situados río abajo	La mayoría de los países aún tiene disponibilidad geográfica de aplicar esta tecnología
Fuente de generación de energía segura	Las grandes represas liberan gases tóxicos, afectando de esta manera la salud de la población teniendo también efectos ecológicos	Oposición de las poblaciones cercanas	Las plantas pueden incrementar la capacidad de generación, actualizándolas a lo largo de su vida útil
Extensa vida útil de las plantas	Puede provocar desplazamientos de la población y la fauna		La vida útil de las plantas es muy larga
Alto grado de eficiencia en la generación	Los posibles accidentes graves tienen consecuencias catastróficas		
La amplia variedad de diseños se adapta a los requerimientos hidrográficos	Gran inversión de capital inicial		
La realización de los proyectos no requiere aprobaciones internacionales	Las instalaciones se deben realizar en sitios específicos		

⁸¹En el Capítulo 3 se describió cada tipo de energía destacando sus características y particularidades. A partir de ahí se conformó el FODA de la mencionada energía.

ENERGÍA HIDROELECTRICA			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Baja generación de residuos	Poseen total dependencia de la variación hídrica de los ríos.		
La fuente generadora no es un comoditie comercializable	Provocan modificaciones en el ecosistema y contexto geográfico		
La operación de las represas puede servir, en ciertas ocasiones, para otros fines tales como control de inundaciones y riego	Existe una limitación de cantidad máxima de posibles obras proveniente de la cantidad de ríos que posea un país		

Tabla 13: Matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para la energía hidroeléctrica

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de fuentes varias⁸²

ENERGÍA EÓLICA			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Considerada energía renovable	Bajo factor de capacidad	Rechazo de las poblaciones cercanas	Políticas de incentivos estatales para las energías renovables
No emite gases de efecto invernadero	Las zonas de instalación son limitadas	Cambio en las legislaciones que incrementen el costo de la generación	Tendencia a evitar energías que emitan gases de efecto invernadero
Gran crecimiento de la industria en los últimos años	Corta vida útil		Posee un gran potencial de investigación y desarrollo a nivel mundial
Puede ser instalada en el mar o en la tierra	Su instalación ocupa grandes capacidades de superficies		Se encuentran en desarrollo e implementación tecnologías para almacenamiento de esta energía

⁸²En el Capítulo 3 se describió cada tipo de energía destacando sus características y particularidades. A partir de ahí se conformó el FODA de la mencionada energía.

ENERGÍA EÓLICA			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
No se registran grandes accidentes asociados con esta tecnología	Generación discontinua de energía		
La fuente generadora no es un commodity comercializable	Impacto visual y auditivo		
Implica bajo costo de inversión inicial y de mantenimiento	Baja eficiencia		
Gran aceptación de la sociedad	Afecta a la fauna, principalmente aves		
Muchos países poseen a esta energía como una de las principales fuentes para la generación de energía	Las plantas instaladas en el mar son muy costosas		
El valor del kW/h es muy bajo	Depende del comportamiento climático		

Tabla 14: Matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para la energía eólica

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de fuentes varias⁸³

ENERGÍA SOLAR			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Considerada energía renovable	Insume grandes terrenos	Rechazo de las poblaciones cercanas	Políticas de incentivos estatales para las energías renovables
No emite gases de efecto invernadero	Generación discontinua de energía	Cambio en las legislaciones que incrementen el costo de la generación	Tendencia a evitar energías que emitan gases de efecto invernadero

⁸³En el Capítulo 3 se describió cada tipo de energía destacando sus características y particularidades. A partir de ahí se conformó el FODA de la mencionada energía.

ENERGÍA SOLAR			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Gran crecimiento de la industria en los últimos años	Impacto visual	Aumento de precios de las materias primas para la construcción de los paneles	Posee un gran potencial de investigación y desarrollo a nivel mundial
No se registran grandes accidentes asociados con esta tecnología	Requieren grandes terrenos		Se encuentran en desarrollo e implementación tecnologías para almacenamiento de esta energía
La fuente generadora no es un commodity comercializable	Posee baja capacidad de generación		Se estudia implementar esta tecnología en un futuro como alternativa para la industria del transporte
Posee bajo costo de inversión inicial y de mantenimiento	Posee baja eficiencia		
Gran aceptación de la sociedad	Para la construcción de los paneles se utilizan materiales tóxicos y contaminantes		
Gran variedad de tecnología que permiten adaptación a diferentes necesidades	Las zonas de instalación son limitadas		
Posee una gran potencialidad aún no explotada	Alta inversión inicial de capital		
El valor del kW/h es muy bajo	Su instalación ocupa grandes capacidades de superficies		
Puede utilizarse individualmente en casas particulares			

Tabla 15: matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para la energía solar

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de fuentes varias⁸⁴

⁸⁴En el Capítulo 3 se describió cada tipo de energía destacando sus características y particularidades. A partir de ahí se conformó el FODA de la mencionada energía.

ENERGÍA NUCLEAR			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Energía considerada limpia	Los accidentes tienen consecuencias catastróficas	Aplicación de nuevas normativas que encarezcan el valor de kW/h	Tendencia a evitar energías que emitan gases de efecto invernadero
Emite muy baja cantidad de gases de efecto invernadero	Posee una imagen negativa para gran parte de la sociedad a nivel mundial	Utilización de los residuos para fines bélicos	Desarrollo a futuro de la tecnología de fusión nuclear
No requiere de grandes espacios	Requiere ciertas características en los terrenos donde se instale (como terrenos geológicamente estables, cercanos a fuentes de agua)	Ocurrencia de accidentes catastróficos	Los valores del kW /h de las fuentes renovables no descienden.
Alto factor de capacidad	Posee una gran cantidad de regulaciones de seguridad		Extensión de vida útil de grandes cantidades de plantas nucleares
Variedad de tecnologías de generación	Requiere personal altamente capacitado		Desarrollo de nuevos métodos de reutilización de combustibles reciclados en las mismas plantas para abaratar costos y generar menos residuos
Gran capacidad de generación	Generan residuos altamente tóxicos y contaminantes		
El valor del combustible no es alto	Posee un costo adicional a la construcción y operación, tales como desmantelamiento y almacenamiento de residuos		
Larga vida útil de las plantas con posibilidades de extenderlas	Gran inversión inicial		

ENERGÍA NUCLEAR			
Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Gran cantidad de reservas del combustible	Proyectos de largo plazo de negociación y construcción		
Bajo valor del kW/h			
Tecnología madura y con continuo desarrollo			

Tabla 16: Matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para la energía nuclear solar

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de fuentes varias⁸⁵

En este análisis FODA, se considera más allá de lo cuantitativo, lo cualitativo de cada una de las energías. De modo de destacar y comparar las características que poseen las diferentes fuentes de energía.

Como podemos observar, las energías renovables coinciden en no depender de una fuente de generación que sea un commodity, independizándose así de riesgos de precios, comercialización, transporte, disponibilidad de stock, entre otras cosas. Sin embargo, dependen de factores fluctuantes tales como el viento, sequías, nubosidad, hora del día, estación del año. Esta característica, de dependencia de factores naturales fluctuantes, también afecta a la energía Hidráulica. Por otro lado, las energías eólica y solar poseen un factor de capacidad de generación bajo debido al poco tiempo diario que generan electricidad. Esto, entre otras cosas, conlleva a que este tipo de energía sea costosa, ya que la capacidad de trabajo anual no llega a un tercio de las 8.760 horas que posee un año.

Como es de amplio conocimiento, y se ha tratado en profundidad en capítulos anteriores, la generación de energía a partir de fuentes fósiles libera a la atmósfera gran cantidad de gases de efecto invernadero, además de ser estas fuentes recursos no renovables. Estas tecnologías junto a la energía nuclear poseen una muy mala reputación frente a la opinión pública por considerárselas de gran impacto en el medio ambiente. Pero en los últimos años, aunque hay posturas enfrentadas a favor y en contra de la energía nuclear, la misma es una energía que ha sido considerada limpia. Por otro lado, no depende

⁸⁵En el Capítulo 3 se describió cada tipo de energía destacando sus características y particularidades. A partir de ahí se conformó el FODA de la mencionada energía.

de factores fluctuantes como las energías renovables y la hidráulica. Utiliza un combustible que es un commodity, con lo cual está sometido a los precios de mercado. En este sentido, a excepción del uranio, el resto de los combustibles poseen precios volátiles ligados a temas político-económico. El uranio, por ser un material que además es utilizado para la fabricación de armas de destrucción masiva, es sometido a una gran cantidad de controles y restricciones. Por lo tanto, es menos volátil que el de sus competidores.

Cabe destacar que la energía hidroeléctrica provoca un impacto negativo que no puede ser comparable con otras fuentes. Genera un amplio rechazo en las poblaciones aledañas a las instalaciones. Tiene una alta influencia social y ambiental, ya que puede llevar a inundaciones, sequías y por ende a movilizar poblaciones. Por otro lado, interfiere en la fauna local. Al igual que las granjas eólicas y solares impactan visualmente. Y no hay que dejar de lado que, las tres tecnologías requieren de gran superficie para su instalación.

La energía nuclear, además de ser considerada energía limpia posee alto factor de capacidad y autonomía, entre otras cosas. Aunque demanda grandes inversiones de capital y largos períodos de construcción, las plantas tienen largo ciclo de vida con posibilidad de extenderla, y generan energía disponible siempre sin depender de, por ejemplo, factores climáticos. Como se mencionó, posee un rechazo o mala fama por gran parte de la sociedad debido a los accidentes ocurridos a lo largo de la historia y además porque generan residuos radioactivos. Pero al ser cada vez más exigentes las restricciones y controles, le aporta a esta tecnología robustez en términos de seguridad. Si bien hay países que decidieron alejarse de la energía nuclear, hay muchos otros que siguen investigando, desarrollando y apostando a la mencionada energía cada vez más.

Podemos destacar que todo lo analizado va en línea con la tendencia mundial (descrita en detalle en el Capítulo 3 y Anexo I) que tiende a disminuir el uso de energías fósiles, diversificando la matriz energética de manera de dejar de lado las energías contaminantes y dándole más participación a las energías renovables y a la energía nuclear (considerada limpia).

7.3 Energía Nuclear Y El Medio Ambiente

Las emisiones de CO₂, proveniente de la producción de energía principalmente generada a partir de los combustibles fósiles, han aumentado considerablemente en los

últimos 50 años. Y el efecto invernadero que estas emisiones producen sobre la atmosfera, son responsables, en gran parte, del cambio climático a nivel mundial. Hoy en día el sector energético produce las dos terceras partes de los gases de efecto invernadero en el mundo. Esto se trato en profundidad en el Capítulo 3 y en el Anexo I.

Pero, por otro lado, el avance socioeconómico requiere cada vez más disponibilidad de energía.

En los próximos años, por un lado, será necesario incrementar el suministro eléctrico y a la vez mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Así lo expone Mikhail Chudakov, director general adjunto y jefe del Departamento de Energía Nuclear del OIEA: “Debido a que se espera que la demanda de electricidad aumente considerablemente en los próximos años, no cabe duda de que la energía nuclear podrá ser una opción” (diciembre 2020)⁸⁶.

Como se mencionó en el Capítulo 3, en la Conferencia de las Partes 2021 (COP2021) De La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) de diciembre de 2015 se estableció el “Acuerdo de París”. Dónde se instauró limitar el aumento de la temperatura global de la Tierra para fines de siglo a menos de 2°C. Luego en el 2018 el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas, lo hizo más exigente llevándolo a 1,5°C.

En este sentido, los contaminantes climáticos de corta vida (metano, el carbono negro, el ozono al nivel del suelo, los sulfatos en aerosol) son causantes del calentamiento global a corto plazo. Junto con el CO₂, los contaminantes climáticos de corta vida se encuentran entre los principales gases de efecto invernadero.

Emisiones De Gases De Efecto Invernadero A La Atmosfera: Si bien todas las fuentes energéticas tienen un impacto medioambiental en algún momento de su ciclo de vida, hoy en día, las únicas fuentes disponibles a gran escala que en su operación no emiten gases de efecto invernadero son la energía nuclear y las energías renovables.

Según el informe del IPCC, recientemente citado, la energía nuclear en su operación no produce emisiones de CO₂ y en su ciclo medio de vida emite 12g CO₂/kWh, muy similares a la de la energía eólica e inferiores a las de las otras energías renovables. En este

⁸⁶<https://www.iaea.org/es/newscenter/news/la-tecnologia-nuclear-puede-contribuir-a-la-lucha-contra-la-contaminacion-atmosferica>

sentido, la energía nuclear juega un rol sumamente importante para lograr el objetivo que limitan al calentamiento global a 1,5 °C.

De esta forma, las centrales nucleares en su funcionamiento no aportan gases de efecto invernadero a la atmosfera (óxidos de carbono, de nitrógeno, de azufre, entre otros) ni otros productos de combustión (cenizas que contribuyan al cambio climático, a la acidificación de las lluvias, a la contaminación de las grandes ciudades, al daño a la capa de ozono o al efecto invernadero). Respecto a la mala fama de las emisiones de las torres de refrigeración, con frecuencia utilizadas como símbolo de contaminación generada por las centrales nucleares, la realidad es que sólo generan vapor de agua.

Las centrales nucleares, desde el punto de vista de protección al medio ambiente, siempre han estado sometidas a estrictos controles reglamentarios al que no están sujetas otras actividades industriales. El marco reglamentario contempla todas las fases del ciclo de producción, la protección a los trabajadores, del público en general y del medio ambiente.

Cuantificación De Emisiones De Gases De Efecto Invernadero: El acuerdo de París exacerba la lucha contra el cambio climático de las tecnologías energéticas que generan, aunque sea pequeñas cantidades, gases de efecto invernadero por unidad de energía producida en su ciclo de vida.

Por lo tanto, las emisiones deben ser identificadas y evaluadas. Para cuantificar las emisiones totales de gases de efecto invernadero, el método más apropiado es el análisis del ciclo de vida. De esta manera se suman todas las emisiones de gases de efecto invernadero de la infraestructura, desde la construcción al desmantelamiento de las centrales y del ciclo de vida del ciclo de combustible asociado (desde la extracción en las minas hasta el almacenamiento final de los residuos).

A continuación, se exponen las cantidades de CO₂ por kW/h producido, considerando el ciclo de vida completo:

Tecnología	CO₂/ kW/h
Carbón	950-1100
Cogeneración con gas	450-650
Ciclo combinado de gas	350-450
Biomasa	60-80
Solar	40-50
Nuclear	10-15
Eólica	8-12
Hidráulica	5-10

Tabla 17: Cantidades de CO₂ por kW/h producido, considerando ciclo de vida completo
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de Climate Change and Nuclear Power 2018.
Organismo Internacional de Energía Atómica

Como podemos observar, la energía nuclear se encuentra en el mismo rango que la energía eólica y apenas por encima de la hidráulica. En este sentido, las bajas emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de la energía nuclear, la posiciona para muchos países como una importante opción para la mitigación del cambio climático.

Por otra parte, un informe de agosto de 2021 de la Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa (UNECE)⁸⁷ muestra que la energía nuclear en los últimos cincuenta años ha evitado en todo el mundo la emisión de 74 gigatoneladas de CO₂, el equivalente a las emisiones mundiales de dos años de ese gas, principal causante del efecto invernadero.

Impacto Ambiental, Otros Factores: Como hemos mencionado, las emisiones de gases de efecto invernadero generan un gran impacto ambiental, pero debemos tener en cuenta que hay otros muchos factores que también tienen repercusión medioambiental.

Respecto a la generación de efluentes que impactan al medio ambiente, las centrales nucleares generan emisiones de efluentes radiactivos en cantidades extremadamente limitadas de acuerdo con las regulaciones⁸⁸. Estas emisiones quedan registradas y son sometidas a un exhaustivo seguimiento por entidades independientes. Los valores de estos efluentes medidos en términos de actividad radiológica y de dosis son mil veces inferiores a lo permitido. Por otro lado, la generación de residuos a partir de los elementos combustibles, son almacenados y controlados rigurosamente en los mismos predios donde se encuentran las centrales nucleares. En este sentido, existe el Programa Nacional de Gestión de

⁸⁷Para más información: <https://unsdg.un.org/es/un-entities/unece>

⁸⁸Para más información <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/71674/norma.htm>

Residuos Radiactivos (PNGRR)⁸⁹ que lleva adelante la CNEA. Se encarga de la gestión segura de los residuos radiactivos y los combustibles gastados provenientes de todas las actividades nucleares llevadas a cabo en el país.

En relación con el marco regulatorio y normativo⁹⁰, en la Argentina hay una serie de leyes que regulan las actividades nucleares en general y en particular la gestión de residuos radiactivos. La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) es la entidad responsable de fijar un marco normativo que garantiza la seguridad de las instalaciones y tareas en todo el territorio nacional.

Entre las leyes nacionales más importantes, se encuentran: la Ley 24.804⁹¹, ley de la Actividad Nuclear (de abril de 1997). Y la Ley 25.018⁹², ley de Régimen de Gestión de Residuos Radiactivos (de octubre de 1998).

Por otro lado, Argentina ha suscripto al tratado internacional de la “Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de los Desechos Radiactivos”⁹³. El mismo establece criterios para la gestión segura y que compromete al país a implementar procesos de mejora continua, a informar periódicamente al resto de los estados miembros sobre sus estrategias de gestión, como así también a someterse a la revisión de los demás países.

En cuanto a la ocupación de espacio físico (terreno) existen importantes diferencias entre las distintas tecnologías. Para una central de 1.000 MWe de potencia instalada se necesitan las siguientes dimensiones de terreno⁹⁴:

- Nuclear, entre 1 y 4 km²
- Solar, entre 20 y 50 km²

⁸⁹El Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos (PNGRR) lleva adelante las diferentes etapas de la gestión y realiza actividades de investigación y desarrollo para introducir tecnologías innovativas para una proceso cada vez más eficiente. El Programa elabora información oficial sobre sus tareas y proyectos destinada a contar sus actividades al Congreso de la Nación, a la comunidad científica nacional e internacional y al público general.

⁹⁰Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/cnea/Tecnologia-nuclear/pngrr/marco-regulatorio-normativo>

⁹¹La Ley 24.804 designa a la CNEA como responsable de la gestión de los residuos radiactivos y de los combustibles nucleares gastados y del desmantelamiento de las instalaciones nucleares.

⁹²La Ley 25.018 crea el PNGRR y establece sus potestades y responsabilidades.

⁹³Para más información: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/joint-convention-safety-spent-fuel-management-and-safety-radioactive-waste>

⁹⁴Para más información: <https://epr.gov.ar/web/el-dato-que-todos-callan-la-energia-eolica-necesita-mil-veces-mas-espacio-que-la-nuclear-para-producir-lo-mismo/>

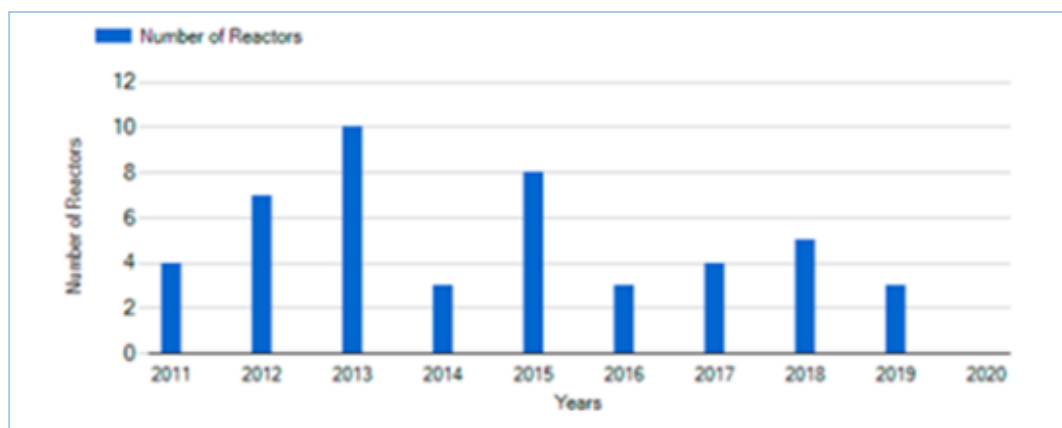
- Eólica, entre 50 y 150 km²
- Biomasa, entre 4.000 y 6.000 km²

Como podemos notar, la superficie necesaria para una central nuclear, de igual generación de energía, es notablemente inferior que para una instalación de cualquier tipo de energía renovable.

7.4 Energía Nuclear Y La Sociedad

Luego del accidente de Fukushima, ocurrido en el 2011, muchos países detuvieron su actividad nuclear paralizando la operación de sus centrales para someterlas a los stress test⁹⁵, debido al impacto que provocó este acontecimiento en la sociedad y los gobiernos. Aun así, con el pasar de los años muchos de estos países han retomado sus actividades, y otros hasta han reactivado su interés por iniciar nuevos proyectos de generación nuclear.

En la Figura 39 se puede observar que aún tras el accidente de Fukushima, las construcciones de nuevas centrales se han mantenido, llegando incluso a un pico en el 2013:



*Figura 39: Centrales nucleares que iniciaron su construcción
Fuente: PRIS, OIEA, febrero 2020*

⁹⁵Como consecuencia del accidente de Fukushima se realizaron evaluaciones de riesgos y seguridad en todas las centrales nucleares. Los ensayos median la capacidad de las instalaciones nucleares para soportar daños por terremotos, ataques terroristas, inundaciones, o choques de aeronaves.

De todas maneras, luego del último accidente nuclear mencionado, nuevamente se puso en juego la aceptación pública de este tipo de tecnología.

En este sentido, la aceptación pública es uno de los aspectos más importantes que debe considerar un país al momento de decidir incorporar una central nuclear al territorio. Resulta extremadamente difícil llevar adelante un proyecto nuclear si existe una oposición mayoritaria de la sociedad. Esto se puede constatar en lo ocurrido con la central nuclear de Polonia Zarnowiec. Era un proyecto de cuatro reactores que inició su construcción en 1982, iba a ser la primera planta de energía nuclear de ese país. Luego del accidente de Chernóbyl (1986), la construcción presentaba más del 50% de avance, pero la opinión opositora a este proyecto se tornó mayoritaria, lo que llevó en un principio a paralizar la obra y luego a la cancelación definitiva del programa nuclear. Hoy en día, Polonia con una posición de la ciudadanía en su mayoría favorable y con apoyo de los distintos sectores políticos avanza nuevamente hacia la implementación de un parque nuclear, que esta vez incluye seis reactores nucleares⁹⁶.

Otro caso similar se observa en la planta nuclear de Zwentendorf (Austria). Fue la primera central nuclear construida en Austria. Su construcción comenzó en 1972, de 6 plantas nucleares previstas inicialmente. La planta fue terminada, pero nunca llegó a funcionar, ya que su puesta en marcha fue impedida por un referéndum el 5 de noviembre de 1978. Una mayoría del 50,47% votó en contra de la puesta en marcha.

Esto refuerza la idea de que únicamente un programa nuclear puede llegar a su desarrollo con la existencia de un consenso nacional de aceptación pública, esto de la mano del apoyo político a favor para llevar a cabo dicho programa en el país en cuestión. Para ello es indispensable que la sociedad pueda participar en el proceso de decisión, y resulta vital que esta esté sumamente informada sobre todo lo que conlleva a la introducción de un programa nuclear nacional.

En el caso de lograrse el consenso social, de manera que permita avanzar hacia la implementación de un programa nuclear, será necesario de sistema de comunicación, difusión y participación ciudadana, a nivel local (en las cercanías de las centrales nucleares) y nacional, respecto al proyecto en particular.

⁹⁶Para más información: <https://www.foronuclear.org/actualidad/noticias/polonia-planifica-tener-su-primera-central-nuclear-operativa-en-2033/>

No obstante, no hay que perder de vista que luego de los accidentes nucleares que ocurrieron a lo largo de la historia, se intensificaron muy rigurosamente las regulaciones y controles en el sector nuclear. A su vez, esta tecnología tomó un rol más importante desde que fue considerado energía limpia. Sumado a esto, la mentalidad ha cambiado aún más luego del acuerdo de París, robustizando la importancia en la lucha contra el cambio climático de las tecnologías energéticas que emiten gases de efecto invernadero.

Por consiguiente, al referimos a la energía nuclear como fuente de energía, no hay que perder de vista ciertos factores que repercuten en la sociedad, tales como la contaminación del aire y la repercusión en la salud. Como así también otras temáticas relacionadas con la industria, el empleo y las poblaciones cercanas a las centrales nucleares.

Contaminación Del Aire, Repercusión En La Salud: Como hemos observado en el inciso anterior, las energías limpias, incluida la nuclear, pueden contribuir al logro de los objetivos mundiales en relación con el cambio climático, pero también con la prevención de problemas de salud relacionados con la contaminación del aire.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS)⁹⁷ en su comunicado de prensa de mayo del 2018⁹⁸, la contaminación atmosférica es una de las principales causas de muertes y enfermedades. Se estima que el 90% de las personas de todo el mundo respira aire contaminado. En el 2016 la polución del aire causó siete millones de muertes prematuras, el 88% de ellas se dio en países subdesarrollados. En América Latina más de 150 millones de personas viven en ciudades en las que la cantidad de partículas en el aire supera los límites recomendados según las Guías de Calidad del Aire⁹⁹.

Hay una estrecha relación entre la contaminación del aire y el cambio climático. Los gases liberados durante la extracción y la quema de combustibles fósiles además de afectar al medio ambiente son nocivos para el ser humano.

Como podemos notar, se trata de un doble problema. Por un lado, como hemos visto en el inciso anterior, la contaminación atmosférica afecta al medio ambiente. El CO₂ junto

⁹⁷La Organización Mundial de la Salud (OMS) es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestiones políticas de prevención, promoción e intervención a nivel mundial de la salud,

⁹⁸Para más información <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

⁹⁹Las Guías de Calidad del Aire de la OMS ofrecen orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud.

con los gases contaminantes de corta vida aglomeran los principales gases de efecto invernadero. Por otro lado, la contaminación del aire genera problemas de salud. Al respirar se absorben diminutas partículas tóxicas que al llegar a los pulmones alcanzan el torrente sanguíneo y afectan a otras células del cuerpo. Según la OMS, estos contaminantes provocan alrededor de un tercio de las muertes generadas por accidentes cerebrovasculares, enfermedades respiratorias crónicas y cáncer de pulmón; y de una cuarta parte de los fallecimientos por infarto.

En este contexto, la energía nuclear junto con las energías renovables seguirá siendo clave en los intentos de reducir los contaminantes en el aire y las emisiones de gases de efecto invernadero, sobre todo si la demanda de electricidad se incrementa exacerbadamente con el tiempo.

Según el artículo publicado, ya en el 2013, por la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio (NASA)¹⁰⁰, utilizando datos históricos de producción de electricidad, factores de mortalidad y emisión de literatura científica, encontraron que, a pesar de los tres principales accidentes nucleares con su consecuente repercusión, la energía nuclear evitó un promedio de más de 1,8 millones de muertes netas en todo el mundo entre 1971 y 2009. Esto equivale al menos a cientos y probablemente a miles de veces más muertes de las que causó. Entre 2000 y 2009 se evitó un promedio de 76.000 muertes por año con un rango de 19.000 a 300.000 por año.

Esto se puede apreciar en la siguiente figura:

¹⁰⁰El artículo completo se puede consultar en:
https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/2013_kharecha_02/#:~:text=Human%2Dcaused%20climate%20change%20and,in%20order%20to%20maximize%20effectiveness.

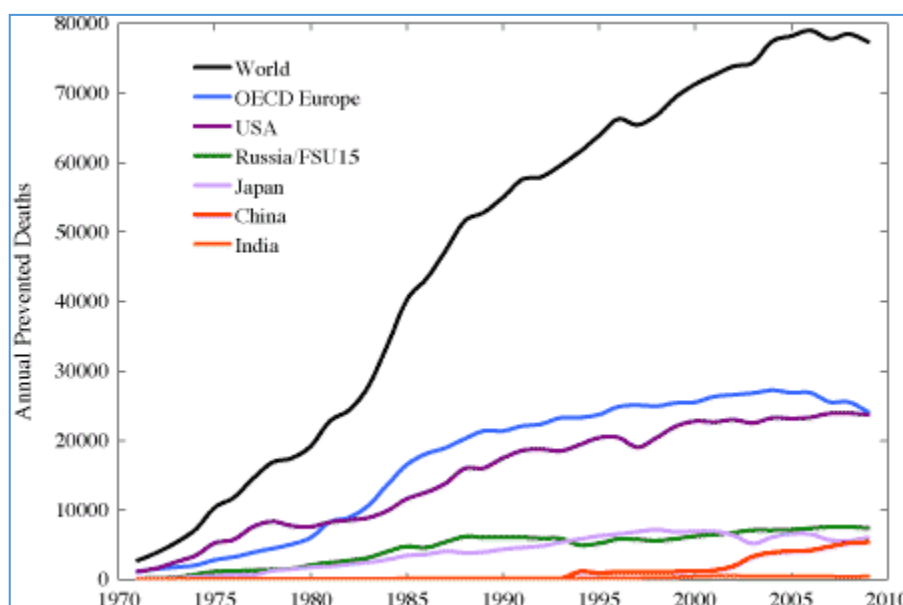


Figura 40: Muertes netas medias evitadas anualmente por la energía nuclear entre 1971 y 2009 para varios países/regiones

Fuente: Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio (NASA), 2013

Industria Nacional, Exportaciones, Formación De Recursos Humanos Y Empleo

Formal: El sector energético argentino constituye más de 6% del PBI del país y ofrece una oportunidad de desarrollo económico y social (CIPEC, 2021)¹⁰¹. Sería de gran utilidad poder aprovechar los importantes recursos energéticos con los que cuenta Argentina. Esto proporcionaría disponibilidad de energía de forma abundante y diversa, a precios competitivos y compatibles con los compromisos respecto al cambio climático, además de potenciar el desarrollo sostenible.

En un escenario óptimo, una matriz energética promovería tecnologías que le dan continuidad y demanda sostenida a la industria. Incentivando el desarrollo de la fabricación nacional sobre la base de los recursos existentes, favoreciendo la inserción internacional de la cadena de valor.

Para lograr lo recién mencionado se requiere superar importantes desafíos. Un punto clave es la inversión en el sector, y proyectar estas inversiones en energías sustentables (eólica, solar, hidroeléctrica, nuclear).

¹⁰¹<https://www.cippec.org/publicacion/oportunidades-y-desafios-para-el-desarrollo-productivo-en-el-marco-de-la-transicion-energetica-argentina/>

En relación con el área nuclear, Argentina ha logrado una posición consolidada. Esto es el resultado del esfuerzo ya desde el 1950 de técnicos y científicos formados en nuestro país, por medio de la CNEA, NA-SA, la ARN y todos los proveedores (CONUAR, DIOXITEK, INVAP, entre otros) que acompañaron en este camino. Cabe mencionar que, si bien se necesitó tecnología del exterior, la política nuclear argentina optó, siempre que fuera posible, por desarrollar su propia tecnología.

Esto se hace presente en todos los reactores experimentales que fueron planificados y construidos en la Argentina. En este sentido, nuestro país cuenta con una vasta experiencia en la construcción y operación de reactores de producción e investigación, llegando incluso a exportar su tecnología a Australia, Argelia, Egipto y Perú. Actualmente la CNEA tiene operativos cinco reactores de investigación. El principal es el RA-3, que funciona desde hace 50 años en el Centro Atómico Ezeiza (CAE), no solo es el más importante por su potencia (10 MW) sino también porque es el mayor productor de radioisótopos de Latinoamérica. Actualmente, en este mismo Centro Atómico se está construyendo el Reactor RA-10, que será el más grande de su tipo en nuestro país. En esta clase de reactores, a diferencia de los de potencia que sirven para generar energía, se utilizan los neutrones generados en la fisión para producir radioisótopos y como herramienta de investigación¹⁰².

Respecto al ciclo del combustible, si bien el uranio se importa por cuestiones reglamentarias de nuestro país¹⁰³, luego todas sus etapas hasta llegar al combustible terminado para su uso se realizan en Argentina. Esto implicó un largo recorrido por las fases de laboratorio, planta piloto y finalmente la planta industrial.

En el área de las centrales de potencia, respecto al agua pesada (componente fundamental para la refrigeración y moderador del núcleo)¹⁰⁴ la Argentina para asegurarse

¹⁰²Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/cnea/Tecnologia-nuclear/reactores-de-investigacion>

¹⁰³Debido a conflictos sociales en las regiones de extracción del mineral.

¹⁰⁴Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/agua-pesada-un-insumo-estrategico-para-el-futuro-argentino>

el abastecimiento y no depender de otros países, construyó la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP) más grande del mundo¹⁰⁵.

Como podemos observar, el sector nuclear argentino desde sus inicios¹⁰⁶ generó un espacio con condiciones óptimas para la formación de recursos humanos, en especial en el área científica y técnica y posteriormente el desarrollo de bienes producidos cumpliendo los requerimientos internacionales con capacidad de exportación. Por otro lado, generando un efecto multiplicador en otras áreas. Cabe destacar que, la formación de recursos humanos tuvo como objetivo lograr la independencia tecnológica.

A diferencia de otras industrias, la industria nuclear pudo recuperarse luego de períodos de crisis como el del 2001. E incluso llegar a uno de sus máximos hitos con el Plan Nuclear Argentino (2006), destacando la finalización de la Central Nuclear Atucha II.

Al mismo tiempo, la industria nuclear argentina implementó estratégicamente sustitución de importaciones en conjunto con la industria nacional con orientación exportadora. Es decir, la industria nuclear, además del proceso de sustitución de importaciones para el sector, pasó a ser exportador de insumos y tecnologías nucleares, como el caso de los reactores de investigación, las plantas de radioisótopos y agua pesada, entre otras cosas.

En la Tabla 18 se detalla lo recién mencionado:

Nombre	Tipo	Destino de exportación	Año
RP0	Reactor de investigación	Perú	1978
RP10	Planta de radioisótopos	Perú	1988
NUR	Reactor multipropósito	Argelia	1989
CENTIS	Planta de radioisótopos	Cuba	1995
ETRR2	Planta de radioisótopos	Egipto	1998
OPAL	Reactor multipropósito	Australia	2006

¹⁰⁵La Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP) situada en Arroyito, provincia de Neuquén, fue inaugurada en 1993, se encuentra paralizada desde 2017. La idea actual es que vuelva a producir en 2025. La CNEA actualmente trabaja para reabrir esta planta.

¹⁰⁶En 1950 con el decreto 10.936/50

Nombre	Tipo	Destino de exportación	Año
RPF	Planta de radioisótopos	India	2011
PALLAS	Reactor multipropósito	Holanda	2018

Tabla 18: Reactores desarrollados y exportados por Argentina (1978-2018)

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de CNEA e INVAP

Como ya se mencionó, actualmente la CNEA con INVAP están construyendo el reactor multipropósito RA-10. Se estima que la finalización de la obra será a fines del año 2023¹⁰⁷. Este proyecto cuenta con un aporte de más de 80% de empresas e instituciones locales en tecnología y servicios asociados. El mismo está desarrollado íntegramente en Argentina, incluye el diseño, construcción, montaje y puesta en marcha. Paralelamente a su construcción, se avanzó en el proceso de formación del plantel de operadores y de futuros usuarios. Esto abrirá una nueva ventana de exportación de industria nuclear argentina.

Sin embargo, la gran oportunidad que se observa actualmente en el sector es la de poder vender al exterior el proyecto CAREM¹⁰⁸.

Uno de los objetivos estratégicos es que al menos el 70% de los insumos, componentes y servicios sean provistos por empresas argentinas. De esta manera, también poder ir ampliando la cantidad de proveedores con calificación para trabajar en el sector nuclear¹⁰⁹.

El CAREM que se está construyendo hoy es una demostración tecnológica (un prototipo), pero la Argentina está en condiciones de crear una versión productiva de este reactor chico y modular para generación de energía, tanto para el mercado nacional como para exportar (Guillermo Benito, 2021).

Como destacó la presidenta de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en la quinta edición del evento organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica, que se lleva a cabo en Estados Unidos

Me enorgullece poder participar del foro que va a tratar sobre la cadena de valor industrial con los Reactores Modulares Pequeños y Medianos. Nuestro país lidera

¹⁰⁷ Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/cnea/ra10>

¹⁰⁸ <https://www.argentina.gob.ar/cnea/carem/el-proyecto-carem>

¹⁰⁹ <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-carem-tendra-un-papel-preponderante-en-la-planificacion-energetica-hacia-2030>

uno de los dos proyectos en el mundo que están en etapa de construcción. En nuestro caso en particular, me gustaría poner de manifiesto toda la tarea que se está haciendo en conjunto con ADIMRA (Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina) y la necesidad que tenemos de desarrollar la cadena de valor de la industria metal mecánica, eléctrica y todo lo que puede aportar en componentes y conocimientos para tener industrias más calificadas y que seguramente van a redundar en un desarrollo más general del país. (Adriana Serquis, 2022)¹¹⁰

La reactivación del sector nuclear a partir de 2006 en Argentina no solo afectó a la industria estatal del sector, sino que permitió el crecimiento en inversión e investigación en empresas industriales nacionales ya existentes, tales como IMPSA, Secin S.A. y TYCSA. También impulsó el surgimiento de emprendimientos privados vinculados a la actividad, como la empresa Nuclearis S.A.¹¹¹.

En 2010, en el marco del Congreso Metalúrgico del Bicentenario¹¹², ADIMRA creó la Comisión Nuclear Metalúrgica para agrupar la totalidad de las empresas metalúrgicas nucleares de la Argentina. En la apertura del congreso el Dr. Juan Carlos Lascurain, presidente de ADIMRA, destacó que ADIMRA es el segundo complejo manufacturero del país, conformando el 13% del PBI. Comprende más de 250.000 trabajadores, lo que representa el 20% de la mano de obra del sector industrial. Asimismo, resaltó que, durante el año 2008, el sector alcanzó su récord de exportaciones con U\$S 7.300 millones y subrayó el protagonismo de las PYMEs de capital nacional, que son mayoría en el sector.

La participación de ADIMRA en el Plan Nuclear Argentino fue clave, ya que permitió la estrecha vinculación de las empresas metalúrgicas calificadas en la producción

¹¹⁰<https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-carem-y-su-cadena-de-valor-en-la-conferencia-ministerial-internacional-sobre-energia>

¹¹¹Nuclearis S.A. es una empresa argentina que surge en el 2009, especializada en ingeniería y fabricación de componentes mecánicos para la industria nuclear. Para más información: <https://nuclearis.com/>

¹¹²Durante los días 2 y 3 de junio la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA) realizó en Buenos Aires el Congreso Metalúrgico del Bicentenario, foro de discusión que congregó a empresarios, representantes sindicales, expertos y funcionarios para analizar la realidad del sector metalúrgico y definir los ejes centrales para su desarrollo.

de servicios y componentes para el sector nuclear con los organismos de gobierno encargados de llevar adelante el plan y las empresas públicas y mixtas del sector¹¹³.

En una entrevista realizada en 2014, el Ingeniero Venutolo, en ese momento presidente de ADIMRA, afirmó que, con el lanzamiento del Plan Nuclear, las empresas metalúrgicas tuvieron la oportunidad de participar en la culminación de Atucha II con ingeniería, manufactura y trabajo local. Producto de ese proyecto, las empresas pudieron participar en otros desafíos, como la extensión de vida de la CNE, la provisión de componentes convencionales y en la actualidad, entre otras cosas, en la prestación de servicios de montajes electromecánicos para el CAREM y el reactor RA-10. De esta manera, el Plan Nuclear representó un vector de desarrollo de la industria metalúrgica nacional (Observatorio de la Energía, Tecnología e Infraestructura para el Desarrollo [OETEC], 2014).

En relación con la construcción de Atucha II, en las obras civiles y montajes participaron más de cuarenta empresas constructoras y metalúrgicas locales. Asimismo, en las obras de infraestructura adicional participaron otras dieciocho empresas locales (Ricardo De Dicco, 2015).

En el proyecto del reactor RA-10 están involucradas más de 60 empresas y se requiere de unos 1.500 puestos de trabajos directos¹¹⁴.

Como podemos observar, la reactivación del Plan Nuclear no sólo reforzó la industria nacional en lo que respecta al sector nuclear, sino también a industrias asociadas pero que no exclusivamente producen insumos nucleares. Por otro lado, como ya se mencionó, la industria nuclear además le representa al país un ahorro importante de divisas, ya que se dejan de gastar en la importación de combustibles.

Es decir, la industria nuclear, sobre todo en los últimos años, demostró integración nacional, desarrollo de ingeniería interna, la creación de capacidades propias y posibilidad de exportación. Todo lo mencionado representó para nuestro país un bajo nivel de importaciones, un marcado desarrollo de la industria con orientación exportadora,

¹¹³INAP, Secretaría de gestión y empleo público, pág.30, 2022. Para más información: <https://publicaciones.inap.gob.ar/index.php/CUINAP/article/download/327/309/>

¹¹⁴Para más información; <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-reactor-multiproposito-ra-10-producira-radioisotopos-para-el-pais-y-el-mundo>

formación de una red de proveedores de bienes y servicios nacionales, generó empleos directos e indirectos, recuperación y formación de recursos humanos altamente calificados, aumento de alumnos en carreras afines a la nuclear, entre otras cosas.

Progreso De Zonas Con Alto Riesgo De Despoblación Aledañas A Las Centrales Nucleares: La industria nuclear es un sector que genera una gran cantidad de empleo. Se estima que algo más de 400 centrales nucleares existentes en el mundo generan del orden de 1.200.000 puestos de trabajo, directos e indirectos (Sociedad Nuclear española, 2021).

Debido a las características ambientales que se requieren y de particularidades necesarias, tales como agua para refrigeración, las centrales nucleares se localizan en sectores cercanos a zonas principalmente con alto riesgo de despoblación. Como se requiere gran cantidad de mano de obra, sus efectos son muy notorios, fijando la población, activando la economía y aportando sentido en lugares con pocas alternativas de progreso.

Un claro ejemplo de lo recién mencionado se puede observar en la evolución de la población más cercana al sitio Atucha, es decir en Zarate y Campana.

Partido	Localidad	1991	2001	2010
Zarate	Country Club El Casco	54	340	452
	Escalada	50	173	213
	Lima	6651	8.375	10.219
	Zarate	8.0156	8.8367	96.522
	Zona Rural	4.689	4.016	4.863
Total Zarate		91.600	10.1271	11.2269
Campana	Alto Los Cardales	500	2.363	1.983
	Barrio Los Pioneros	73	675	1.823

Partido	Localidad	1991	2001	2010
	Campana	67.783	77.838	86.860
	Chacras del Río Luján			1.621
	Lomas del Río Lujan	230	630	261
	Zona Rural	2.878	2.192	1.913
Total Campana		71.464	83.698	94.461

Tabla 19: Evolución de la población de Zarate y Campana (1991-2010)
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la Dirección Provincial de Estadística de la Provincia de Buenos Aires¹¹⁵

Para el 2020 la población de Zarate ascendió de 32.996 a 96.522, es decir un 320% de crecimiento en 10 años, algo no esperado para una ciudad bonaerense.

Un caso atípico en el territorio y claro está, se debe a su matriz industrial caracterizada por el funcionamiento de las dos centrales nucleares¹¹⁶.

Cabe destacar que, este progreso de población en zonas con riesgo de despoblación es de estabilidad. En este sentido, en relación con los empleos, son de duración a largo plazo. Ya que la vida útil de una instalación nuclear es de 40 y 70 años, más las etapas previas de ingeniería y construcción, y las etapas finales de desmantelamiento y gestión de residuos radiactivos.

Otro punto de gran relevancia es que estos empleos, a nivel mundial, son de calidad en toda su cadena de valor. Es decir, en las etapas de diseño, construcción, operación y desmantelamiento se crea empleo de calidad, calificado, bien remunerado y estable en comparación con otras áreas¹¹⁷.

¹¹⁵ <http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/images/Revista%20Poblacio%CC%81n%20III.pdf>

¹¹⁶ <https://www.diariolavozdezarate.com/2022/06/16/lima-crecio-320-en-los-ultimos-diez-anos/>

¹¹⁷ <https://www.foronuclear.org/valores-del-sector/generacion-de-empleo/>
<https://www.argentina.gob.ar/noticias/presentacion-de-los-proyectos-del-sector-nuclear-argentino-ante-100-autoridades-nacionales>

Esta situación requiere de la colaboración de universidades y centros de Investigación y Desarrollo que encuentran en el sector nuclear grandes oportunidades para el desarrollo de su actividad.

7.5 Conclusiones Parciales A Partir De La Relación De La Energía Nuclear Con El Medio Ambiente Y La Sociedad

Luego del análisis FODA, donde se expusieron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de cada energía, por medio de la comparación de las características de las diferentes tecnologías, se pudo corroborar que todo lo analizado va en línea con la predisposición mundial que tiende a disminuir el uso de combustible fósiles. Y a su vez diversificando la matriz energética de manera de dejar de lado las energías contaminantes y dándole más participación a las energías renovables y la energía nuclear (considerada limpia). En este sentido, observamos que las energías renovables, aunque no son función de una fuente de generación que sea un *commodity*, dependen de factores fluctuantes (viento, sequías, hora del día, entre otros). La energía hidráulica se encuentra en la misma situación. Por otro lado, la generación de energía a partir de fuentes fósiles libera a la atmósfera gases de efecto invernadero. En este contexto, la energía nuclear además de no depender de factores fluctuantes, poseer un alto factor de capacidad, con largos ciclos de vida de las plantas, es considerada energía limpia.

También se analizó la relación entre la contaminación del aire y el cambio climático. En este sentido, los gases liberados durante la extracción y la quema de combustibles fósiles además de afectar al medio ambiente son nocivos para el ser humano. Observamos que al cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de energía producida en su ciclo de vida de cada tecnología, la energía nuclear se encuentra en el mismo rango que la eólica (10-15 CO₂/ kW/h) y apenas por encima de la hidráulica. En este contexto, las bajas emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de la energía nuclear, la posiciona para muchos países como una importante opción para la mitigación del cambio climático.

En relación con el marco regulatorio y normativo, observamos que en la Argentina existen una serie de leyes que regulan las actividades nucleares en general y en particular la gestión de residuos radiactivos. Entre las leyes nacionales más importantes, se encuentran:

la, ley de la Actividad Nuclear (Ley 24.804), y la ley de Régimen de Gestión de Residuos Radiactivos (Ley 25.018).

En cuanto a la ocupación de espacio físico (terreno) pudimos notar que existen importantes diferencias entre las distintas tecnologías, destacando que, entre las energías limpias, la energía nuclear es la que menos espacio ocupa (para una central de 1.000 MWe de potencia instalada la energía nuclear necesita entre 1 y 4 km², mientras que por ejemplo la Eólica, entre 50 y 150 km²).

Por otro lado, se reforzó la idea de que únicamente un programa nuclear puede lograr su éxito con aceptación pública nacional, de la mano del voto político a favor de desarrollar dicho programa en el país. Y para ello es indispensable que la sociedad pueda participar y se encuentre informada sobre todo lo que conlleva a la introducción de un programa nuclear en el país.

Podemos destacar la posición consolidada que ha logrado Argentina en relación con el área nuclear. Ya desde el 1950 por medio de la CNEA, NA-SA, la ARN y todos los proveedores (CONUAR, DIOXITEK, INVAP, entre otros). Notamos que, si bien se necesitó tecnología del exterior, la política nuclear argentina optó, siempre por desarrollar su propia tecnología y desde sus inicios generó un espacio con condiciones óptimas para la formación de recursos humanos, que tuvo como objetivo lograr la independencia tecnológica. La reactivación del sector nuclear a partir de 2006 en Argentina no solo afectó a la industria estatal del sector, sino que permitió el crecimiento en inversión e investigación en empresas industriales nacionales ya existentes, tales como IMPSA, SECIN S.A. y TYCSA. Por otro lado, observamos que la industria nuclear además le representa al país un ahorro importante de divisas, ya que se deja de gastar en la importación de combustibles e insumos industriales. Todo esto significó para nuestro país un bajo nivel de importaciones, una reactivación de la industria exportadora, incentivo y crecimiento de proveedores de bienes y servicios nacionales, empleos directo e indirecto e incluso incremento de alumnos en carreras relacionadas al sector nuclear, entre otras cosas.

Junto a lo recién mencionado se citaron los proyectos nucleares de baja potencia argentinos que se exportaron, y por otro lado los que actualmente se encuentran en

operación en nuestro país. También se hizo foco en proyectos actuales en gestión, el RA-10 y el CAREM, ambas obras en su mayoría provistos de insumos nacionales.

Como último análisis, observamos que debido a las características ambientales que se requieren y de específicas particularidades, tales como agua para refrigeración, las centrales nucleares se localizan en sectores cercanos a zonas con alto riesgo de despoblación. De este modo, originando sentido a regiones con pocas alternativas de progreso, es decir fijando la población y activando la economía. Esto se pudo constatar con valores certeros en la evolución de las poblaciones más cercanas al sitio Atucha, es decir Zarate y Campana.

Luego del análisis realizado a lo largo de todo el capítulo, concluimos en que la energía nuclear, a pesar de plantear varios desafíos, al igual que las fuentes de energía renovables, debe conservarse y ampliarse significativamente de manera de minimizar los impactos del cambio climático incesante y la contaminación del aire causada por los combustibles fósiles.

8 Conclusiones

El desarrollo socioeconómico, junto a los deseos de disminuir el uso de recursos no renovables y además nocivos para el medio ambiente y la sociedad, nos obliga mundialmente a replantarnos la conformación de la matriz energética.

En este sentido, en el contexto de la situación energética actual en Argentina y la estimada para el futuro, la energía nuclear al ser considerada energía limpia, flexible y continua se presenta, junto con las energías renovables, como una gran alternativa para la transición a una matriz reducida en energía producida por combustible fósil, con el fin de lograr un desarrollo energético socialmente sostenible en el país.

En este contexto, el objetivo principal de este estudio fue analizar el impacto eco-financiero, social y ambiental de la energía nuclear en Argentina desde la reactivación del Plan Nuclear para cubrir las necesidades energéticas. Esto se verificó y cumplió a lo largo del documento a través del desarrollo de los siguientes objetivos específicos:

1) Analizar la coyuntura sociopolítica que tuvieron y tienen lugar en las decisiones de inversión en proyectos nucleares en Argentina.

2) Examinar las características del financiamiento de los proyectos nucleares en la Argentina.

3) Estudiar y reconocer el impacto social y ambiental de la energía nuclear en la Argentina.

Como punto de partida para poder responder a los objetivos planteados se comenzó estudiando la composición de la matriz energética a nivel mundial profundizando en detalle en la matriz energética argentina. Se destacaron los puntos a favor y en contra de cada una de las fuentes de energía que la conforman.

En el contexto mundial, donde se espera que para el año 2040 como máximo el 2% de la energía provenga de gas y/o carbón, encaminados a cumplir con el *“Informe de cero neto para el 2050”*, notamos que la Argentina acompaña este desafío, tanto con la Ley de energías renovables como así también con su voto a favor de la energía nuclear.

De todas maneras, aprovechando la disponibilidad con la que cuenta el país, esta transición la recorrerá, en pequeña mediada, junto con el uso del combustible fósil que menos emisiones de CO₂ genera, es decir con el uso del gas natural. En este sentido,

apostando al proyecto de Vaca Muerta, que no sólo aportaría a cubrir gran cantidad de necesidad energética futura nacional, sino que además permitiría exportar. Suministrándole al país un importante ingreso de capital.

Analizando el contexto actual nacional e internacional de la energía nuclear, destacamos que luego del accidente de Fukushima, algunos países, como por ejemplo Alemania, se encuentran en vías de reducción total de la energía nuclear. Pero, otros países, tales como China, siguen apostando cada vez más a este tipo de energía. Actualmente 32 países cuentan con reactores nucleares, sumando entre ellos una potencia instalada de 385.500 MWe por medio de en total 437 reactores de potencia. Y se encuentran en construcción 56 reactores de potencia distribuidos en 19 países.

Por otro lado, se describió a la empresa Nucleoeléctrica Argentina S.A., encargada de desarrollar la actividad de generación y comercialización de energía eléctrica (posee tres unidades en operación y se espera próximamente sumar una unidad más), como así también se encarga del gerenciamiento de proyectos que tengan por objetivo la eventual construcción de futuras centrales nucleares en territorio nacional. Podemos resaltar que la empresa, además de contar con importantes certificaciones (IRAM e ISO), es miembro de organizaciones internacionales (tales como la OIEA, WANO, EPRI) con el fin de fomentar el intercambio de experiencias operativas y así comprometerse con la operación segura de las centrales nucleares, y trabajando de manera continua para la mejora de sus procesos y actividades.

Destacando las características del bien que genera la empresa (es decir la limitada utilidad espacial, temporal, sus posibilidades restringidas de almacenamiento y de calidad ligada a su consumo) y abordando el tema cobertura de riesgos de precios asociados, observamos que es muy conveniente utilizar contratos de futuro y opciones.

La información hasta aquí recopilada y analizada, nos permitió tener una base para comenzar a responder los objetivos específicos.

Los dos primeros objetivos específicos planteados en este documento se cumplieron conjuntamente. Para ello se comenzó analizando como suelen ser los financiamientos de proyectos públicos de gran escala. Observamos que Argentina cuenta con una cartera activa de programas y proyectos que se ejecutan desde los ministerios con diversos organismos

internacionales (tales como el Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Fonplata, Banco de Desarrollo de América Latina, Global Environment Facility, entre otros).

Notamos que nuestro país recurre a los mencionados programas cuando debe afrontar excesivos gastos para mejoras de plantas ya existentes. Pero, en el financiamiento de la construcción de nuevas centrales nucleares, Argentina acude a entidades internacionales fuera del financiamiento regional, que en forma directa o a través de sindicatos de bancos, se juntan para afrontar el riesgo en el caso de grandes proyectos. Y en la mayoría de los casos, estas entidades financieras son ofertadas, dentro del paquete de negociación, por el país exportador del proyecto. El 85% del costo del emprendimiento suele ser financiado por medio de consorcios de bancos internacionales y el resto por el Tesoro Nacional.

A su vez, se observó cómo diversos factores relevantes (tales como repercusiones de las reglamentaciones, inflación e intereses durante la construcción, efectos comerciales, medidas de protección del medio ambiente, entre otros) influyen en los proyectos nucleares demorando los períodos de construcción, los financiamientos y los costos. Esto se notó claramente en los casos de las centrales nucleares Atucha I y Embalse, que tuvieron inmejorables circunstancias de financiamientos. En cambio, en la central nuclear Atucha II estos factores provocaron la paralización total de su construcción por más de dos décadas.

Percibimos que en todo el proceso de negociación de los proyectos nucleares la política juega un rol muy importante (ya sea en el momento en que el gobierno de turno decide invertir en energía nuclear, como así también en la elección del país con el cual negociar y en el tipo de reactor a elegir).

A modo de ejemplo se compararon dos proyectos energéticos semejantes (en base a su potencia generada, su disponibilidad, autonomía y dinero invertido) pero a través de distintas tecnologías y fuentes, entre otros aspectos. En este sentido, se realizó un análisis económico y financiero de la inversión en la extensión de vida de la central nuclear Embalse (realizada en el periodo 2007-2018), y por otro lado de un hipotético Ciclo Combinado de última generación de similar módulo con datos obtenidos del mercado actual de energía eléctrica. Luego del análisis se llegó a la conclusión que el proyecto de extensión

de vida de la central nuclear Embalse es conveniente en comparación con un Ciclo Combinado de última generación. Esto gracias a sus bajos costos de operación y mantenimiento y a la posibilidad de posponer las inversiones en desmantelamiento.

Respecto al costo de capital y rentabilidad reales obtenidos con los proyectos nucleares, podría tratarse con profundidad en un trabajo de investigación posterior a este. Por lo analizado hasta el momento, se intuye que focalizándose meramente en cada uno de los proyectos (sobre todo en el proyecto Atucha II donde la inversión fue excesiva) no se obtendrá un alto rendimiento económico en relación con la inversión. Se considera que, por ese motivo, entre otros, el mayor accionista de la empresa Nucleoelectrica Argentina S.A. es el estado. La decisión de invertir en estos proyectos va más allá de obtener una ganancia meramente económica, debido a que la energía es cada vez más necesaria y las fuentes que compiten con la nuclear tienen falencias, como se demostró a lo largo de todo el documento.

Para cumplimentar el tercer objetivo planteado en este estudio, en una primera instancia se realizó un análisis FODA. Por medio de la comparación de las características de las diferentes tecnologías, se pudo corroborar que todo lo analizado es acorde con la tendencia mundial de disminuir el uso de combustible fósiles, y a su vez, diversificar la matriz energética de manera de dejar de lado las energías contaminantes, dándole más participación a las energías renovables y a la energía nuclear.

Destacamos que las energías renovables han evolucionado mucho en los últimos años, en gran medida gracias a los incentivos y programas implementados por los gobiernos. Así y todo, observamos que, aunque no son función de una fuente de generación que sea un *commoditie*, dependen de factores fluctuantes (viento, sequías, hora del día, entre otros) y además poseen costos externos derivados de la necesidad de sobrecapacidad en la potencia instalada. Esto obliga a contar con oferta de fuentes de energía que deben compensar fluctuaciones imprevistas. En este contexto, la energía nuclear además de no depender de factores fluctuantes, poseer un alto factor de capacidad, con largos ciclos de vida de las plantas, es considerada energía limpia.

En cuanto a la ocupación de espacio físico, notamos que existen importantes diferencias entre las distintas tecnologías, destacando que, entre las energías limpias, la energía nuclear es la que menos espacio conlleva.

Al analizar la vinculación entre la contaminación del aire y el cambio climático, debemos destacar que los gases liberados durante la extracción y la quema de combustibles fósiles además de afectar al medio ambiente son nocivos para el ser humano. La generación de combustibles fósiles se encuentra penalizada por el impacto a la salud y al medio ambiente. Observamos que al cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de energía producida en su ciclo de vida de cada tecnología, la energía nuclear se encuentra en el mismo rango que la eólica y apenas por encima de la hidráulica. En este contexto, las bajas emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de la energía nuclear, la posiciona para muchos países como una importante opción para la mitigación del cambio climático.

Por otro lado, debido a las características ambientales que se requieren y a requisitos regulatorios, las centrales nucleares se localizan en sectores cercanos a zonas con alto riesgo de despoblación. De esta manera, generando sentido en lugares con pocas alternativas de progreso, es decir fijando la población y activando la economía. Un ejemplo claro con lo que se constató esto fue con valores certeros en la evolución de las poblaciones más cercanas al sitio Atucha.

Respecto al marco regulatorio y normativo, observamos que en Argentina existen una serie de rigurosas leyes que regulan las actividades nucleares en general y en particular la gestión de residuos radiactivos.

A su vez, se reforzó la idea que de que únicamente un programa nuclear puede llegar a su desarrollo exitoso con la existencia de un consenso nacional de aceptación pública y un voto a favor político. En este sentido, es indispensable que la sociedad pueda participar y se encuentre informada del programa nuclear adoptado en el país.

Observamos que, si bien a lo largo de la historia nuclear argentina se necesitó tecnología del exterior, siempre se optó por desarrollar tecnología propia y desde sus inicios se incentivó a la formación de recursos humanos, que tuvo como objetivo lograr la independencia tecnológica.

Podemos destacar que por medio de las empresas CNEA, NA-SA, la ARN, CONUAR, DIOXITEK, INVAP, entre otros, Argentina ha logrado una posición consolidada en relación con el área nuclear. Observamos que la reactivación del sector nuclear a partir de 2006 en Argentina permitió el crecimiento de la industria estatal del país, y el incremento en inversión e investigación en empresas industriales nacionales que ya existían.

Con lo último mencionado, podemos destacar que la industria nuclear tiene un impacto directo e indirecto en el PBI del país. Ya que, entre otras cosas, le representa al país un ahorro importante de divisas. En este sentido, notamos que la industria nuclear en actividad le proporciona al país un bajo nivel de importaciones, una reactivación de la industria con orientación exportadora, formación de proveedores de bienes y servicios nacionales, empleos directo e indirecto e incluso aumento de alumnos en carreras afines a la nuclear.

Luego de este trabajo podemos asegurar que la energía nuclear se presenta como una verdadera alternativa para la transición hacia un sistema de generación de energía bajo en emisiones, de última tecnología y confiable que ofrece un servicio muy superior frente a otras tecnologías en relación con fluctuaciones meteorológicas, al futuro geopolítico y a las crisis económicas. Esto de manera competitiva y aportando a un desarrollo económicamente equitativo y socialmente sostenible.

Los costos de una central nuclear y de su operación, se pueden considerar como una inversión sólida con resultados económicos y sociales sumamente importantes. Contribuyendo de esta manera al crecimiento de la economía nacional, regional y local, a la generación de empleo estable, entre otras cosas ya mencionadas.

La operación a largo plazo de los proyectos nucleares representa la fuente de energía baja en emisiones más rentable entre todas las demás, por lo que es la fuente más eficiente y competitiva para garantizar, de la mano con las energías renovables, la descarbonización y diversificación de la matriz energética.

Con todo lo mencionado, pudimos responder el objetivo principal planteado de este estudio, analizando el impacto eco-financiero, social y ambiental de la energía nuclear en la Argentina desde la reactivación del Plan Nuclear.

Consideramos vital invertir en futuros proyectos nucleares. Si bien la coyuntura sociopolítica influye de manera dispar en el financiamiento de cada proyecto, la Argentina ha sabido negociar para escoger el mejor tipo de financiamiento dentro del contexto mundial donde aconteció el evento. Todo conduce a predecir que se seguirá la misma línea para la toma de decisiones de financiamiento más conveniente.

Apostar a la energía nuclear es un desafío muy grande y afronta distintos frentes, pero permite una oportunidad de transformar la matriz energética actual, obteniendo autoabastecimiento y a su vez el uso de los recursos naturales propios de Argentina, logrando producir energía limpia, rentable y sostenible que además de generar empleo reducen el impacto al medio ambiente.

Referencias Bibliográficas

- Abu-Lebdeh, T. Petrescu, F. I., Apicella, A., Petrescu, R. V., Kozaitis, S., Bucinell, R., Aversa, R. y (2016). *Environmental Protection through Nuclear Energy*. *American Journal of Applied Sciences*, 13 (9), 941-946. [Archivo PDF]. <https://thescipub.com/pdf/ajassp.2016.941.946.pdf>
- Accotto, A. Martínez, C. Mangas M. y Paparas R. (2016). *Finanzas públicas y política fiscal, Conceptos e interpretaciones desde una visión argentina*. Ediciones UNGS.
- Alianza de Energía y Clima de las Américas [ECPA] (consultado en 2022). *Combustibles fósiles más limpios*. <https://ecpamericas.org/es/areas-tematicas/combustibles-fosiles-mas-limpios/>
- Almagro, J. C., Perazzo, R. y Sidelnik, J. (2017). *Crónica de una reparación (im)posible. El incidente de 1988 de la C. N. Atucha I*. Edición para la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. [Archivo PDF]. <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/LibrosDigitales/Cronica-e-una-reparacion-im-posible-Libro.pdf>
- Aquae Fundación (2022). *Ventajas y desventajas de la energía solar*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/energia-solar-ventajas-desventajas/>
- Antúñez, J. L. (20 de marzo 2017). *En el segundo semestre vamos a comenzar Atucha III*. Entrevista realizada por Krakoviak Fernando Revista APIE. <http://apie.com.ar/?p=174>
- Arceo, N. Bersten, L. y Wainer, A. (2022). *La evolución del sector de hidrocarburos. Potencialidades de la matriz energética argentina*. [Archivo PDF]. https://iade.org.ar/system/files/fundar-la-evolucion-del-sector-hidrocarburos_0.pdf
- Asociación Empresarial Eólica (2015). *Informe de índices de siniestralidad del sector eólico (Período 2007-2015)*. [Archivo PDF]. https://aeeolica.org/wp-content/uploads/2016/05/INF_SINIESTRALIDAD_6_web_DEF.pdf
- Autoridad Regulatoria Nuclear [ARN] (1995). *Ciclo de combustible Nuclear*. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/arn-anexo4b-1995.pdf>

- Autoridad Regulatoria Nuclear [ARN] (consultada en 2022). *Normas Regulatorias*. <https://www.argentina.gob.ar/arn/instalaciones-practicas-y-personal-regulado/marco-regulatorio/normas>
- Autoridad Regulatoria Nuclear [ARN] (consultada en 2022). *Ley Nacional de la Actividad Nuclear*. <https://www.argentina.gob.ar/arn/institucional/ley-nacional-de-la-actividad-nuclear>
- Avramow, M (30 de diciembre 2022). Ante una sequía que no termina, el sector hidroeléctrico es uno de los más golpeados. *Energía Online*. <https://energiaonline.com.ar/ante-una-sequia-que-no-termina-el-sector-hidroelectrico-es-uno-de-los-mas-golpeados/>
- Banco de desarrollo de América Latina (08 de marzo 2010). *USD 240 millones para sector energético argentino*. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2010/03/usd-240-millones-para-sector-energetico-argentino/>
- Banco mundial (Consultado en 2022). *Crecimiento del PIB (% anual) Argentina*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2021&locations=AR&start=1961&view=chart>
- Baptista, L Fernandez Collado, C. y Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación*. México. Ed. McGraw – Hill.
- Basualdo E., Manzanelli P. (2017). La deuda externa de Macri en perspectiva histórica. *Sistema Nacional de Repositorios Digitales*. https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/CONICETDig_e48b29cad0a6d785c06d55f434cc04b
- Belenguer, S. y Boronat Ombuena, G. (2006). *BSC: un modelo para optimizar la gestión del sector público*. Experiencia práctica. Estrategia financiera, 233, 60-67.
- Benito, G. (2021). *Argentina está en condiciones de crear una versión productiva del CAREM para exportar*. Entrevistado por: Borrilli, F. Revista Energía Online. <https://energiaonline.com.ar/argentina-esta-en-condiciones-de-crear-una-version-productiva-del-carem-para-exportar/>
- Bennett L. (1987). Programas de energía nucleoelectrica en los países en desarrollo: Promoción y financiamiento. *Boletín 4/1987 OIEA*. https://www.iaea.org/sites/default/files/29404783740_es.pdf

- Birol, F. (diciembre 2022). *La energía nuclear en el contexto de la crisis climática y energética*. <https://www.iaea.org/es/bulletin/la-energia-nuclear-en-el-contexto-de-las-crisis-climatica-y-energetica>
- Blanco, J. C. (6 de julio 2013). Catástrofe en Piper Alpha. *Diario El país*. <https://blogs.elpais.com/fondo-de-armario/2013/07/incendio-plataforma-petrolifera-piper-alpha.html>
- Bonet, P. (05 de junio 1989). Dos trenes soviéticos, destruidos al estallar un gasoducto. *Diario El país*. https://elpais.com/diario/1989/06/05/internacional/613000814_850215.html
- British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy Statistics 2021*. [Archivo PDF]. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- Calabrese, C. (1997). *Sobre política nuclear (un poco de historia, significados y propuestas)*. [Archivo PDF]. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/10261/1/sobre-politica-nuclear-poco.pdf>
- Cárdenas, G. J. (2011). Matriz Energética Argentina Situación actual y posibilidades de diversificación. *Bolsa de Comercio de Rosario*, 32–36. <https://www.bcr.com.ar/%20es/sobre-bcr/revista-institucional/noticias-revista-institucional/matriz-energetica-argentina>
- Cárdenas, Z. H. y Muller Rodriguez, R. (2013). Secuestro de dióxido de carbono. ¿Ventaja estratégica para la producción de energía carboeléctrica? *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, México (pág.3). https://www.revistacts.net/wp-content/uploads/2013/03/Cardenas_EDITADO.pdf
- Carr, E.H. (2004) *La Crisis de los Veinte Años*. Madrid-Los libros de la Catarata.
- Castiñeira, S. (22 de diciembre 2022). Argentina apuesta a la energía nuclear con la reactivación de la planta de agua pesada. *Nota al pie*. <https://www.notaalpie.com.ar/2022/12/22/argentina-apuesta-a-la-energia-nuclear-con-la-reactivacion-de-la-planta-de-agua-pesada/>

- Chong, L. (2013). *After Fukushima: China's Nuclear Safety*. Survival, 55(3), 115-128.
- Centro Argentino de Ingenieros (septiembre del 2016). *Reactores Nucleares para el mundo*. [Archivo PDF] <https://www.cai.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/CAI1121.pdf>
- CERSA (consultada en 2022). *La presa mas grande del mundo*. <https://cersa.org.pe/capacitaciones/?q=content/blog/la-presa-mas-grande-del-mundo#:~:text=All%C3%AD%20el%20r%C3%ADo%20corta%20unas,la%20presa%20dur%C3%B3%2017%20a%C3%B1os>
- Cohanoff, C. Contreras, S. Garrido, S. y Waiter, A. (2019). Transiciones energéticas sustentables e inclusivas en el contexto latinoamericano. Mesas Temáticas ESOCITE-LALICS 2020.
- Comisión Nacional de Energía [CNE] (marzo 2020). *Informe de costos de tecnologías de generación*. [Archivo PDF]. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2020/03/ICTG-Marzo-2020.pdf>
- Comisión Nacional de Energía Atómica [CNEA] (2011). *Memoria y Balance 2011*. <https://www.cnea.gob.ar/es/wp-content/uploads/files/memo2011.pdf>
- Comisión Nacional de Energía Atómica [CNEA] (2018) *Boletín energético* 39. <https://www.cnea.gov.ar>
- Comisión Nacional de Energía Atómica [CNEA] (Julio 2015), Convocan a proveedores para la construcción de Atucha III. *Revista U238*.
- Comisión Nacional de Energía Atómica [CNEA] (1976). *Boletín* 4. <https://www.cnea.gob.ar/es/wp-content/uploads/files/Boletin4.pdf>
- Comisión Nacional de Energía Atómica [CNEA] (2022). *Reactor Multipropósito RA-10. Tecnología nacional de vanguardia para la salud, la ciencia y la industria*. <https://www.argentina.gob.ar/cnea/ra10>
- Comisión Nacional de Energía Atómica [CNEA] (consultada en 2022). *Reactor Argentino CAREM*. <https://www.argentina.gob.ar/cnea/carem/el-proyecto-carem>
- Comisión Nacional de Energía [CNE] (marzo 2020). *Informe de costos de tecnologías de generación*. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2020/03/ICTG-Marzo-2020.pdf>

- Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima [CAMMESA] (consultada en 2022). *Informe Anual 2022*. <https://cammesaweb.cammesa.com/informe-anual/>
- Consejo de Seguridad Nuclear (26 de febrero 2015). *La energía nuclear*. <https://www.csn.es/que-es-una-central-nuclear>
- Consejo de Seguridad Nuclear (2021). *Control y vigilancia radiológica de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos emitidos por centrales nucleares*. Guía de Seguridad 1.4. [Archivo PDF]. [https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2001-04%20Revisi%C3%B3n%201%20-%20Control%20y%20vigilancia%20radiol%C3%B3gica%20de%20efluentes%20radiactivos%20l%C3%ADquidos%20y%20gaseosos%20emitidos%20por%20central](https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2001-04%20Revisi%C3%B3n%201%20-%20Control%20y%20vigilancia%20radiol%C3%B3gica%20de%20efluentes%20radiactivos%20l%C3%ADquidos%20y%20gaseosos%20emitidos%20por%20centrales%20nucleares%20(Abril%202022))
- Conti, A. (2021). Cuánta energía importó el país y qué se espera para el 2021. *Más energía*. <https://mase.lmneuquen.com/millones/cuanta-energia-importo-el-pais-y-que-se-espera-el-2021-n760225>
- Correa Francisco (enero 2006). *Antecedentes y evolución de la economía ecológica*. Universidad de Medellín.
- Cousteau, J.M. (2015). Derrame de petróleo del Deepwater Horizon: 5 años de secuelas. *Ocean Futures*. <https://www.oceanfutures.org/news/blog/Derrame-de-petroleo-del-Deepwater-Horizon-5-anos-de-secuelas>
- Decreto N°302/79. Centrales Nucleares-Apruébese la construcción. 29 de febrero de 1979. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-302-1979-223803>
- Decreto N°981/2005. Nucleoeléctrica Argentina. Ratificase la modificación del estatuto. Designación del director. 18 de agosto de 2005. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-981-2005-108961>
- Decreto N°1085/2006. Central Nuclear Atucha II. Ejecución de obras. Vigencia del régimen instaurado. 23 de agosto de 2006. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-1085-2006-119165>

- Decreto N°1390/98. Apruébese la reglamentación de la Ley N°24.804. 27 de noviembre de 1998. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/50000-54999/54706/norma.htm>
- Decreto N°1540/1994. Energía Atómica. Reorganización del Ente Nacional. 30 de agosto de 1994. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-1540-1994-13030>
- De Vido J. (discurso del 23 de agosto 2006). *El plan Nuclear argentino: Presente, y futuro en construcción*. <https://www.youtube.com/watch?v=zhNBxCv3B7o>
- Dicco, R. (enero 2014). *30 aniversario de la puesta en marcha de la central nuclear Embalse*. Infraestructura para el desarrollo. Áreas de Energía y Tecnología Nuclear. OETEC. [Archivo PDF]. <https://www.oetec.org/informes/embalse.pdf>
- Dirección Nacional de Información Energética (2019). *El Balance Energético Nacional (BEN), Desde 1960 actualizado al año 2018*. http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_provinciales/2019_11_10_sintesis_balances_energeticos_2018_pub.pdf
- Dirección Nacional de Información Energética (2019). Escenarios Energéticos 2030. [Archivo PDF]. http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/planeamiento/2019-11-14_SsPE-SGE_Documento_Escenarios_Energeticos_2030_ed2019_pub.pdf
- Dirección Provincial de Estadística de la provincia de Buenos Aires (diciembre 2016). *Estudios de población de la provincia de Buenos Aires*. Año 2, Número 3, ISSN 2451-6511. [Archivo PDF]. <http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/images/Revista%20Poblacio%CC%81n%20III.pdf>
- Drimer, R. (2008). *Teoría del Financiamiento: evaluación y aportes*. [Tesis doctoral 001501/1199. Universidad de Buenos Aires].
- Drimer, R (junio 2021). *Decisiones de Inversión*. Materia de especialización en administración Financiera dictada en la Facultad de Ciencias Económicas Universidad de Buenos Aires.

- Drimer, R (octubre 2021). *Decisiones de Financiamiento*. Materia de especialización en administración Financiera dictada en la Facultad de Ciencias Económicas Universidad de Buenos Aires.
- Ducaroff, F. Farina, P. Rivas, D. (diciembre 2020). *Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo en el marco de la transición energética argentina*. Cippec. [Archivo PDF]. <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2021/03/199-DT-ADE-Oportunidades-y-desaf%C3%ADos-para-el-desarrollo-productivo-Druaroff-Farina-Rivas-diciembre-2020.pdf>
- Econojournal (4 de enero 2019). *La central nuclear Embalse inició su proceso de puesta en marcha*. <https://econojournal.com.ar/2019/01/la-central-nuclear-embalse-volvio-a-generar-energia/>
- Endesa Fundación (2022). *Central térmica de ciclo combinado*. <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-electricas-convencionales/central-termica-convencional-ciclo-combinado>
- Ente provincial regulador de la energía (2022). <https://epre.gov.ar/web/el-dato-que-todos-callan-la-energia-eolica-necesita-mil-veces-mas-espacio-que-la-nuclear-para-producir-lo-mismo/>
- Expo Energía (18 de mayo 2017). *Historia: Energía Hidráulica*. <https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/historia-energia-hidraulica.php?m=>
- Fernández, A. (2016). *El desastre de la presa de Banqiao y Shimantan*. <https://eadic.com/blog/entrada/el-desastre-de-la-presa-de-banqiao-y-shimantan/>
- Fernández J. R. (diciembre, 2010). Importación de tecnologías capital-intensivas en contextos periféricos: el caso de Atucha I (1964-1974). *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*. <https://oei.int/oficinas/argentina/publicaciones/revista-iberoamericana-de-ciencia-tecnologia-y-sociedad-vol-6-n-17-2>
- Fernández, R. (18 de agosto 2009). Rusia teme decenas de muertos tras el desastre en la mayor central hidroeléctrica del país. *Diario El País*. https://elpais.com/internacional/2009/08/18/actualidad/1250546413_850215.html

- Figueras, A. (2006). *Las Lecciones de la Catástrofe del Prestige*. Editorial CSIC (pág. 19).
- Fisher y Dornbusch (2020). *Macroeconomía* (décima edición). Mc Graw Hill.
- Fisher, M. (9 de diciembre 2022). *¿De qué manera la energía nuclear puede reemplazar al carbón en la transición a una energía limpia?* OIEA. <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/de-que-manera-la-energia-nuclear-puede-reemplazar-al-carbon-en-la-transicion-a-una-energia-limpia>
- Foro de la Industria Nuclear Española (24 de abril 2017). *El proyecto de fusión nuclear ITER*. <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/el-proyecto-de-fusion-nuclear-iter/>
- Foro de la Industria Nuclear Española (9 de mayo 2022). *Polonia planifica tener su primera central nuclear operativa en 2033*. <https://www.foronuclear.org/actualidad/noticias/polonia-planifica-tener-su-primera-central-nuclear-operativa-en-2033/>
- Foro de la Industria Nuclear Española (consultado en 2022). *Generación de empleo*. <https://www.foronuclear.org/valores-del-sector/generacion-de-empleo/>
- Francoeur, M. Taylor, P. Lavagne d'Ortigue, O. y Trudeau, N. (2008). *Energy Efficiency Indicators for Public Electricity Production from Fossil Fuels*. International Energy Agency (IEA). (pág. 14). <https://iea.blob.core.windows.net/assets/acaecb98-4430-4395-a4fa-d1a4d5ccb3d3/EnergyEfficiencyIndicatorsforPublicElectricityProductionfromFossilFuels.pdf>
- Fundación Ambiente y Recursos Naturales [FARN] (2014). *Estudio exploratorio sobre petróleo y gas no convencional en Latinoamérica: caso argentino*. [Archivo PDF]. <https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docelec/az2783.pdf>
- Gadano, J. (2 de diciembre 2019). *Los reactores nucleares que nunca se quisieron construir*. Entrevista realizada por Krakowiak Fernando. Página 12. <https://www.pagina12.com.ar/234125-los-reactores-nucleares-que-nunca-se-quisieron-construir>

- Gandini, N. (4 de enero 2019). La central nuclear Embalse inició su proceso de puesta en marcha. *EconoJournal*. <https://econojournal.com.ar/2019/01/la-central-nuclear-embalse-volvio-a-generar-energia/>
- Giuliani, A. Riavitz, L. Zambon, H. (2016). La matriz energética argentina y la limitación externa. *Serie economía N°5*. ISSN 1665-6152. Secretaría de Investigación, Facultad de Economía y Administración, Universidad Nacional del Comahue. <https://revele.uncoma.edu.ar/index.php/cuadernos/article/view/1089>
- Global Wind Energy Counsil (2022). *Informe mundial sobre viento 2022*. <https://gwec.net/global-wind-report-2022/>
- Gomelsky, R. (2003). *Energía y desarrollo Sostenible: posibilidades de Financiamiento de las tecnologías limpias y eficiencia Energética en el Mercosur*. Chile. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/>
- Gospodarczyk Marta M. (19 de agosto 2020). *Según datos de 2021, la energía nucleoelectrica puede ofrecer seguridad energética en medio de las crisis mundiales*. Depto de Energía Nuclear del OIEA <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/estad%C3%ADsticas-pris-energia-nuclear-2021>
- Grupo de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (2021). *Aumentar la eliminación de dióxido de carbono en aras de los objetivos climáticos*. <https://unsdg.un.org/es/un-entities/unece>
- Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2011). *Fuentes De Energía Renovables Y Mitigación Del Cambio Climático*. https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
- Hares, R. (9 de noviembre 2021). *Captura y almacenamiento de carbono en Latinoamérica*. Entrevista de Bnamericas. <https://www.bnamericas.com/es/entrevistas/captura-y-almacenamiento-de-carbono-en-latinoamerica>
- Hurtado, D. (2014). *El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006)*. Buenos Aires. Edhasa.

- Hurtado, D. (23 de junio 2018). *Argentina y el sector nuclear*. Entrevista realizada por OCIPEX. <https://ocipex.com/articulos/sectores-estrategicos/argentina-dejo-de-ser-un-ejemplo-de-pais-emergente-vital-en-el-sector-nuclear-entrevista-a-diego-hurtado>
- Hurtado, D. (21 de junio 2020). *La importancia de la Ciencia y la Tecnología*. Realizada por Sánchez, A. OCIPEX. <https://ocipex.com/grupos-de-trabajo/sectores-estrategicos/desarrollos-estrategicos-en-argentina-la-importancia-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-entrevista-a-diego-hurtado>
- Iberdrola (consultado en 2022). *¿Qué es la energía eólica, cómo se transforma en electricidad y cuáles son sus ventajas?* <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energia-eolica>
- International Energy Agency [IEA]. (agosto 2020). *Key World Energy Statistics 2020. Statistics report-August 2020*. [Archivo PDF]. http://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-outlook_20725302
- International Energy Agency [IEA]. (septiembre 2021). *Key World Energy. Statistics report-september 2021*. [Archivo PDF]. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/52f66a88-0b63-4ad2-94a5-29d36e864b82/KeyWorldEnergyStatistics2021.pdf>
- International Energy Agency [IEA]. (octubre 2021). *Net Zero by 2050 -A Roadmap for the Global Energy Sector*. [Archivo PDF]. https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf
- International Energy Agency [IEA] (2021). *Net Zero by 2050*. [Archivo PDF]. https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf
- International Energy Agency [IEA] (16 de diciembre 2022). *El consumo mundial de carbón alcanzará un nuevo máximo en 2022 a medida que la crisis energética sacuda los mercados*. <https://www.iea.org/news/the-world-s-coal-consumption-is-set-to-reach-a-new-high-in-2022-as-the-energy-crisis-shakes-markets>
- International Renewable Energy Agency [IRENA] (2020). *Perspectivas mundiales de las energías renovables: transformación energética de aquí a 2050*. [Archivo PDF].

https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_GRO_2020_findings_ES.pdf?la=en&hash=C383FC272E58FC08AF6D9F43CBC282C6C62E7930

Instituto Nacional de Estadística y Censos (consultado en 2022). *Estadísticas históricas*.

<https://www.indec.gob.ar/indec/web/Institucional-Indec-InformacionDeArchivo>

Kharecha, P. y Hansen, J. (2013). Mortalidad evitada y emisiones de gases de efecto invernadero gracias a la energía nuclear histórica y proyectada. *Reinar. Ciencia. Tecnología*.

Kharecha, P. y Hansen, J. (2013). *El carbón y el gas son mucho más dañinos que la energía nuclear. Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio*. Instituto Goddard de Estudios Espaciales.

https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/2013_kharecha_02/#:~:text=Human%2Dcaused%20climate%20change%20and,in%20order%20to%20maximize%20effectiveness.

Kirchner, C. (discurso del 30 de noviembre 2015). *Inauguración de la Planta de Enriquecimiento de Uranio en el Complejo Tecnológico Pilcaniyeu: Palabras de la presidenta de la Nación*.

<https://www.casarosada.gob.ar/informacion/archivo/29229-inauguracion-de-la-planta-de-enriquecimiento-de-uranio-en-el-complejo-tecnologico-pilcaniyeu-palabras-de-la-presidenta-de-la-nacion>

Kirchner, N. (discurso del 1 de marzo 2007). *Inauguración sesiones ordinarias del Congreso de la Nación*. <http://nestorkirchner.org/discursos/sesiones-ordinarias-congreso-2007/>

Krakowiak, F. (2 de diciembre 2019). Los reactores nucleares que nunca se quisieron construir. *Página 12*. <https://www.pagina12.com.ar/234125-los-reactores-nucleares-que-nunca-se-quisieron-construir>

Krikorian, S. Peeva, A. (18 de diciembre 2020). *La tecnología nuclear puede contribuir a la lucha contra la contaminación atmosférica*. <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/la-tecnologia-nuclear-puede-contribuir-a-la-lucha-contra-la-contaminacion-atmosferica>

- Landrein, M. (2000) *Evaluación de contratos de futuros y opciones eléctricos en Argentina*. Bolsa de Comercio de Rosario. Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercados. [Archivo PDF]. https://www.bcr.com.ar/sites/default/files/2018-10/evaluacion_de_contratos_de_futuros_y_opciones_electricos_en_argentina.pdf
- Laufer, R. (2013). *Argentina-China: New Courses for an Old Dependency*. Latin American Policy, 4(1), 123-143.
- La Voz (16 de junio 2022). *Lima creció 320% en los últimos diez años*. <https://www.diariolavozdearate.com/2022/06/16/lima-crecio-320-en-los-ultimos-diez-anos/>
- Ley N°23.696 de 1989. Ley de reforma el Estado. 17 de agosto de 1989. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-23696-98/normas-modifican>
- Ley N°23.697 de 1989. Ley de emergencia Nacional. 1 de septiembre de 1989. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/15/norma.htm>
- Ley N°24.065 de 1991. Régimen de la Energía Eléctrica. 19 de diciembre de 1991. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/464/texact.htm#:~:text=%2D%20Decl%C3%A1rase%20sujeta%20a%20privatizaci%C3%B3n%20total,regir%C3%A1n%20por%20la%20ley%2023.696>
- Ley N°24.804 de 1997. Ley Nacional de la actividad Nuclear. 2 de abril de 1997. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24804-42924>
- Ley N°25.413 de 2001. Ley de competitividad. 24 de marzo de 2001. <https://www.economia.gob.ar/digesto/leyes/ley25413.htm>
- Ley N°26.566 de 2009. Actividad Nuclear. Actividades que permitan concretar la extensión de la vida de la Central Nuclear Embalse. 25 de noviembre de 2009. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/162106>
- Ley N°25.018 de 1998. Disposiciones generales. Responsabilidad y transferencia. Programa nacional de gestión de residuos radiactivos. Financiación. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25018-1998-53767>
- Ley N°27.191 de 2015. Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación. 23 de

- septiembre de 2015. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>
- Los Andes (1 de noviembre 2017). *Por decreto, la represa hidroeléctrica Néstor Kirchner volverá a llamarse Cóndor Cliff*. <https://www.losandes.com.ar/por-decreto-la-represa-hidroelectrica-nestor-kirchner-volvera-a-llamarse-condor-cliff/>
- Maiztegui, A. (1 de agosto 2017). *Tomé a Balseiro como un modelo de organización de pensamiento y un modelo de vida también*. Entrevistado por Instituto Balseiro. <https://www.ib.edu.ar/instituto-balseiro/biografia-de-jose-antonio-balseiro/itemlist/tag/historia%20del%20instituto%20balseiro.html>
- Mariscotti, M. (2016). *El secreto atómico de Huemul. Crónica del origen de la Energía Atómica en Argentina*. Editorial Lenguaje Claro, Buenos Aires, Argentina.
- Maurtua Konstantinidis E. (3 de junio 2021). El cambio climático, un fenómeno que no se puede ignorar, aunque quisiéramos. *Revista Nodal*. <https://www.nodal.am/2021/06/el-cambio-climatico-un-fenomeno-que-no-se-puede-ignorar-aunque-quisieramos-por-enrique-maurtua-konstantinidis/>
- Miciula, I. (discurso 9-10 de mayo 2019). *Energy mix as the basic regularity of the principles of sustainable development*. Conferencia Internacional 2019 “Ciencias económicas para el Desarrollo rural”. Jelgaba, Letonia. <https://doi.org/10.22616/ESRD.2019.144>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022). *Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por sector y tipo - Año 2016/2018*. <https://datos.gob.ar/dataset/ambiente-emisiones-gases-efecto-invernadero-gei>
- Ministerio de Economía (01 de febrero 2022). *Se firmó el contrato para la construcción de la Central Nuclear Atucha III*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-firmo-el-contrato-para-la-construccion-de-la-central-nuclear-atucha-iii>
- Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Hidroelectricidad en Argentina y en el mundo*. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/hidroelectrica/hidroelectricidad-en-argentina-y-en-el-mundo>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Centrales Hidroeléctricas*
<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/hidroelectrica/centrales-hidroelectricas>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Embalse*. Nucleoeléctrica Argentina S.A.
<https://www.na-sa.com.ar/es/centrales-nucleares/embalse>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Atucha I*. Nucleoeléctrica Argentina S.A.
<https://www.na-sa.com.ar/es/centrales-nucleares/atucha-1>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Gestión de residuos radiactivos y combustibles gastados. Marco regulatorio y normativo*.
<https://www.argentina.gob.ar/cnea/Tecnologia-nuclear/pngrr/marco-regulatorio-normativo>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Reactores de Investigación*.
<https://www.argentina.gob.ar/cnea/Tecnologia-nuclear/reactores-de-investigacion>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Presentación de los proyectos del sector nuclear argentino ante 100 autoridades nacionales, provinciales, municipales, sindicales y empresariales*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/presentacion-de-los-proyectos-del-sector-nuclear-argentino-ante-100-autoridades-nacionales>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *El reactor multipropósito RA-10 producirá radioisótopos para el país y el mundo*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-reactor-multiproposito-ra-10-producira-radioisotopos-para-el-pais-y-el-mundo>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Agua pesada: un insumo estratégico para el futuro argentino*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/agua-pesada-un-insumo-estrategico-para-el-futuro-argentino>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *Reactor argentino CAREM*.
<https://www.argentina.gob.ar/cnea/carem/el-proyecto-carem>

Ministerio de Economía (consultado en 2022). *El CAREM tendrá un papel preponderante en la planificación energética hacia 2030*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-carem-tendra-un-papel-preponderante-en-la-planificacion-energetica-hacia-2030>

- Montiel, J.C. (octubre 2021). ¿Cuáles son las plantas solares más grandes del mundo? *Keeu Solar*. <https://keeui.com/2021/10/15/cuales-son-las-plantas-solares-mas-grandes-del-mundo/>
- Morales Maldonado S. (2018). *Decisión multicriterio: aplicación en la selección de alternativas de generación de energía eléctrica, de la economía ambiental a la economía ecológica*. [Tesis doctoral, Universidad Mayor De San Andrés De Bolivia]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/15291>
- Mottura, D. (10 de julio 2021). La Argentina ante el alto costo de importar el gas. *Más energía*. <https://mase.lmneuquen.com/gas/la-argentina-el-alto-costo-importar-el-gas-n822350>
- Naciones Unidas (2015). *Acuerdo de París*. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratado/acuerdo-paris-la-convencion-marco-cambio-climatico>
- Nevia M. V. (2013). *La reactivación de la industria nuclear Argentina: dimensiones internas y proyección internacional (2006 – 2011)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del centro de la provincia de Buenos Aires Facultad de ciencias humanas]. <https://www.academia.edu/>
- Nuclear Energy Agency [NEA] (2009). *The Financing of Nuclear Power Plants*. <https://www.oecd-neo.org/>
- Nucleoeléctrica Argentina S.A. [NASA] (2019). *Comunicación de progreso. Pacto Mundial. Reporte integrado de Nucleoeléctrica Argentina S.A.* [Archivo PDF]. [https://portal.na-sa.com.ar/storage/files/shares/Reporte%20Pacto%20Mundial%202019%20\(comp\).pdf](https://portal.na-sa.com.ar/storage/files/shares/Reporte%20Pacto%20Mundial%202019%20(comp).pdf)
- Nucleoeléctrica Argentina S.A. [NASA] (2021). *Plan Estratégico 2021-2030*. [Archivo PDF]. <https://www.na-sa.com.ar/storage/files/shares/resumen%20plan%20estrategico%20x.pdf>
- Nucleoeléctrica Argentina S.A. [NASA] (consultada en el 2022). *Quiénes somos*. <https://www.na->

[sa.com.ar/es/Institucional#:~:text=Somos%20una%20sociedad%20an%C3%B3nim a%20y,\(ENARSA\)%20\(1%25\).](http://sa.com.ar/es/Institucional#:~:text=Somos%20una%20sociedad%20an%C3%B3nim a%20y,(ENARSA)%20(1%25).)

Observatorio del principio 10 en América Latina y el Caribe [CEPAL]. (consultado en 2022). *21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratado/acuerdo-paris-la-convencion-marco-cambio-climatico>

Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (2008). *Annual report 2008*. <https://www.iaea.org/publications/reports/annual-report-2008>

Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (2008). Managing the Financial Risk Associated with the Financing of New Nuclear Power Plant Project. *Nuclear Energy Series N°NG-T-4.6*. <https://www.OIEA.org>

Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (2015). Financing of new Nuclear Power Plants. *Nuclear Energy Series N° NG-T-4.2* <https://www.OIEA.org>

Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (2017). *Informe Anual del OIEA de 2017*. [Archivo PDF]. https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/2017/gc62-3_sp.pdf

Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (2018). *Climate change and nuclear power 2018*. [Archivo PDF]. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CCNAP-2018_web.pdf

Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (2020). *La energía nucleoelectrica y la transición a una energía limpia*. Editorial OIEA. [Archivo PDF]. <https://www.iaea.org/sites/default/files/cleanenergyes.pdf>

Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (2021). *Las salvaguardias de OIEA*. <https://www.iaea.org/es/temas/las-salvaguardias-del-oiea-nociones-basicas>

Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (consultada en 2021). *Según datos de 2021, la energía nucleoelectrica puede ofrecer seguridad energética en medio de las crisis mundiales*. <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/estad%C3%ADsticas-pris-energia-nuclear-2021>

- Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (consultada en 2022). *Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica*. [Archivo PDF]. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1708S_web.pdf
- Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (consultada en 2022). *Reactores en operación y operación suspendida*. <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByRegion.aspx>
- Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (consultada en 2022). *Apagado permanente*. <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/ShutdownReactorsByCountry.aspx>
- Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA] (consultada en 2022). *Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos*. <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/joint-convention-safety-spent-fuel-management-and-safety-radioactive-waste>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] (2 de mayo 2018). *Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado*. <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- Organización Mundial del Comercio [OMC] (2010). *La situación del comercio en 2009-2010. Informe sobre el comercio mundial 2010*. [Archivo PDF]. https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/anrep_s/wtr10-1_s.pdf
- Ortúzar Greene, F. (2014). *Desmantelando el mito de las grandes represas*. <https://aida-americas.org/es/blog/desmantelando-el-mito-de-las-grandes-represas>
- Parkin, M. y Loria, E. (2010). *Teoría Microeconómica: Principios básicos y ampliaciones*. Cengage Learning Editores S.A.
- Petroperu (consultada en 2022). <https://museo.petroperu.com.pe/>
- Pozzi Sandro (6 de agosto 2017). *Hipotecas subprime: La crisis con que empezó todo*. *Diario Elpaís*. https://elpais.com/economia/2017/08/05/actualidad/1501927439_342599.html

- Proyecto de Resolución para la construcción de la Central Nuclear Atucha III. (1 de febrero 2022) [Archivo PDF].
<https://www4.hcdn.gob.ar/dependencias/dsecretaria/Periodo2023/PDF2023/TP2023/0012-D-2023.pdf>
- Ramírez, R y Zárate, D. (2016). *Matriz Energética de Costa Rica - Renovabilidad de las fuentes y reversibilidad de los usos de energía*. Friedrich Ebert Stiftung, 4, 28.
<http://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/12979.pdf>
- Resolución 36/2001 (2021). Seguridad Radiológica. Autoridad Regulatoria Nuclear.
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/71674/norma.htm>
- Represa Patagonia (consultada en 2022).
<https://represaspatagonia.com.ar/index.php/proyecto/la-obra>
- Rodríguez, M. R. (2020). *Estado, industria y desarrollo. Atucha II y la senda del programa Nuclear Argentino (1979-2014)*. Prehistoria Ediciones.
- Rodríguez, M. R. (2020). *En busca de la autonomía tecnológica. La trayectoria de la Empresa Nuclear Argentina de Centrales Eléctricas S.A., 1980-1996*. [Archivo PDF].
file:///C:/Users/elian/Downloads/En_busca_de_la_autonomia_tecnologica_La_trayectoria.pdf
- Rodríguez, M. R. (2021). Los albores del Plan Nuclear Argentino en la «era atómica». Algunos elementos de análisis (1950-1976). *Desafíos a la innovación. Intervención del Estado e industrialización en la Argentina (1930-2001)*. Editorial Teseo
- Rodríguez, M. R. (2021). El rol de las empresas privadas en la encrucijada tecnológica nuclear. Una mirada comparativa de los casos argentino y español (1950-1974). *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*.
https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/CONICETDig_71730a799de444cd7f08e0c3c9f00ced
- Rychtarcikova, P. (2022). *Accidentes en centrales hidroeléctricas*.
<https://www.sirenaselectronicas.com/accidentes-en-centrales-hidroelectricas/>

- Sacchetta, F.A. (2020). *Política Nuclear Argentina entre 2003 y 2015: Recuperación del sector nuclear con desarrollo de industria nacional que reduce el impacto en la restricción externa*. Buenos Aires. [Tesis de maestría, Universidad de Buenos Aires]. http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tpos/1502-1608_SacchettaFA.pdf
- Sanchez Huerta, D. (2020). *Análisis FODA o Dafo*. Ediciones Bubok Publishing S.L.
- Sapag Chain J, Sapag Chain R. (1991). *Preparación y evaluación de proyectos*. Mc Graw Hill
- Sautú, R. (2005). *Manual de metodología; construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales – CLACSO.
- Secretaría de Gobierno de Energía (2019). *Balance de Gestión en Energía 2016- 2019*. [Archivo PDF]. https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis_balance/2019-12-09_Balance_de_Gestion_en_Energia_2016-2019_final_y_anexo_pub_.pdf
- Secretaría de Gobierno de Energía-Dirección de estadísticas energéticas (2019). *Balance Energético Nacional 2019*. <https://www.energia.gov.ar>
- Secretaría de Gobierno de Energía-Dirección de estadísticas energéticas (2019) *Escenarios Enérgéticos 2030*. <https://www.energia.gov.ar>
- Serquis, A. (26 de octubre 2022). *Conferencia Ministerial Internacional sobre Energía Nuclear en el Siglo XXI*. Quinta edición del evento organizado por el OIEA, Estados Unidos. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-carem-y-su-cadena-de-valor-en-la-conferencia-ministerial-internacional-sobre-energia>
- Shellenberger, M (2017). Los siete secretos para una energía nuclear barata. *Boletín del Organismo Internacional de Energía Atómica 2017*. [Archivo PDF]. <https://www.iaea.org/sites/default/files/5842021es.pdf>
- Sputnik Mundo (31 de mayo 2018). *Estas son las peores catástrofes ocurridas por roturas de represas*. <https://sputniknews.lat/20180531/represas-roturas-tragedias-catastrofes-1079195943.html>

- Statman, M. (2006). Socially responsible indexes. *The Journal of Portfolio Management*, 32(3), 100–109.
- Stehr Gesche, A. (2010). *Efectos del represamiento de ríos en países de América Latina y el Caribe sobre la biodiversidad, el agua, la alimentación y la energía*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [Archivo PDF]. https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion_sra_alejandra_stehr.pdf
- Structuralia (31 de mayo 2021). *Cómo se realiza el transporte del gas natural*. <https://blog.structuralia.com/el-transporte-del-gas-natural>
- Suarez, E. (2014). La madrugada del vertido. Exxon Valdez. *El mundo*. https://www.elmundo.es/especiales/2014/ciencia/exxon_valdez/alaska/
- Unión de Naciones Suramericanas. [COSIPLAN] (25 de agosto 2017). *Ficha del proyecto Central Nuclear De Atucha 2*. http://www.cosiplan.org/proyectos/detalle_proyecto.aspx?h=983
- Unión de Naciones Suramericanas. [COSIPLAN] (25 de agosto 2017). *Ficha del proyecto Repotenciación Central Nuclear Embalse*. http://www.iirsa.org/proyectos/detalle_proyecto.aspx?h=1309
- United Nations Environment Programme [UNEP] (2018). *The Emissions Gap Report 2018*. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2018>
- Tapia, G (abril 2022). *Planeamiento y Control Financiero*. Materia de maestría en Finanzas. dictada en la Facultad de Ciencias Económicas Universidad de Buenos Aires.
- Tapia, G (2022). *Rentabilidad, Utilidad y Valor*. [Archivo PDF]. https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/fe/material_de_estudio/material/Rentabilidad%20utilidad%20y%20valor.pdf
- Tiempo al Tiempo (8 de mayo 2013). *Hidroelectrica Compania De Luz Appleton Edison – 1882*. https://tiempooaltiempo.blogspot.com/2013/05/hidroelectrica-compania-de-luz-appleton_8.html
- Van Doren, P. (2021). Los costos de la energía nuclear. *Cato At Liberty (EE.UU.)* <https://www.elcato.org/los-costos-de-la-energia-nuclear>

- Varonas, N. (2019). Teoria del Pico de Hubbert (el fin del petroleo). *Revista digital Neoteo*.
<https://www.neoteo.com/teoria-del-pico-de-hubbert-el-fin-del-petroleo/>
- Woite, G. (1997). Las inversiones para la construcción de centrales nucleoelectricas. *Boletín del Organismo Internacional de Energía Atómica*. Vol:20, N°1. [Archivo PDF]. https://www.iaea.org/sites/default/files/20104781123_es.pdf
- Wood, D. J. (1991). Corporate Social Performance Revisited. *The Academy of Management Review*, 16(4), 691-718.
- Zabaloy, M. F. (2020). *Políticas Públicas de Eficiencia Energética en el Sector Residencial Argentino: el rol de las condiciones de borde y habilitantes*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur].
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5123>
- Zappino, J.R. (2022). Empresas públicas y mixtas, tecnología y desarrollo III. Trabajo, tecnología y ciencia argentina: el caso Nucleoelectrica Argentina S.A. Parte 1. *Cuadernos del INAP*, ISSN 2683-9644. 84 [Archivo PDF].
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cuinap_84.pdf
- Zappino J.R. (2022). Empresas Públicas y Privadas, tecnología y desarrollo: el rol del sector industrial en el complejo nuclear argentino. *Cuadernos del INAP*, ISSN 2683-9644. 104 [Archivo PDF]. [file:///C:/Users/elian/Downloads/327-Texto%20del%20art%C3%ADculo-958-1-10-20221114%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/elian/Downloads/327-Texto%20del%20art%C3%ADculo-958-1-10-20221114%20(5).pdf)

Anexo I

Fuentes De Energía

Carbón: Al carbón siempre se lo ha vinculado con el desarrollo industrial. Hasta mediados del siglo XX tuvo un rol protagónico en producción de energía, luego el petróleo le quitó preponderancia en ese aspecto.

Desde el punto de vista del mineral propiamente dicho, se dispone de suficientes reservas de carbón alrededor de todo el mundo, lo que le otorga una ventaja por sobre el petróleo. Según el informe *Statistical Review of World Energy 2021*¹¹⁸ existen reservas comprobadas globales para satisfacer 139 años.

Respecto a los precios del carbón¹¹⁹ se mantuvieron relativamente estables desde mediados de 1985 hasta aproximadamente el año 2002 cuando comenzaron a subir en los distintos mercados hasta lograr el pico máximo en el año 2008, coincidente con los precios máximos alcanzados por el petróleo. Otra característica a favor del carbón es que es el combustible primario más económico y sencillo de extraer posicionándolo por encima de todos sus competidores (Cárdenas Horacio y, Muller Rodriguez, 2013, pág.3).

Más allá de los puntos positivos que hemos mencionado, el carbón posee varios puntos negativos, el principal es la emisión de CO₂ que genera y otros gases de efecto invernadero. En la actualidad la industria carbonífera se encuentra dentro de las más contaminantes (Keisuke Sadamori, 2022).

Estas emisiones forman parte de los gases que producen efecto invernadero, incluidas en la lista del Protocolo de Kyoto¹²⁰.

La mayoría de los países poseen plantas generadoras antiguas por lo que la eficiencia de las mismas es bastante limitada. Los nuevos generadores son más eficientes por lo que necesitan menos carbón para generar la misma cantidad de energía, es decir, emiten menos gases tóxicos para producirla. Pero las nuevas plantas son muy costosas, por lo cual

¹¹⁸BRITISH PETROLEUM “BP Statistical Review of World Energy Statistics 2021”. El informe completo se puede encontrar en: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

¹¹⁹https://data.nasdaq.com/data/BP/COAL_PRICES-coal-prices

¹²⁰Para más información: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

los países en vías de desarrollo se encuentran con una limitación importante a la hora de construirlas.

Entre las nuevas plantas encontramos las carboeléctricas con ciclos de vapor Supercríticos y Ultra-Supercríticos. Esta tecnología consiste en el paso del agua al vapor sobrecalentado a grandes presiones sin la necesidad de hervir el agua. Otro de los nuevos desarrollos es la que se realiza en un ciclo combinado en donde el carbón es convertido en gas para ser utilizado como combustible por medio de gasificación integrada¹²¹.

De todas maneras, pese a la mejora en la eficiencia y la baja en los valores de emisión de gases, estos siguen siendo altos y poco tolerables para las legislaciones vigentes tendientes a bajar la producción de CO₂. Lamentablemente la tecnología no finaliza con la captura del carbono. Este además debe ser transportado y almacenado, lo cual incrementa los anteriores costos. En este sentido, este proceso presenta varios inconvenientes todavía sin resolver. En primer lugar, adecuar las legislaciones para reducir al máximo cualquier tipo de pérdida de CO₂ capturado. Y el otro tema a resolver es el de almacenaje. Es decir, dónde almacenar estos elementos tóxicos, que comparados con los nucleares son muchísimo más voluminosos.

Por otro lado, existe otro tema sumamente importante, la cantidad de muertos que provoca esta industria, desde su extracción del mineral hasta el quemado del combustible. Esta explotación no sólo afecta a las personas que trabajan con el material, sino provoca efectos nocivos en las poblaciones cercanas y en el medioambiente.

Así y todo, con varios problemas por resolver, no es la fuente de energía más cuestionada. Mundialmente se está invirtiendo cada vez más en investigación y desarrollo de esta temática, ya que la gran cantidad de reservas del mineral y los costos actuales de construcción de plantas de generación las convierten en una opción conveniente, por lo menos temporalmente, para muchos países.

Petróleo: Si bien el petróleo tuvo variadas funciones a lo largo de la historia (tales como: iluminación, betún para embalsamar, entre otros)¹²² su mayor protagonismo lo

¹²¹En el Capítulo 6 del presente documento se realiza una comparación económica financiera entre un Ciclo combinado de última generación (como el que se menciona aquí) y la extensión de vida de una central nuclear.

¹²²Puede encontrarse más información en: <https://museo.petroperu.com.pe/historia-del-petroleo/>

adquirió a finales del siglo XIX hasta convertirse en la fuente de energía más importante de la actualidad. El gran problema del petróleo radica en la enorme demanda que posee, pero al ser un recurso energético no renovable presenta un límite temporal. En este sentido, su futura escasez conllevará a una escalada en su valor.

El petróleo no sólo es la principal fuente de energía en la matriz mundial, sino que además a partir de este elemento se logra obtener una gran cantidad de subproductos que están muy incorporados en la vida cotidiana de la sociedad moderna (plásticos, detergentes, abonos, fibras textiles, acrílicos, pinturas, entre otros)¹²³.

Por ser esta materia prima tan preciada y por lo tanto estratégica, se produjeron grandes conflictos a lo largo de la historia en todo el mundo.

Cabe destacar, que la mayoría de las empresas que trabajan en el sector petrolero pertenecen a países desarrollados, y el mercado de los recursos petroleros y gasíferos se encuentra monopolizado por una minoría¹²⁴.

Marion King Hubbert, desarrolló en 1956 un modelo matemático en el cual pronosticaba que la producción de petróleo estadounidense llegaría a su fin en 1970 y el mundial en el año 2000. Aunque los cálculos no fueron erróneos, el modelo no se cumplió en su totalidad, ya que Hubbert no tuvo en cuenta los factores políticos, los descubrimientos de nuevos pozos ni las nuevas tecnologías de extracción, que llevaron a una baja en el consumo y a un aumento en la cantidad del mineral (Nicolás Varonas, Revista digital Neoteo, 2019).

La obtención de petróleo y el gas no convencional (shale oil y shale gas)¹²⁵ amplían las reservas. Esto no es nuevo, fue tenida en cuenta por Hubbert donde detallaba que eran explotados en Estados Unidos, aunque en menores cantidades comparado con el convencional.

¹²³ Puede encontrarse más información en: <https://museo.petroperu.com.pe/usos-del-petroleo/>

¹²⁴ Basado en distintos reportes tales como: <https://miningpress.com/nota/352521/top-twenty-las-petroleras-mas-grandes-del-mundo>
<https://economipedia.com/definiciones/empresas/empresas-de-petroleo-y-combustibles-mas-grandes-del-mundo-2018.html>

¹²⁵ Se puede profundizar sobre la temática de petróleo y gas no convencional en: https://www.iade.org.ar/system/files/articulo_lasalle_a.pdf

La limitación es que se deben tener en cuenta diversas variables. Por un lado, la extracción del petróleo no convencional es extremadamente más costosa. Por otro lado, la mayoría de las reservas son estimadas, por lo que se requiere un trabajo para comprobarlas.

Otra limitación es que sólo las grandes petroleras disponen de la tecnología para la exploración, extracción y refinado de los reservorios no convencionales. Esto genera un monopolio y dependencia.

Y, por último, respecto a las limitaciones, uno de los procedimientos principales para obtener el mineral es el llamado Fracking¹²⁶. Este procedimiento ha generado grandes cuestionamientos respecto de los impactos ambientales. En este sentido, hablamos de sismos inducidos por el desplazamiento de fallas cercanas a los pozos; contaminación del agua subterránea y posiblemente de las fuentes de agua para consumo humano con gases naturales y otras sustancias químicas; emisiones a la atmósfera de componentes volátiles tales como CO₂ y metano, fuga de lodos de perforación y otros efluentes de las piletas de contención que pudieran afectar recursos hídricos superficiales (Fundación Ambiente y Recursos Naturales [FARN], 2014, pág. 47)¹²⁷.

Más allá de las cuestiones relacionadas a las reservas existentes, el petróleo se convirtió en un producto con demanda inelástica. Es decir, aunque el valor aumente la variación en la demanda es mínima, manteniendo la tendencia alcista de los precios y dificultando lograr el auto-equilibrio del mercado¹²⁸.

Las fluctuaciones de precio del mineral han influido enormemente en las políticas económicas y por ende energéticas. Pero, las sucesivas crisis han demostrado que el petróleo pudo ser reemplazado por otras fuentes más estables tales como el gas, el carbón, la energía hidroeléctrica y la energía nuclear.

Cabe destacar que, de los derivados del petróleo como fuente de energía, se ubica principalmente el carbón en su reemplazo. En este sentido, debido a sus semejanzas en cuanto a tiempo de construcción, simpleza técnica y de operación, accesibilidad y

¹²⁶Durante este proceso son generadas fracturas artificiales en la roca mediante la inyección de fluidos a alta presión. Esta red de pequeñas fracturas interconectadas posibilita formar una porosidad y permeabilidad artificial en la roca para que los hidrocarburos fluyan por el pozo hacia la superficie. Para más información: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/es-fracking-0>

¹²⁷Para más información: <http://cdi.mecon.gov.ar/bases/docelec/az2783.pdf>

¹²⁸Parkin, M y Loria, E, (2010) Microeconomía. Teoría Microeconómica: Principios Básicos y Ampliaciones. Cengage Learning Editores S.A.

disponibilidad de la fuente. Pero acarrea todos los aspectos negativos que se expusieron en el inciso anterior, entre ellos: se requieren grandes cantidades del mineral y con costos que fluctúan rápidamente como se pudo explicar previamente.

Es decir, el gran problema en esta tecnología son los altos costos de operación a causa del combustible. El bajo costo comparativo de construcción de la central eléctrica se contrapone a los costos requeridos por la constante demanda de combustible, a su vez menos rentable que los fósiles y más fluctuante. En este contexto, el bajo capital inicial se incrementa con el alto costo de operación.

Esto es un gran inconveniente sobre todo para los países importadores de petróleo (como en nuestro caso), que dependen del suministro constante del petróleo para poder mantener las usinas en funcionamiento y así lograr abastecer la demanda eléctrica.

Las centrales termoeléctricas abastecidas por derivados del petróleo (light fuel oil o heavy fuel oil) poseen una tasa de eficiencia a nivel global del 36-37%. Es decir, una eficiencia apenas superior a las tradicionales plantas de carbón y un poco menor a las de nueva generación. Según el informe *Energy Efficiency Indicators for Public Electricity Production from Fossil Fuels*¹²⁹ publicado en el año 2008 por la IAE, el promedio de eficiencia de las centrales termoeléctricas de fuel oil en los países que forman parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE)¹³⁰ es de 37% (en el período 2001-2005). En los países que no forman parte de la OCDE el promedio de eficiencia es similar con un 36%.

Reemplazar el petróleo es complejo, ya que cumple un rol fundamental en varios sectores. El transporte es el principal consumidor de los derivados del petróleo, porcentaje que aumenta con el paso del tiempo. Como podemos observar en las Figuras 41 y 42, según el *World Energy Statistic Key de 2021* en el año 2019 el 65,3% del petróleo se destinó al transporte, contra el 44,7% del año 1973.

¹²⁹Dicha información fue extraída de la pág. 14 del mencionado documento. El mismo se puede encontrar completo en: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-for-public-electricity-production-from-fossil-fuels>

¹³⁰Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es una organización internacional cuya misión es diseñar mejores políticas para una vida mejor. Para ampliar información: <https://www.oecd.org/acerca/#:~:text=Qui%C3%A9nes%20somos,bienestar%20para%20todas%20las%20personas>.

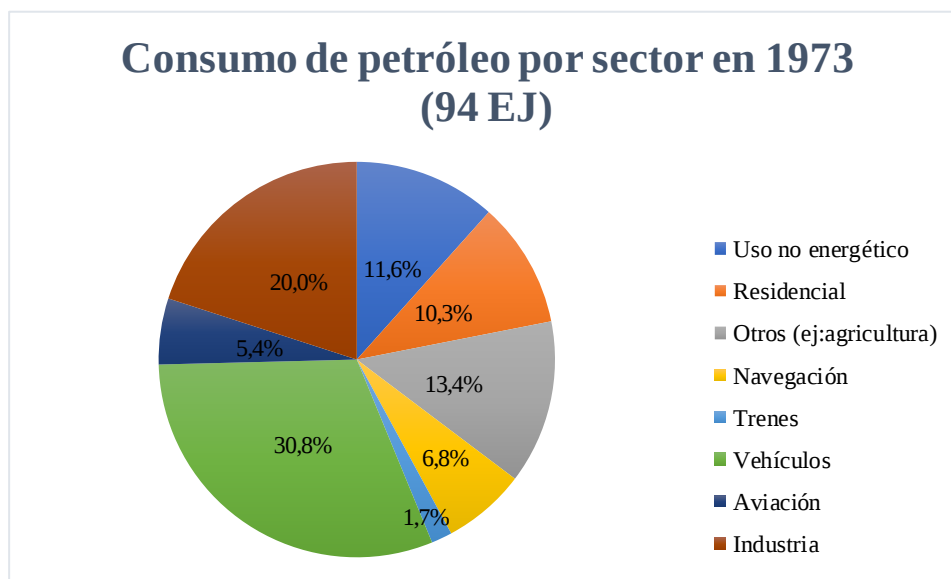


Figura 41: Consumo de petróleo por sector en 1973

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de World Energy Statistic Key de 2021

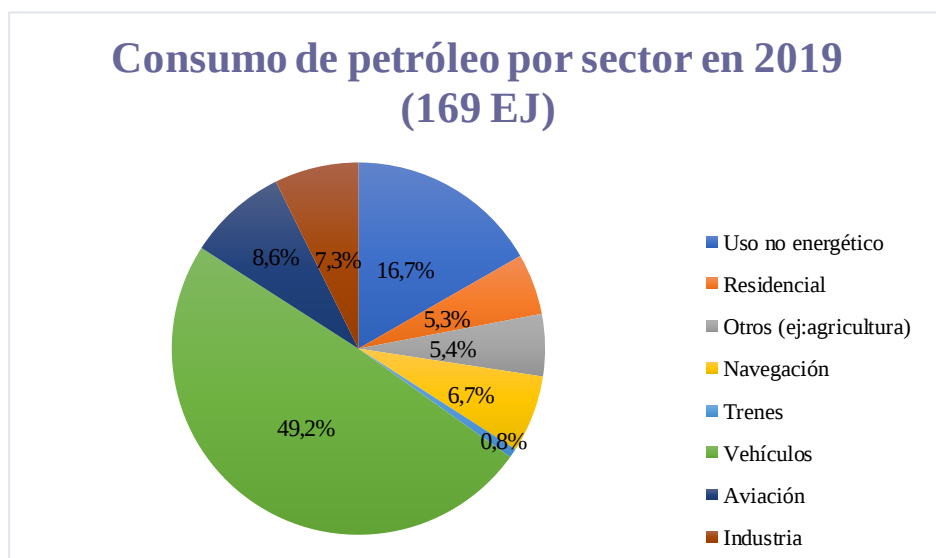


Figura 42: Consumo de petróleo por sector en 2019

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de World Energy Statistic Key de 2021

No hay que perder de vista el tema contaminación. Si bien la contaminación que provoca el petróleo y sus derivados no llega a los niveles de contaminación del carbón, a los fines de generación eléctrica no es una fuente de energía limpia. Luego del carbón, el petróleo es la fuente más contaminante emitiendo gran cantidad de gases de efecto

invernadero. Según el *World Energy Statistic Key de 2021* (pág. 54) en el año 2019 el porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero a partir de quema de combustible provino en un 44% del carbón y de 33,7% del petróleo.

Respecto a la investigación y desarrollo de la industria petrolera se invierte numerosos millones de dólares en esta temática a nivel mundial. Cabe aclarar que abarcan todo el ciclo, es decir, desde la exploración hasta la mejora en la eficiencia y buenas prácticas en la venta de los productos finales.

Los principales puntos de investigación están destinados a la búsqueda de nuevas metodologías y tecnologías de extracción y por otro lado están relacionados al impacto ecológico de la industria, el cual comprende todo el proceso del petróleo. En relación con lo último mencionado, una de las facetas vinculadas al impacto ecológico es coincidente con el carbón. Es decir, la aplicación de la tecnología de captura y almacenamiento del CO₂ (CCS) en las centrales termoeléctricas de fuel oil, cuya finalidad y metodología es igual a las carboeléctricas.

En este contexto, la industria petrolera ha sufrido grandes cuestionamientos a nivel ecológico en todo su proceso (extracción, transporte, almacenamiento) debido a derrames causado por pozos marítimos o terrestres, como así también por accidentes de buques u oleoductos. Siendo los accidentes de alto impacto y trascendencia mediática los ocurridos en el año 1988 en Alaska por el buque Exxon Valdez¹³¹ y en el año 2002 por el buque Prestige.

Las plataformas petroleras también suman a los desastres ecológicos. Como los casos del accidente de Piper Alpha en 1988¹³² y el más reciente e importante de la historia el accidente Deepwater Horizon en 2010¹³³, tuvieron costos en vidas y ecológicos altísimos.

¹³¹Testimonios e información acerca del accidente que tuvo lugar en Alaska por el buque Exxon Valdez se pueden encontrar en diversos informes periodísticos, como, por ejemplo: https://www.elmundo.es/especiales/2014/ciencia/exxon_valdez/alaska/

¹³²Piper Alpha fue una plataforma petrolífera ubicada en el mar del Norte, propiedad de Occidental Petroleum Corporation (OPCAL). El 6 de julio de 1988 una serie de explosiones destruyeron completamente la plataforma, provocando 167 muertes y un importante derrame de petróleo. Puede encontrarse más información en: <https://blogs.elpais.com/fondo-de-armario/2013/07/incendio-plataforma-petrolifera-piper-alpha.html>

¹³³Deepwater Horizon fue una plataforma petrolífera semisumergible, construida en 2001 y situada en el golfo de México, compartido por Estados Unidos, Cuba y México. Se hundió el 22 de abril de 2010 como resultado de una explosión, provocando el vertido de petróleo más importante de la historia, estimado en 779 000

Como hemos visto, el proceso del ciclo del petróleo es sumamente riesgoso y por tanto no está libre de accidentes. Esto ha obligado a la industria a un continuo mejoramiento en las buenas prácticas, tecnologías y regulaciones.

En la actualidad, las grandes compañías vinculadas con la industria petrolera, como ser Industrias Metalúrgicas Pescarmona S.A.I.C. (IMPISA)¹³⁴, invierten también en investigación y desarrollo en proyectos de energía hidroeléctrica, solar, eólica y nuclear. Esto demuestra que la poderosa industria petrolera tiene un gran trabajo a nivel de inteligencia estratégica. Es decir, busca seguir manteniendo su posición dominante para poder adaptarse a los nuevos escenarios cuando decaiga la producción de hidrocarburos.

O tal es el caso de la vinculación de Yacimiento Petrolíferos Fiscales (YPF)¹³⁵ con el Litio y el Hidrogeno, a través de Yacimiento Petrolíferos Fiscales Tecnología (Y-TEC S.A.)¹³⁶.

De igual modo, las compañías invierten importantes sumas de dinero en el desarrollo de los biocombustibles como posible reemplazo de los actuales, para seguir teniendo un rol protagónico en el futuro.

Como hemos notado, la industria petrolera y sus derivados buscará mantenerse en una posición dominante a muy largo plazo en materia energética. Es decir, actualmente en rol de proveedora de materia prima y en el futuro, como poseedora y explotadora de los conocimientos referidos a las tecnologías renovables y/o biocombustibles.

Gas: El gas es la fuente fósil más limpia¹³⁷, se encuentra íntimamente relacionada con el petróleo. Es por eso que la gran mayoría de las empresas petroleras también poseen el dominio del ciclo del gas.

toneladas de petróleo crudo y provocando 167 muertos. Puede encontrarse más información en: <https://www.oceanfutures.org/news/blog/Derrame-de-petroleo-del-Deepwater-Horizon-5-anos-de-secuelas>

¹³⁴Industrias Metalúrgicas Pescarmona S.A.I.C. (IMPISA) es una empresa industrial de soluciones integrales para la generación de energía. Fue fundada como Talleres Metalúrgicos en 1907 en Mendoza, Argentina. Para más información: <https://www.impisa.com/quienes-somos/impisa/historia/#:~:text=Se%20adopta%20la%20denominaci%C3%B3n%20IMPISA,de%20acero%20y%20equipos%20electromec%C3%A1nicos>.

¹³⁵Yacimientos Petrolíferos Fiscales, S. A. (YPF S.A.) es una empresa argentina de energía fundada en 1922, dedicada a la exploración, explotación, destilación, distribución y producción de energía eléctrica, gas, petróleo y derivados de los hidrocarburos y venta de combustibles, lubricantes, fertilizantes, plásticos y otros. Para más información: <https://www.ypf.com/Paginas/home.aspx>

¹³⁶A fines del 2012 se crea Y-TEC S.A. (YPF Tecnología S.A.) es una empresa argentina de desarrollo tecnológico en el sector de petróleo y gas. Es propiedad de YPF y CONICET. Para más información: <https://y-tec.com.ar/>

Al ser una fuente fósil tiene reservas limitadas. Según el reporte *Statistical Review of World Energy 2021* se estima que hay reservas de gas para 49 años más.

Cabe además aclarar, que el shale gas no está completamente explotado, existen varias reservas no comprobadas en todo el mundo pendientes de exploración y posible explotación.

De todas maneras, como todas las fuentes no renovables, su principal limitación está dada por la temporalidad de sus reservas lo que conlleva a inestabilidad de precios y de consumo. Y a nivel global, la producción y consumo de gas natural aumenta año tras año.

En base a los valores del informe *Statistical Review of World Energy 2021*, el consumo de gas aumentó a un promedio de 2,9% interanualmente mientras que la producción un 3,1%. Pero, cabe aclarar que el gas aumentó su participación en la matriz energética global. En este sentido, en el año 1973 la participación del gas en la matriz energética era de un 16,1% mientras que en el año 2019 representó un 23,2%.

Como mencionamos anteriormente, la extracción del gas está relacionada a la explotación petrolera, es por eso que en los casos en los que se realizan tareas para la exploración y explotación de ambos, los costos son rentables. Lo mismo ocurre con la tecnología utilizada. Y el precio del gas evidencia un comportamiento similar al petróleo.

El gas, además de ser menos contaminante posee características que lo destacan por sobre sus competidores fósiles. Por un lado, el procesamiento del gas una vez que se extrae casi no requiere refinamiento, es decir se evita un paso dentro del ciclo de los combustibles, lo que abarata el producto final, a diferencia de sus principales competidores. Por otro lado, es fácil de transportar. Es decir, a través de gasoductos, por camiones o por buques que lo transportan ludificado¹³⁸.

Como podemos observar, el gas es una fuente de energía con muchos puntos a favor. Y, al igual que el petróleo, se utiliza en una gran cantidad de sectores como ser el industrial, el residencial, comercial, la generación de energía y el transporte (con el uso de

¹³⁷Según Alianza de Energía y Clima de las Américas (ECPA). Para más información: <https://ecpamericas.org/es/areas-tematicas/combustibles-fosiles-mas-limpios/>

¹³⁸<https://blog.structuralia.com/el-transporte-del-gas-natural>

GNC)¹³⁹. Respecto a la utilización del gas en el transporte, es decir la utilización del GNC en los motores de combustión interna tienen a favor la baja cantidad de emisiones.

Así y todo, el uso de este combustible ha tenido un alto crecimiento a nivel mundial, pero en comparación con los combustibles derivados del petróleo no posee una gran representatividad. Podría ayudar a que esto suceda con la intervención de los estados, diseñando políticas públicas fomentando el cambio como se hace en algunos países con las energías renovables.

Las grandes inversiones en investigación y el desarrollo de la tecnología gasífera van de la mano con las del petróleo. Tal es el caso de la tecnología para las centrales termoeléctricas, de manera de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero como se detalló en el inciso anterior.

Lo mismo con la tecnología de captura y secuestro de carbono (CCS). Se quiere que, en las centrales termoeléctricas gasíferas, las cuales además de emitir menos, posteriormente el carbono capturado se pueda comercializar a la industria petrolera¹⁴⁰.

Respecto de los accidentes con relación al gas natural como al gas licuado, representan el menor riesgo entre los combustibles fósiles y no poseen el impacto ecológico que presenta el petróleo. La mayoría de los accidentes ocurren durante la extracción y el transporte del gas. Y es una amenaza a la vida y en menor medida al medio ambiente. El mayor accidente ocurrió en el año 1989 en Rusia¹⁴¹ donde 800 personas perdieron la vida a raíz de una fuga en un gasoducto.

El futuro del gas es bastante más prometedor que el de las otras fuentes fósiles (carbón y petróleo). Su ventaja principal se debe a su bajo nivel contaminante y eficiencia.

Energía Hidroeléctrica: Los antiguos romanos y griegos aprovechaban ya la energía del agua utilizando ruedas hidráulicas para moler trigo. Es decir, se utilizaban los cauces de los ríos para generar a partir de su corriente la energía.

¹³⁹El gas natural comprimido (GNC), es un combustible para uso vehicular que, por ser económico y ambientalmente más limpio, es considerado una alternativa sustentable para la sustitución de combustibles líquidos. <https://gnc.org.ar/>

¹⁴⁰<https://www.bnamericas.com/es/entrevistas/captura-y-almacenamiento-de-carbono-en-latinoamerica>

¹⁴¹El accidente tuvo lugar tras producirse una fuga de gas natural en un gasoducto en estado líquido formando una nube altamente inflamable que rápidamente entró en deflagración al paso de dos trenes de pasajeros cuando las ruedas produjeron chispas cerca de la zona de la grieta. La información fue extraída de: https://elpais.com/diario/1989/06/05/internacional/613000814_850215.html

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó las industrias textiles y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible. Se utilizaban represas y canales para instalación de ruedas hidráulicas sucesivas cuando el desnivel era mayor de cinco metros¹⁴². Estas represas se usaban para riego y para generación de electricidad.

Luego, con la electricidad como fuerza motriz, se desarrollaron generadores que utilizaban agua para producirla. La primera planta hidroeléctrica con el concepto moderno de represa hidroeléctrica surgió en 1882¹⁴³.

La energía hidroeléctrica, según los registros que muestra *World Energy Statistic Key de 2021* del año 2019 aporta 16% del total de la electricidad consumida en el mundo. En comparación con los registros del año 1973, donde aportaba 21%. Sin embargo, a pesar de haber bajado el porcentaje, la entrega a la red creció, ya que en 1973 producía 1281,40 TW/h y en 2019 produjo 4228.95 TW/h.

Esto quiere decir que el crecimiento en la generación de electricidad no fue acompañado con la capacidad hidroeléctrica que se instaló. En nuestro país, la potencia instalada de energía hidroeléctrica representó en el 2016, el 33% del total de la energía eléctrica¹⁴⁴. Y según el *Informe anual del Mercado eléctrico Mayorista [CAMMESA] 2021*¹⁴⁵ la potencia instalada hidroeléctrica representa el 25,2% de la total (10.834 MW). Es decir, a nivel nacional también disminuyó la capacidad instalada con respecto a la evolución de la capacidad instalada de las demás tecnologías. En particular, como podemos observar en la Tabla 20, si comparamos la entrega a la red en Argentina en el año 2020 (cuyo valor fue 29.093 GWh) con la generación en el año 2021 (cuyo valor fue 24.116 GWh), observamos una baja de 4.970 GWh (17%). Esto es producto de los menores caudales hídricos en el año 2021 respecto al año 2020.

¹⁴²<https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/historia-energia-hidraulica.php?m=>

¹⁴³Para más información: <https://tiempooaltiempo.blogspot.com/2013/05/hidroelectrica-compania-de-luz-appleton-8.html>

¹⁴⁴Información extraída del ministerio de economía. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/hidroelectrica/hidroelectricidad-en-argentina-y-en-el-mundo>

¹⁴⁵Informe anual Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA), mayo 2022. Pág. 28

Oferta por fuente de energía en Argentina 2020 vs. 2021			
Fuente	Oferta 2020 [GWh]	Oferta 2021 [GWh]	Variación [%]
Térmica	82.336	90.074	9,4%
Hidráulica	29.093	24.116	-17,1%
Nuclear	10.011	10.170	1,6%
Renovables	12.737	17.437	36,9%
Importación	1.204	819	-32,0%
TOTAL	135.380	142.616	5,3%

Tabla 20: Entrega a la red en Argentina 2020 vs 2021

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Informe anual del Mercado eléctrico Mayorista 2021

A nivel global se estima que ha sido aprovechado solo el 30% del potencial hidroeléctrico identificado, por lo cual el sector tiene aún un potencial a explotar muy importante. Los mayores productores de hidroelectricidad del mundo, es decir: China, Estados Unidos, Brasil y Canadá, en conjunto generan más del 50% del total mundial. Cabe aclarar, que el desarrollo del potencial se ha concentrado mayormente en los países desarrollados (como Noruega, Suecia o Canadá) y tienen a la energía hidroeléctrica como la fuente que provee la mayor parte de su electricidad¹⁴⁶.

Las Figuras 43 y 44 nos muestran la participación en la generación mundial de electricidad por fuentes en 1973 y en 2019 respectivamente:

¹⁴⁶Información extraída del Ministerio de Economía. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/hidroelectrica/hidroelectricidad-en-argentina-y-en-el-mundo>

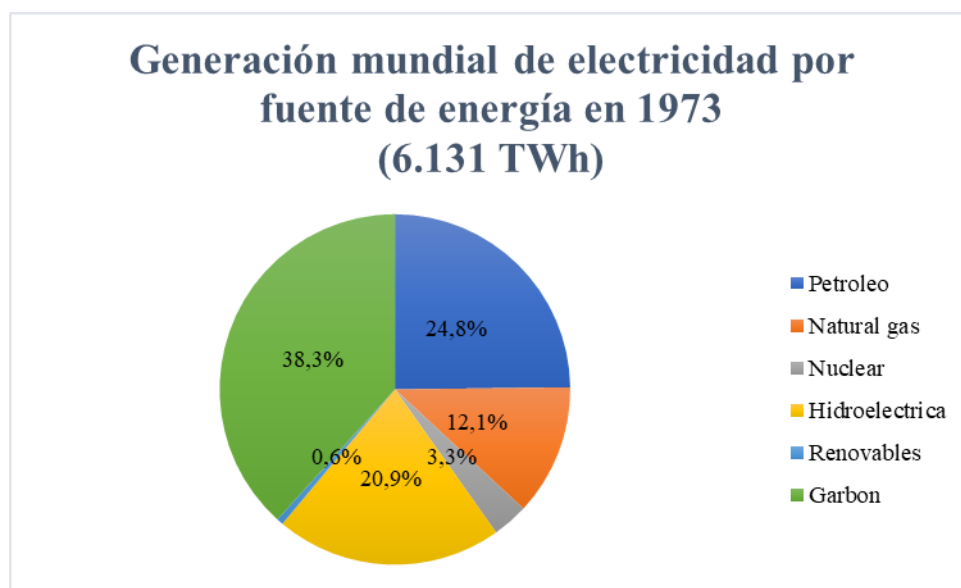


Figura 43: Generación mundial de electricidad por fuente de energía en 1973
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de World Energy Statistic Key de 2021

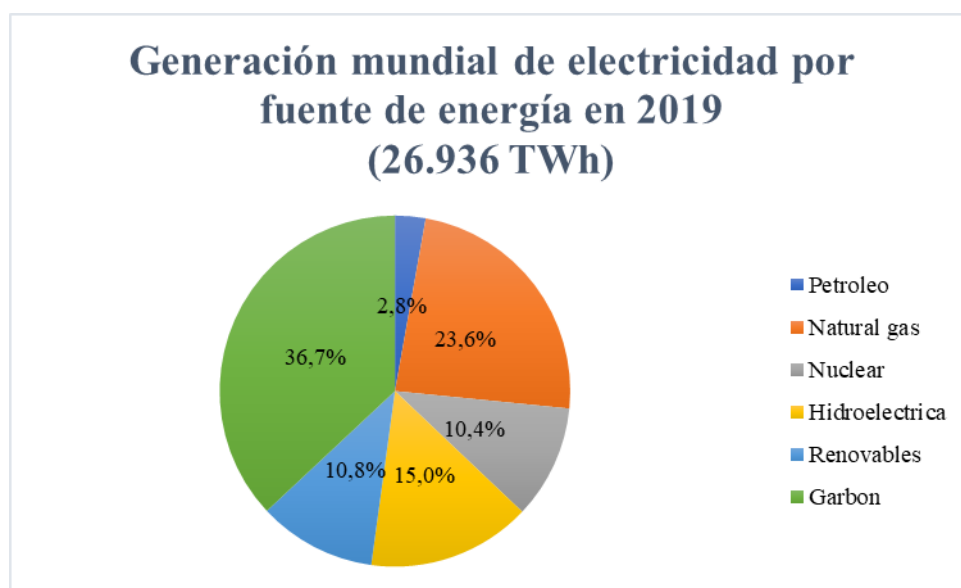


Figura 44: Generación mundial de electricidad por fuente de energía en 2019
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de World Energy Statistic Key de 2021

Como podemos observar la generación de electricidad por medio de la industria hidroeléctrica no siguió la misma evolución de crecimiento que el gas natural o que las energías renovables. Ya que de generar a nivel mundial el 20,9% del total de energía en 1973 pasó al 15% en el 2019. Sin embargo, estos porcentajes representan un importante incremento, 1.282 TWh y 4.040 TWh.

Así y todo, la producción hidroeléctrica posee un crecimiento lento y vale aclarar los motivos. Primeramente, además del estudio financiero del proyecto, se debe analizar el impacto ambiental y poblacional (muchas veces hay que mudar poblaciones), el cauce de los ríos, entre otras cosas. Todos los estudios recién mencionados pueden durar varios años, ya que hay que sumar, en varias oportunidades las oposiciones de las poblaciones aledañas al proyecto. Pero sobre todo lo que más hacen demorar a estos proyectos son los temas vinculados a la parte financiera con su correspondiente entorno político. Tal es el caso del proyecto del aprovechamiento hidroeléctrico del río Santa Cruz que contempla la construcción de dos represas: presidente Néstor Kirchner y Gobernador Jorge Ceperni. Los estudios preliminares de los proyectos comenzaron en el año 1970¹⁴⁷. Luego, en el 2007 se firma el primer convenio para ejecutar el proyecto, pero el proceso de recepción de ofertas técnicas y económicas continuó hasta 2010, donde se adjudicó el proyecto de construcción a un consorcio integrado por tres empresas, pero la misma la obra nunca comenzó¹⁴⁸.

La construcción de las represas se había demorado por problemas judiciales, políticos y hasta por rediseño en la ingeniería. El gobierno de Mauricio Macri también había revisado y renegociado los contratos originales, proceso que demoró aún más las obras. La construcción se paralizó en 2020 porque concluyó el tiempo de disponibilidad del crédito de los bancos chinos. Sin los desembolsos del país asiático, el Estado tuvo que realizar un salvataje con aportes del Tesoro por \$ 18.000 millones para financiar las obras a pedido del consorcio a cargo, conformado por Electroingeniería, Hidrocuyo y la china Gezhouba. Mientras, China pretendía recobrar el préstamo de US\$ 1.500 millones que ya había desembolsado, sobre un total de financiamiento original de US\$ 4.714 millones. (Roberto Bellato, 2022)

Aún siguen en tratativas los contratos financieros del proyecto. En este sentido, puede llevar muchos años la etapa anterior a la construcción. Luego, superados todos esos estudios y posibles conflictos políticos económicos, que pueden tomar años, la construcción en sí de la represa suma más demoras aún.

¹⁴⁷Datos extraídos del siguiente sitio: <https://represaspatagonia.com.ar/index.php/proyecto/la-obra>

¹⁴⁸<https://www.losandes.com.ar/por-decreto-la-represa-hidroelectrica-nestor-kirchner-volvera-a-llamarse-condor-cliff/>

Otro claro ejemplo se da en la edificación de la represa más grande del mundo, la llamada represa de las Tres Gargantas¹⁴⁹ situada en China que demoró 17 años. Cabe aclarar que, como siempre ocurre en las represas hidroeléctricas, se fue inaugurando por tramos.

La energía hidroeléctrica concentra la mayor generación de energía en comparación con las demás fuentes de energías renovables. La hidroelectricidad es la fuente de energía renovable más importante del planeta. De la energía renovable global generada por distintas fuentes, la hidroelectricidad contribuye con más del 70%, muy lejos de otras como la solar o la eólica (Edwain Malagón, 2017).

La capacidad y flexibilidad le permite posicionarse como una fuente primaria de energía, así como también contribuir a cubrir los picos de demanda, ya que posee gran capacidad de almacenaje de agua. Pero esta característica se debilita con las sequías¹⁵⁰.

Respecto a los costos de generación de energía hidroeléctrica, podemos destacar que son bajos debido principalmente a que la fuente de energía es el agua, la cual no es un *commoditie*. Los mayores costos se concentran en la construcción¹⁵¹.

Si bien la hidroelectricidad provee energía libre de emisiones de CO₂, la etapa de construcción de la central implica actividades sumamente contaminantes entre las cuales aportan al efecto invernadero.

Por otro lado, una represa hidroeléctrica conlleva otros impactos negativos en distintos aspectos que desde hace tiempo es algo que se cuestiona.

La construcción de represas además de beneficios también produce importantes impactos, como la fragmentación del ecosistema, cambios en el hábitat, alteración del régimen hidrológico del río, modificación en el transporte de sedimentos, efectos sobre la seguridad del abastecimiento de agua y alimentos aguas abajo, relocalización de fauna silvestre, reubicación de poblaciones humanas, afectación a

¹⁴⁹La represa de las Tres Gargantas tiene unos 200 km de longitud, para su construcción hubo que desplazar a más de un millón de personas. Se desarrolló en tres fases, entre los años 1993 y 2009. Para más información: <https://cersa.org.pe/capacitaciones/?q=content/blog/la-presas-mas-grande-del-mundo#:~:text=All%C3%ADel%20r%C3%ADo%20corta%20unas,la%20presa%20dur%C3%B3%2017%20a%C3%B1os>

¹⁵⁰<https://energiaonline.com.ar/ante-una-sequia-que-no-termina-el-sector-hidroelectrico-es-uno-de-los-mas-golpeados/>

¹⁵¹Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), “*Fuentes De Energía Renovables Y Mitigación Del Cambio Climático*”, Alemania, 2011, pág. 85.

pueblos originarios, menoscabo en ingresos y subsistencia de poblaciones locales, entre muchos otros. (Alejandra Stehr Gesche, 2010)

Respecto a los accidentes producto de la fuente energética hidráulica, se producen numerosas muertes durante la etapa de construcción donde los trabajadores se exponen a grandes riesgos. Esto lo podemos observar en los accidentes ocurridos a lo largo de la historia en diferentes países tales como Estados Unidos, Rusia, India, Brasil, Colombia, Laos, entre otros¹⁵². Pero el país que lleva más accidentes respecto a este tipo de generación eléctrica ha sido China, con importantes catástrofes como la de la represa Banqiao, ocurrida en el año 1975. La misma se dio como consecuencia de un tifón, que provocó tres inundaciones sucesivas y acarreando miles de muertes y otras consecuencias indirectas terribles.

Las muertes totales se contabilizaron en cientos de miles. A pesar de que las cifras oficiales chinas hablan de un total, contabilizando las muertes debidas a la rotura de los embalses, de 85.600 personas, hoy en día se considera bastante optimista porque, aunque la cifra real es desconocida, los números proporcionados en otros estudios son muy superiores. (Ana Rocío Fernández, 2016)

Las investigaciones y los desarrollos se centran, por un lado, en mejoras en el mantenimiento, reparación y extensión de la vida útil (actualmente de alrededor de 50 años) de las centrales existentes¹⁵³. Y, por otro lado, invirtiendo en estudios buscando principalmente aumentar la eficiencia, reducir los costos y disminuir el impacto social y ambiental como así también los accidentes.

Como hemos visto, la industria hidroeléctrica, posee aún un gran potencial de explotación. Registrando actualmente un desarrollo dispar, dependiendo de la zona a analizar. Sus periodos previos a la construcción suelen ser extremadamente extensos debido a varios factores, sobre todo sociales, políticos y económicos. Es una energía considerada

¹⁵²Se puede encontrar información en diversos informes periodísticos, tales como:

https://elpais.com/internacional/2009/08/18/actualidad/1250546413_850215.html
<https://sputniknews.lat/20180531/represas-roturas-tragedias-catastrofes-1079195943.html>
<http://www.sirenaselectronicas.com/accidentes-en-centrales-hidroelectricas/>

¹⁵³Florencia Ortúzar Greene, “Desmantelando el mito de las grandes represas”. Chile, 2014
<https://aida-americas.org/es/blog/desmantelando-el-mito-de-las-grandes-represas>

renovable que da gran aporte a la matriz energética, con diversas ventajas como así también desventajas y limitaciones.

Energía Solar: La energía solar junto con la energía eólica ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años. Esto se ve reflejado en las Figuras 45 y 46. Según *Key World Energy Statistics 2021* la producción mundial de electricidad solar en el año 2005 era 4 TWh mientras que en el año 2019 la producción pasó a ser de 6.81TWh. Podemos destacar el notable crecimiento de China en esta energía, de 0,09 TWh (2,2% del total) paso a producir 224 TWh (32,9% del total) en el período mencionado (2005-2019). Desplazando a los países que integran la OCDE, que en el año 2005 producían 3,82 TWh (95,4% del total) mediante esta tecnología, es decir prácticamente el total de producción de energía solar a nivel mundial era a través de la OCDE. Para el 2019, si bien la generación ronda los 352,72 TWh (51,8% del total), pasó a producir casi la mitad de generación eléctrica a través de energía solar del mundo. Produciendo la otra mitad China.

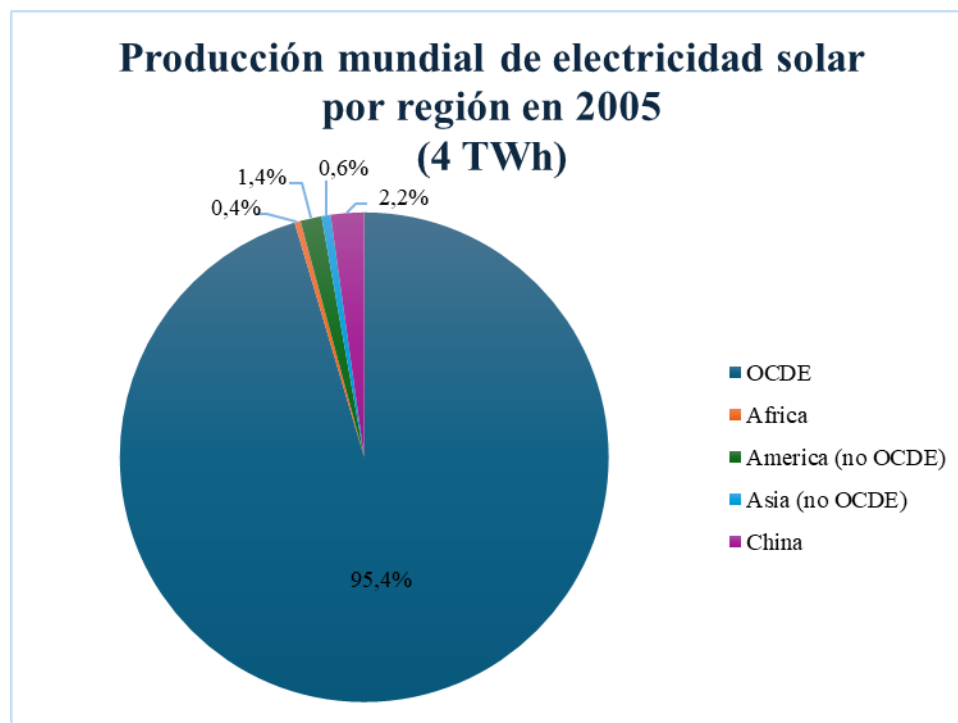


Figura 45: Generación mundial de electricidad solar por región en 2005
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de *World Energy Statistic Key* de 2021

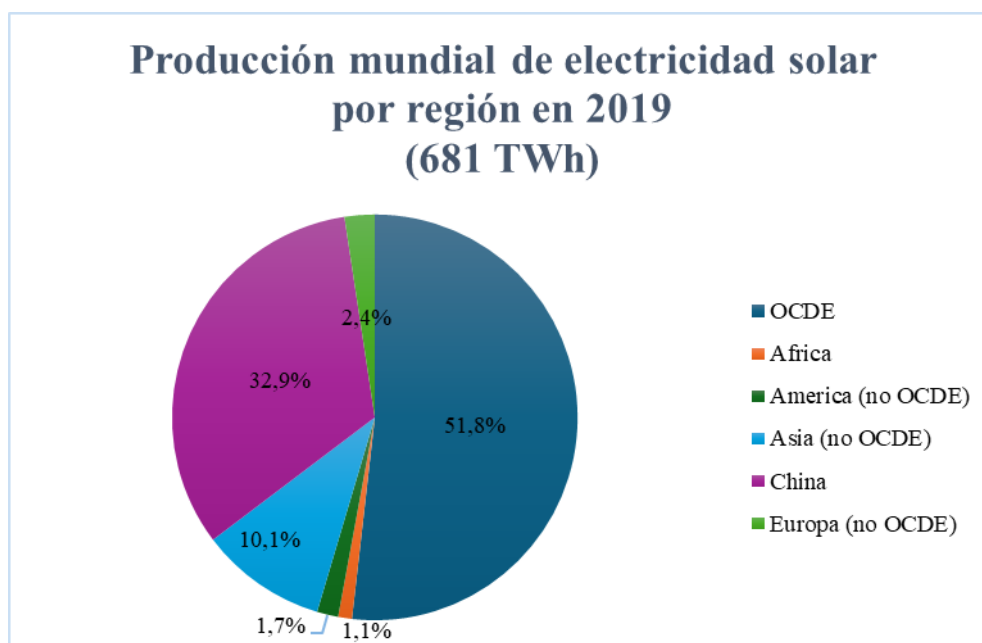


Figura 46: Generación mundial de electricidad solar por región en 2019
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de World Energy Statistic Key de 2021

La energía solar térmica y la fotovoltaica son los dos tipos de energía solar más conocidos.

Respecto a la energía solar térmica, se utilizan equipos que poseen colectores o captadores solares que transforman la radiación solar en calor. Luego este calor almacenado se emplea para calefacción o calentar agua para uso residencial o industrial. Existe otra variante llamada energía termosolar de concentración, donde a través de un sistema de lentes se concentra la luz en una zona concreta. Luego este calor se utiliza para hervir agua o vapor que movilizan por ejemplo turbinas de un generador para la producción de energía.

En relación con el segundo tipo de energía solar, es decir de la energía fotovoltaica, se trata de una instalación que genera electricidad por medio de módulos fotovoltaicos. Estos son los famosos paneles solares¹⁵⁴.

La energía solar, por ser renovable y además una vez instalada producir muy poca contaminación, se ha convertido en una fuente de energía con gran expectativa a futuro.

¹⁵⁴<https://www.repsol.es/particulares/hogar/energia-solar/>

Pero, cabe destacar que durante la fabricación de los paneles se emiten gases de efecto invernadero y además se emplean materiales tóxicos¹⁵⁵.

Sin embargo, la gran desventaja que posee la energía solar es depender de un elemento sobre el cual no se puede dominar su comportamiento, sobre todo la disponibilidad y posibilidad de almacenamiento.

Los costos de la energía solar, junto con los de la energía eólica, han disminuido en comparación a los valores de las nuevas tecnologías de las fuentes renovables.

La década de 2010 a 2020 representa un periodo notable de reducción de costos para las tecnologías de energía solar y eólica. La combinación de apoyo político específico e impulso de la industria ha hecho que la electricidad renovable de la energía solar y eólica pase de un nicho costoso a una competencia cara a cara con los combustibles fósiles para obtener nueva capacidad. En el proceso, ha quedado claro que las energías renovables se convertirán en la columna vertebral del sistema eléctrico y ayudarán a descarbonizar la generación de electricidad, con costos más bajos que en un futuro normal. (IRENA, 2021, pág:3)

A la larga la energía solar puede resultar económica pero el costo inicial de su instalación es muy elevado. Esto se hace visible por ejemplo en una de las mayores plantas solares del mundo, la planta solar Bhadla, situada en el distrito de Jodhpur en la India. En el 2020 generó 2,5 GW. Dicha planta tiene 4 millones de paneles solares en 5.700 hectáreas con una inversión estimada de 1,4 billones de dólares (José Carlos Montiel, 2021)¹⁵⁶.

Otra desventaja para destacar es que para cubrir adecuadamente las necesidades energéticas se requiere un área de instalación extremadamente extensa. Lo cual genera un importante impacto visual y ambiental afectando la flora y fauna de la región.

Respecto a la eficiencia, es decir en cuanto a la energía eléctrica que puede convertir, hay que reconocer que es relativamente baja. En este sentido, se convierte alrededor de un 25%. Y como ya se mencionó, la energía solar no es una energía disponible constantemente, es decir varía durante el día, a la noche no está disponible y además la eficiencia depende del mes en cuestión (siendo menor en los meses invernales que hay menos horas de sol). Cabe aclarar, además, que el rendimiento de los paneles puede variar

¹⁵⁵<https://atersa.shop/el-impacto-de-la-energia-solar-en-el-medio-ambiente/>

¹⁵⁶<https://keeui.com/2021/10/15/cuales-son-las-plantas-solares-mas-grandes-del-mundo/>

en determinadas condiciones atmosféricas, como periodos de calor y humedad o con nubes y niebla. Por otro lado, la contaminación disminuye el rendimiento de la energía solar, convirtiéndose en un gran problema para ciudades con altos grados de contaminación atmosférica¹⁵⁷.

Es notable la gran inversión que se ha hecho y se sigue haciendo en investigación y desarrollo en torno a la energía solar. Actualmente sobre todo se busca mejoras en los materiales, tratando de lograr óptimos rendimientos de estos e instancias de elaboración menos contaminantes. Pero también se hace foco en lograr almacenar dicha energía, de manera de subsanar la no disponibilidad permanente de la misma.

Energía Eólica: Actualmente la energía eólica se utiliza principalmente para producir electricidad, en su mayoría mediante aerogeneradores conectados a las redes de distribución de energía eléctrica.

En función de donde se instalen los generadores existen, por el momento, dos tipos de energía eólica, la marítima y la terrestre¹⁵⁸.

La gran introducción de la energía eólica a nivel mundial comenzó a darse durante los últimos 40 años.

El desarrollo pionero de la energía eólica en Europa tuvo lugar en Dinamarca, donde cobró gran relevancia durante el primer cuarto del siglo XX, contribuyendo a la construcción de un modelo descentralizado de electrificación del país. En 1908 había 72 generadores eólicos, con potencias comprendidas entre 5 kW y 25 kW (Ignacio Mártil de la Plaza, 2021).

Este tipo de energía cobra cada vez más protagonismo dentro de la matriz energética mundial. Muchos países, en su mayoría europeos, han logrado un crecimiento sostenido de la energía eólica aprovechando el potencial que poseen. Pero a pesar del importante aumento en la capacidad instalada de este tipo de energía, su peso no es representativo en la matriz energética mundial. Según datos del *Key World Energy Statistics 2021* en el 2019 las energías renovables (solar, geotérmica, oceánica y eólica) representaron el 2,2% del total de la matriz. Mientras que en el año 1973 estas energías

¹⁵⁷<https://www.fundacionaquae.org/wiki/energia-solar-ventajas-desventajas/>

¹⁵⁸<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energia-eolica>

representaban el 0,1%. Aunque en comparación con el resto de las fuentes de energía el aporte a la matriz es menos significativa, es destacable la evolución a través de los años.

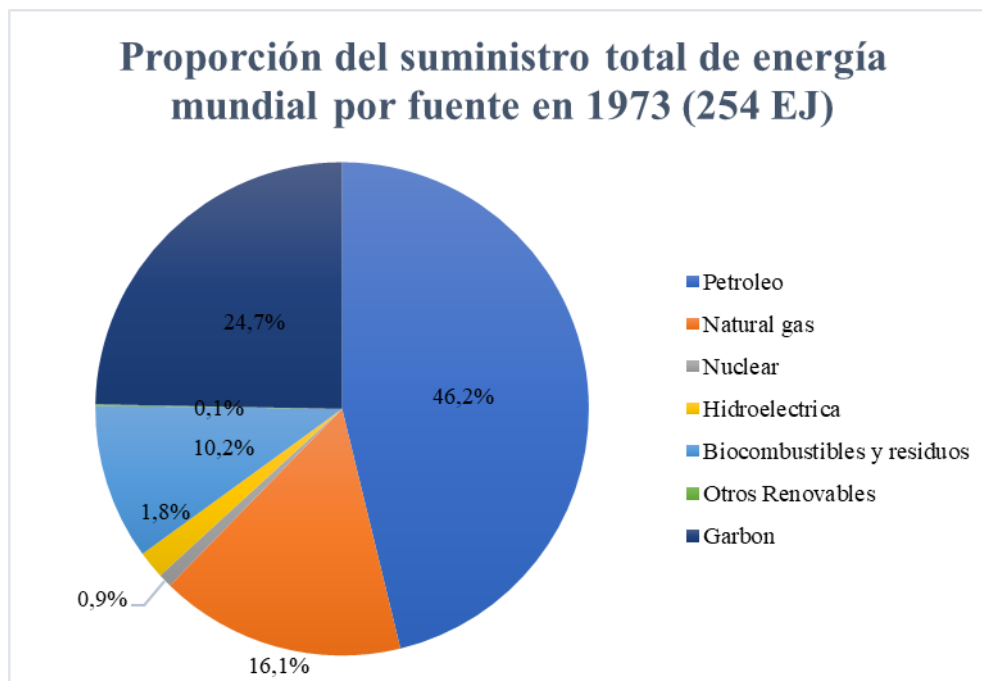


Figura 47: Proporción del suministro total de energía mundial por fuente en 1973
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de World Energy Statistic Key de 2021

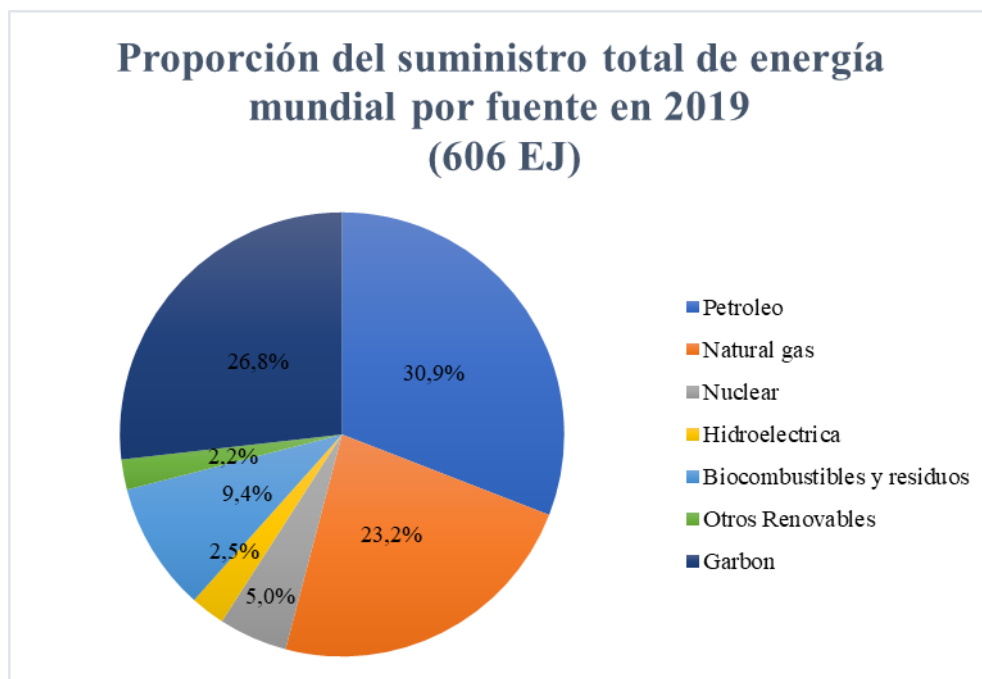


Figura 48: Proporción del suministro total de energía mundial por fuente en 2019
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de World Energy Statistic Key de 2021

La tecnología eólica marina ha madurado rápidamente desde 2010. De hecho, hubo un aumento de dieciocho veces en capacidad acumulada desplegada entre 2010 y 2021, de 3,1 GW a 55,7 GW (IRENA, 2022)¹⁵⁹.

Aun así, debido a las oscilaciones del viento, este tipo de energía ocupa un lugar secundario dentro de la matriz energética.

La energía eólica instalada en el mundo creció en 2021 hasta situarse en 837 GW, según el *Informe Mundial sobre el viento 2021* publicado por Global Wind Energy, Council (GWEC)¹⁶⁰. Los cinco principales mercados del mundo (China, EE.UU., Brasil, Vietnam y el Reino Unido) representan el 75,1% de las instalaciones mundiales realizadas en 2021.

Una de las ventajas que posee la energía eólica, al igual que la energía hidroeléctrica, es que depende de una fuente que no posee valor monetario. Es por eso que los parques eólicos construidos en tierra representan una fuente de energía cada vez más barata y competitiva.

Por otro lado, no hay que dejar de hacer mención a las granjas fuera de la costa (off shore), que en la última década han aumentado de forma considerable. En este sentido, la ventaja de las plantas off shore es que poseen mayor capacidad que las terrestres. Pero los costos de estas plantas son sustancialmente más elevados, como así también la maquinaria, la obra de ingeniería, el mantenimiento y la conexión a la red.

Otra de las ventajas de la energía eólica es la rapidez en la construcción, sobre todo las on shore, donde aproximadamente llevan entre un año y dos. En cambio, las granjas off shore, además de ser más costosas como se mencionó anteriormente, requieren un mayor trabajo por eso insumen más tiempo. La construcción de la base es más compleja, la instalación y conexión requieren períodos más largos.

Respecto a la investigación y el desarrollo de la energía eólica se centran sobre todo en reducir los costos de instalación de las plantas off shore, como así también los de mantenimiento.

¹⁵⁹La Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA) es una organización intergubernamental fundada en el año 2009 con el fin de facilitar la cooperación, promover el conocimiento, la adopción y el uso sostenible de las energías renovables.

¹⁶⁰Global Wind Energy, Council (GWEC) se generó en 2005 con el objetivo de asegurar que la energía eólica se establezca como una de las fuentes de energía líderes en el mundo, proporcionando beneficios ambientales y económicos sustanciales.

Otro de los puntos de estudio se focaliza en la mejora de los diseños y los materiales de construcción, teniendo en cuenta la tendencia al mayor tamaño de las turbinas. Por otro lado, se buscan tecnologías para controlar la formación de hielo, ya que el mismo afecta en la eficiencia de la turbina.

Uno de los principales objetivos de esta tecnología es fortalecer la aceptación en la sociedad. Ya que, si bien es una energía renovable y considerada limpia, posee, especialmente sobre la población aledaña a las granjas eólicas, un impacto negativo.

En este sentido, se generan disconformidades relacionada con el medio ambiente, específicamente con las aves, como así también generando reflexión de luz y/o proyección de sombras. Otro de los impactos que provoca es el auditivo, aunque hoy en día el ruido proveniente de las turbinas ha disminuido notablemente.

No obstante, uno de los mayores impactos que provoca esta tecnología es el visual. Las granjas eólicas ocupan un gran espacio y modifican el paisaje.

Respecto a los accidentes relacionados con esta energía, la mayoría han ocurrido durante el montaje y mantenimiento. De todas maneras, no se reportan en los medios grandes cantidades de accidentes relacionados con esta tecnología¹⁶¹.

Como pudimos notar, esta fuente renovable y considerada limpia posee un gran potencial para proyección a futuro. Aun así, debido a la dependencia de una fuente natural no logran posicionarla como el reemplazo ideal de las fuentes fósiles de energía, pero sí como apoyo en aumento a la matriz energética.

Otras energías renovables: En incisos anteriores hemos descripto las energías renovables más importantes y evolucionadas hasta el momento, pero también pertenecen a este grupo las fuentes de energía proveniente del océano o del calor de la profundidad terrestre.

Energía Nuclear: La energía nuclear al ser considerada energía limpia se presenta como una gran alternativa, junto con las energías renovables, para diversificar la matriz energética aportando a la disminución de gases de efecto invernadero. Sin embargo, en comparación con el resto de las fuentes de energía posee particularidades que polarizan la opinión de los expertos.

¹⁶¹https://aeolica.org/wp-content/uploads/2016/05/INF_SINIESTRALIDAD_6_web_DEF.pdf

Esta tecnología se vio sumamente afectada sufriendo un retroceso debido a los accidentes sufridos en esta temática a lo largo de la historia, pero sobre todo al accidente en Fukushima. En este sentido, el principal obstáculo para la permanencia de la energía nuclear reside en temas relacionados con la seguridad y la aceptación social.

Algunos países como Alemania, Japón y España buscan de a poco alejarse de este tipo de fuente. Mientras que otros países, como Rusia y China, siguen cada vez más apostando a la energía nuclear planeando, incluso, esquemas de desarrollo a gran escala.

Así y todo, como define un economista de renombre mundial especializado en energía:

Varios países, tanto economías avanzadas como en desarrollo, están estudiando la posibilidad de incorporar la energía nuclear. Muchos países que la habían descartado se lo están pensando otra vez, pues entienden que, si esta se opera de manera segura, puede ser beneficiosa para la seguridad eléctrica y energética a nivel nacional. Además, puede ser una opción para que el sector energético reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual puede ayudar a los países a alcanzar las metas que han anunciado. Por ello, muchos Gobiernos conciben la energía nuclear como una de las opciones: no la única, pero sí una de ellas. (Fatih Birol, 2022)

Respecto a los costos, los proyectos nucleares necesitan una gran inversión de capital inicial, además de largos períodos para su construcción y de personal altamente especializado. Y a su vez, el costo depende del tipo de reactor que se instale.

Como bien expone Peter Van Doren “los costos de construir plantas de energía nuclear en EE.UU. han incrementado a través del tiempo debido a marcadas caídas en la productividad que tienen que ver con las regulaciones de seguridad, la administración de los proyectos de construcción y cuestiones de flujo de trabajo” (2021).

Además de los largos períodos que insumen estos proyectos y la robusta infraestructura necesaria, los accidentes incrementaron aún más los costos a nivel mundial. Los accidentes de la Isla de la Tres Millas, Chernóbyl y el de Fukushima obligaron a reformular las buenas prácticas, el entrenamiento del personal, los materiales constructivos, las formas de operar los reactores, entre otras cosas.

Si bien el costo de construcción, como se mencionó, es extremadamente alto, el costo de mantenimiento de la planta suele ser medio, ya que requiere de una operatoria sumamente compleja comparada con las demás fuentes de energía, pero el costo específico del combustible es relativamente bajo.

El precio además sufrió una baja mayor debido a la menor demanda por el cierre de plantas nucleares como resultado del accidente de Fukushima. Así lo afirma un especialista en producción de uranio en el OIEA:

Durante los últimos años se ha generado un superávit del inventario de concentrado de uranio, lo que ha hecho bajar los precios. Esto es resultado de una combinación de aumento de la producción y reducción de la demanda. Económicamente, con el precio actual del uranio, la explotación de muchas de las minas es un problema. (Brett Moldovan, 2018)

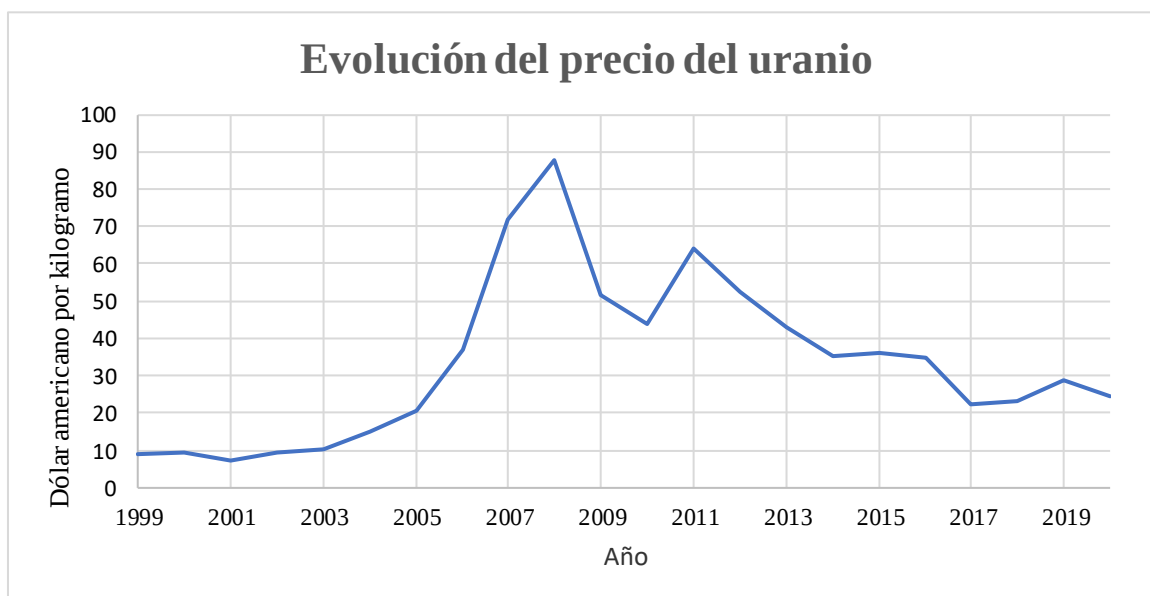


Figura 49: Evolución del precio del uranio (1999-2020)
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de Indexmundi

El costo varía dependiendo del tipo de uranio que utiliza la central nuclear, es decir si utiliza uranio natural o enriquecido. Si bien el proceso de enriquecimiento requiere tecnologías de alto nivel de desarrollo y muy costosas, a la larga su utilización es más conveniente que el uranio natural debido a su eficiencia, lo que conlleva a que sea económicamente beneficioso su empleo.

A pesar del costo inicial la energía nuclear sigue siendo una de las opciones más baratas comparándola con el resto de las fuentes de energía. La energía solar y la eólica se están abaratando mucho, pero, aun así, una de las fuentes de electricidad más baratas del mundo es la prolongación de la vida útil de las centrales nucleares actuales (Fatih Birol, 2022).

Por otro lado, posee un factor de generación más alto que las energías renovables, teniendo además a favor que la disponibilidad de su producción no depende de factores climáticos.

Datos de la Administración de Información de la Energía (EIA)¹⁶² y presentados por la Oficina de Energía Nuclear de Estados Unidos (U.S. Office of Nuclear Energy), muestran que el factor de eficiencia en la generación de energía nuclear es entre 1,5 y 2 veces más que las centrales de gas natural y carbón, y entre 2,5 y 3,5 veces más que las plantas de energía eólica y solar. Lo recién mencionado lo podemos visualizar en la siguiente figura:

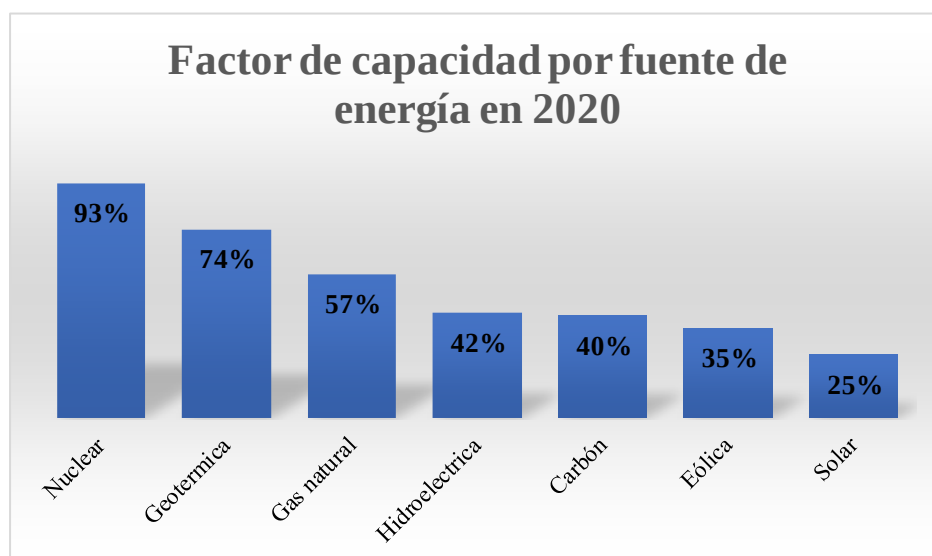


Figura 50: Factor de capacidad por fuente de energía en 2020

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), 2020

¹⁶²La Administración de Información Energética (EIA) es el organismo de estadística y de análisis en el Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Lamentablemente la mala fama y críticas de esta tecnología están centradas en todo el proceso del combustible (desde la minería hasta el almacenamiento de los desechos), en la seguridad, en el impacto ambiental y en la población en caso de accidentes.

En particular la seguridad ha estado siempre en discusión por motivo de los accidentes graves ocurridos a lo largo de la historia. La ocurrencia de accidentes tiene consecuencias catastróficas, poco comparables a otras fuentes.

Respecto a la investigación y desarrollo vinculada con esta tecnología a nivel mundial se focalizan en mejorar la capacidad y diseño de los reactores, la seguridad, la eficiencia, las buenas prácticas.

Otro de los temas de gran importancia de la investigación y desarrollo se centra en el tratamiento y almacenamiento de los desechos. Lo cual engloba dos fuertes puntos a tener en cuenta que implican especiales recaudos o control. Por un lado, por el tipo de material el cual es extremadamente radioactivo y contaminante y en segundo lugar por la posibilidad de su utilización con fines bélicos.

Cabe destacar que uno de los grandes desafíos dentro de la investigación y desarrollo en energía nuclear es lograr la generación de energía nuclear por medio de fusión y no de fisión. El proceso de fusión genera gigantescas cantidades de energía. El objetivo es poder controlar esa energía liberada¹⁶³. Existen aún barreras tecnológicas por superar, la fusión nuclear actúa a altísima temperatura lo que genera desafíos técnicos. En la actualidad hay grandes proyectos de desarrollo de la fusión nuclear, tales como ITER¹⁶⁴. Con esperanzadoras posibilidades que pueda otorgar la fusión.

Como hemos visto la energía nuclear tiene grandes factores a favor para diversificar la matriz energética, a pesar de ello, hace unos años esta tecnología transcurre por uno de sus momentos más complicados debido a los efectos del desastre de Fukushima. Sus consecuencias colocaron a esta industria en el centro de las críticas, ganando espacio los grandes opositores de esta tecnología. Esto se nota en la política adoptada por varios países que decidieron en el corto y mediano plazo desestimar el uso de la energía nuclear.

¹⁶³Para más información: <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/el-proyecto-de-fusion-nuclear-iter/>

¹⁶⁴ITER responde a las siglas *International Thermonuclear Experimental Reactor*. Busca demostrar la viabilidad de la fusión como fuente de energía a gran escala. La instalación de este proyecto se encuentra en Cadarache, al sur de Francia, y cuenta con la colaboración de 35 países para construir el Tokamak más grande del mundo/

Así y todo, varios países, entre los que se encuentra Argentina, sin perder de vista la temática de la seguridad siguen apostando a la energía nuclear a partir de nuevas centrales, extendiendo la vida útil de las actuales y negociando para el desarrollo de nuevos reactores.

Anexo II

Cobertura con Venta de Futuros:

Supongamos que NASA planea entregar en el MEM 2.000 MWh el próximo mes (septiembre). Para asegurarse un precio para su producción vende contratos a futuros.

A mediados de agosto, cuando NASA está planeando su estrategia de venta para septiembre (es decir al momento de realizar la cobertura la electricidad) cotizaba en el spot a razón de 30U\$\$/MWh y la cotización de los futuros para los contratos de septiembre era de 30U\$\$/MWh.

Durante septiembre vende su energía en el mercado spot, obteniendo un precio promedio por sus ventas de 25U\$\$/MWh, es decir, el precio bajó. En este caso estaría ganando 5U\$\$/MWh.

En cambio, si durante septiembre vende en el mercado spot a 35U\$\$/MWh, o sea el precio sube, estaría perdiendo 5U\$\$/MWh. (ver Tablas 21 y 22).

Es decir, el mercado de futuros sirvió para cubrirse en el caso de una baja en el precio.

Si el precio disminuye		
	Mercado Spot	Mercado de Futuros
Agosto	Desea establecer para la electricidad un precio de 30 U\$S /MWh	Vende contratos septiembre a 30 U\$S MWh
Septiembre	Vende electricidad a 25 U\$S /MWh	Compra contratos septiembre a 25 U\$S /MWh
Resultado	Mercado Spot	25 U\$S /MWh
	Ganancia o pérdida Futuros	(+) 5 U\$S /MWh
	Precio neto venta	30 U\$S /MWh

Tabla 21: Cobertura en el mercado de futuros si el precio de la energía en el mercado spot disminuye

Fuente: Elaboración propia

Si el precio aumenta		
	Mercado Spot	Mercado de Futuros
Agosto	Desea establecer para la electricidad un precio de 30 U\$\$/MWh	Vende contratos septiembre a 30 U\$\$/MWh
Septiembre	Vende electricidad a 35 U\$\$/MWh	Compra contratos septiembre a 35 U\$\$/MWh
Resultado	Mercado Spot	35 U\$\$/MWh
	Ganancia o pérdida Futuros	(-) 5 U\$\$/MWh
	Precio neto venta	30 U\$\$/MWh

Tabla 22: Cobertura en el mercado de futuros si el precio de la energía en el mercado spot aumenta
Fuente: Elaboración propia

Cobertura Con Compra De Opciones De Venta (Put):

Su pongamos que NASA se encuentra en el mismo caso del ejemplo anterior, quiere cubrir sus ventas en el MEM 20.00 MWh el próximo mes (septiembre). En el mercado cotizan opciones Put de precio de ejercicio de 30U\$\$/MWh con una prima de 1U\$\$/MWh. NASA compra Put de septiembre, ya que su objetivo es beneficiarse si los precios aumentan.

Durante septiembre cobra por la energía que entrega en el mercado spot un precio promedio de 25U\$\$/MWh. El precio del futuro cae, y como es menor a su precio de ejercicio, NASA ejerce su opción de venta. Como el activo subyacente de la opción que adquirió NASA son contratos de futuros, al ejercer sus opciones Put el Mercado le asigna una posición vendedora en contratos de futuros a un precio de 30U\$\$/. Cuando cancele su posición vendedora en futuros comprando contratos a 25U\$\$ obtendrá de ganancias 5U\$\$. Su precio final de venta teniendo en cuenta la prima es de 29U\$\$. (ver Tablas 23 y 24).

De lo contrario, si los precios suben, NASA no ejercerá su opción. Es decir, NASA captura la suba y pierde solamente la prima.

De esta manera NASA pudo poner un piso a su precio de venta y pudo beneficiarse en el caso que los precios suban.

Si el precio disminuye		
	Mercado Spot	Mercado de Futuros
Agosto	Desea establecer un precio piso para sus ventas	Compra Put Agosto.
		Precio ejercicio 30 U\$\$/MWh
		Prima 1 U\$\$/MWh
Septiembre	Vende electricidad a 25 U\$\$/MWh	Ejerce Put Agosto
		El mercado le asigna una venta de futuros a 30 U\$\$/MWh
		Compra futuros 25 U\$\$/MWh
Resultado	Mercado Spot	25 U\$\$/MWh
	Ganancia o pérdida Opciones	(+) 4 U\$\$/MWh
	Precio neto venta	29 U\$\$/MWh

Tabla 23: Cobertura con compra de opciones de venta si el precio de la energía en el mercado spot disminuye

Fuente: Elaboración propia

Si el precio aumenta		
	Mercado Spot	Mercado de Futuros
Agosto	Desea establecer un precio piso para sus ventas	Compra Put Agosto.
		Precio ejercicio 30 U\$/MWh
		Prima 1 U\$/MWh
Septiembre	Vende electricidad a 35 U\$/MWh	No ejerce Put Agosto
Resultado	Mercado Spot	35 U\$/MWh
	Ganancia o pérdida Opciones	(+) 1 U\$/MWh
	Precio neto venta	34 U\$/MWh

Tabla 24: Cobertura con compra de opciones de venta si el precio de la energía en el mercado spot aumenta

Fuente: Elaboración propia

Anexo III

Breve Cronología Histórica De La Energía Nuclear En Argentina

El desarrollo nuclear argentino comienza luego de los eventos internacionales de las explosiones de Hiroshima y Nagasaki.

Para una mejor comprensión se organizará en ocho períodos.

Primer Período (1948 – 1958): Bajo el gobierno de Juan Domingo Perón se comienza con las investigaciones en tecnología nuclear¹⁶⁵.

En este período se crea la institución responsable de la gestión del desarrollo de la energía nuclear en Argentina, es decir, se crea la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

En 1955 se genera el instituto de física que años más tarde sería bautizado con el nombre de “José Antonio Balseiro”¹⁶⁶, en homenaje a su fundador.

Se construye el primer reactor nuclear experimental de 100 kW de potencia térmica, y con la fabricación de sus elementos combustibles.

Segundo Período (1959 – 1973): La industria nuclear argentina se destaca por el desarrollo de aplicaciones de radioisótopos.

Se realiza el estudio de factibilidad para la instalación de la primera central nucleoelectrónica en Argentina, de entre 300 y 500 MWe de potencia. Sería un prototipo de origen alemán, que operaría con agua pesada y uranio natural.

En 1968 se comienza con la construcción de la central nuclear Atucha I¹⁶⁷.

Tercer Período (1974 – 1976): En 1974, durante la presidencia de Juan Domingo Perón, ingresa en operación la central nuclear Atucha I. El grado de participación nacional fue del orden del 40% del costo total de la obra, lo que significaba la participación de la industria argentina en obras con este tipo de tecnología.

¹⁶⁵Mariscotti, Mario A. J. "El secreto atómico de Huemul". Crónica del origen de la Energía Atómica en Argentina. Editorial Lenguaje Claro, Buenos Aires, Argentina (2016). Página 23.

¹⁶⁶José Antonio Balseiro: Se puede encontrar su biografía detallada en: <https://www.ib.edu.ar/instituto-balseiro/biografia-de-jose-antonio-balseiro/itemlist/tag/historia%20del%20instituto%20balseiro.html>

¹⁶⁷<https://www.na-sa.com.ar/es/centrales-nucleares/atucha-1>

Además, comienza a proyectarse una nueva central nuclear en Córdoba, la central nuclear de Embalse¹⁶⁸. La misma sería de origen canadiense. Al igual que Atucha I operaría con uranio natural y agua pesada.

En este sentido, los trabajos de exploración aumentaron a 21.000 toneladas las reservas de uranio. También se construye una planta de purificación de concentrado de uranio en Córdoba y una planta experimental de reprocesamiento de elementos combustibles irradiados¹⁶⁹.

Cuarto Período (Marzo 1976 – Diciembre 1983): Este período se inicia con el golpe de estado del 24 de marzo de 1976, bajo la conducción de Jorge Rafael Videla. Respecto al ámbito nuclear se contaba con reservas uraníferas en cantidad suficiente para afrontar un plan nucleoelectrico, capacidad para el desarrollo de elementos combustibles, experiencia en centrales de potencia, experiencia para evaluar proyectos nucleares, entre otras cualidades. Lo mencionado, constituyó las bases para desarrollar un programa nuclear integrado. Se estableció como objetivo completar el ciclo del combustible nuclear, considerado clave para obtener autonomía nuclear.

Finalmente, en esta etapa, se logró la primera criticidad de la central nuclear de Embalse y el desarrollo de la tecnología de enriquecimiento de uranio por difusión gaseosa en Pilcaniyeu¹⁷⁰.

Todo esto en el marco del decreto N° 302/79¹⁷¹, donde se había aprobado el Plan Nuclear Argentino en enero de 1979, el cual consistía en la construcción de cuatro centrales nucleares de 600 MWe de potencia., cuya primera central debía estar terminada para el año 1987 y la última construcción estaba prevista para el año 1997. Por otro lado, contemplaba la construcción de una planta de agua pesada de 250 toneladas que pudiera abastecer a las mismas.

La política nacional establecía que se utilizase uranio natural y agua pesada.

¹⁶⁸<https://www.na-sa.com.ar/es/centrales-nucleares/embalse>

¹⁶⁹Sobre el ciclo de combustible nuclear se puede encontrar información detallada en:
<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/arn-anexo4b-1995.pdf>

¹⁷⁰La planta de enriquecimiento de uranio situada Pilcaniyeu comienza a producir en el año 1978 y se detiene su producción a fines de los 80. Para más información:
<https://www.casarsada.gob.ar/informacion/archivo/29229-inauguracion-de-la-planta-de-enriquecimiento-de-uranio-en-el-complejo-tecnologico-pilcaniyeu-palabras-de-la-presidenta-de-la-nacion>

¹⁷¹El Decreto 302/79 se puede encontrar en:<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-302-1979-223803>

Quinto Período (1984 – 2002): Con Raúl Alfonsín se retoma la democracia. El país contaba con una gran deuda externa, lo cual generó un impacto en el Plan Nuclear detallado en el decreto 302/79. Comienza a lentificarse el proceso. Por otra parte, en 1989, con la presidencia de Carlos Menem, empiezan las privatizaciones de todas aquellas actividades que el sector privado pudiera llevar a cabo. La Ley de Reforma del Estado¹⁷² y la Ley de Emergencia Económica¹⁷³ repercutieron directamente en el área nuclear. La construcción de la central Atucha II¹⁷⁴ se frena por completo, y se sanciona el decreto 1.540/94¹⁷⁵. Se conforma la empresa estatal Nucleoeléctrica Argentina S.A. Se llega al final del período con dos centrales nucleares cercanas al final de sus vidas útiles, con suspensión de ingresos por más de una década, y con un panorama desalentador luego de la crisis del año 2001.

Sexto Período (2003 – 2015): Bajo la presidencia de Néstor Carlos Kirchner, se crea el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Con los decretos 981/05¹⁷⁶ y 1.085/06¹⁷⁷ se formalizaron las bases para el nuevo Plan Nuclear Argentino, dando luego lugar al proyecto de ley nuclear que fue sancionado por el Congreso de la Nación, a través de la Ley 26.566/09¹⁷⁸. Incluía la extensión de vida de la central Embalse, la construcción de una cuarta central nuclear, la puesta en marcha de la central Atucha II, entre otros proyectos.

Casi al final de este período, luego de la puesta en marcha de Atucha II, y la reconexión de la central nuclear Embalse (una vez extendida su vida) se busca financiamiento internacional para incorporar más centrales nucleares al país. Luego de varias ofertas se comienza a negociar, con la opción considerada más conveniente, con

¹⁷²La ley de Reforma del Estado (Ley N°23.696) se puede encontrar en:

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-23696-98/normas-modifican>

¹⁷³La Ley de Emergencia Económica (Ley N°23.697) se puede encontrar en:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/15/norma.htm>

¹⁷⁴<https://www.na-sa.com.ar/es/centrales-nucleares/atucha-2>

¹⁷⁵El Decreto 1540/1994 puede encontrarse en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-1540-1994-13030>

¹⁷⁶El Decreto 981/2005 puede encontrarse en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-981-2005-108961>

¹⁷⁷El Decreto 1085/2006 puede encontrarse en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-1085-2006-119165>

¹⁷⁸La Ley N°26.566 se puede encontrar en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/162106>

China acerca de dos centrales nucleares. Las mismas serían una Hualong con agua liviana y uranio enriquecido y la otra con uranio natural y agua pesada¹⁷⁹.

Séptimo Período (2015 - 2019): Durante este período, bajo la presidencia de Mauricio Macri, se produce un despido masivo de profesionales calificados en el área nuclear de la empresa Nucleoeléctrica Argentina S.A. Se paralizan las negociaciones con China respecto de las dos posibles centrales nucleares que se venían negociando. Se intenta negociar con EE. UU. por otra central nuclear. El país se endeuda excesivamente con el fondo monetaria internacional¹⁸⁰.

Octavo Período (2020 - 2022): Bajo el gobierno de Alberto Fernández, con un país muy endeudado, se retoman las negociaciones con China, llegando a firmarse un contrato¹⁸¹. Pero este contrato sólo contemplaba un reactor nuclear de los dos anteriormente negociados. El mismo era el Hualong. Este periodo ha sido muy hostil debido a distintos factores internacionales, es decir la crisis económica mundial causada por la pandemia COVID. y luego la guerra entre Rusia y Croacia.

Al 2022 se sigue negociando en el ámbito nuclear, pero no se han registrados avances concretos.

¹⁷⁹Para más información:

<https://www4.hcdn.gob.ar/dependencias/dsecretaria/Periodo2023/PDF2023/TP2023/0012-D-2023.pdf>

¹⁸⁰Para más información:

https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/CONICETDig_e48b29cadd0a6d785c06d55f434cc04b

¹⁸¹Para más información: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-firmo-el-contrato-para-la-construccion-de-la-central-nuclear-atucha-iii>

Anexo IV

Índices De Inflación Anual En Argentina Entre 1945 Y 2021

Año	INDEC	Presidencia
1945	20%	Edelmiro Farrel
1946	18%	Edelmiro Farrel, Juan Domingo Perón
1947	14%	Juan Domingo Perón
1948	13%	Juan Domingo Perón
1949	31%	Juan Domingo Perón
1950	16%	Juan Domingo Perón
1951	37%	Juan Domingo Perón
1952	39%	Juan Domingo Perón
1953	4%	Juan Domingo Perón
1954	4%	Juan Domingo Perón
1955	12%	Juan Domingo Perón. Eduardo Lonardi Pedro Eugenio Aramburu
1956	13%	Pedro Eugenio Aramburu
1957	28%	Pedro Eugenio Aramburu
1958	19%	Pedro Eugenio Aramburu, Arturo Frondizi
1959	114%	Arturo Frondizi
1960	25%	Arturo Frondizi
1961	13%	Arturo Frondizi
1962	23%	Arturo Frondizi, José María Guido
1963	18%	José María Guido, Arturo Umberto Illia
1964	14%	Arturo Umberto Illia
1965	10%	Arturo Umberto Illia
1966	21%	Arturo Umberto Illia, Juan Carlos Onganía
1967	25%	Juan Carlos Onganía
1968	8%	Juan Carlos Onganía
1969	6%	Juan Carlos Onganía
1970	4%	Juan Carlos Onganía, Roberto Levingston
1971	29%	Alejandro Agustín Lanusse
1972	59%	Alejandro Agustín Lanusse
1973	60%	Alejandro Agustín Lanusse, Héctor Cámpora, Raúl Lastiri, Juan Domingo Perón
1974	24%	Juan Domingo Perón, Isabel Martínez de Perón
1975	183%	Isabel Martínez de Perón
1976	444%	Isabel Martínez de Perón. Jorge Rafael Videla
1977	176%	Jorge Rafael Videla
1978	176%	Jorge Rafael Videla

Año	INDEC	Presidencia
1979	160%	Jorge Rafael Videla
1980	101%	Jorge Rafael Videla
1981	165%	Jorge Rafael Videla, Roberto Eduardo Viola, Leopoldo Fortunato Galtieri
1982	344%	Leopoldo Fortunato Galtieri, Reynaldo Bignone
1983	434%	Reynaldo Bignone, Raúl Alfonsín
1984	688%	Raúl Alfonsín
1985	385%	Raúl Alfonsín
1986	82%	Raúl Alfonsín
1987	175%	Raúl Alfonsín
1988	388%	Raúl Alfonsín
1989	3.080%	Raúl Alfonsín. Carlos Saúl Menem
1990	2.314%	Carlos Saúl Menem
1991	84%	Carlos Saúl Menem
1992	18%	Carlos Saúl Menem
1993	7%	Carlos Saúl Menem
1994	4%	Carlos Saúl Menem
1995	2%	Carlos Saúl Menem
1996	0%	Carlos Saúl Menem
1997	0%	Carlos Saúl Menem
1998	1%	Carlos Saúl Menem
1999	-1%	Carlos Saúl Menem, Fernando de la Rúa
2000	-1%	Fernando de la Rúa
2001	-1%	Fernando de la Rúa, Ramón Puerta, Adolfo Rodríguez Saá, Eduardo Camaño
2002	41%	Eduardo Camaño, Eduardo Duhalde
2003	4%	Eduardo Duhalde, Néstor Kirchner
2004	6%	Néstor Kirchner
2005	12%	Néstor Kirchner
2006	10%	Néstor Kirchner
2007	9%	Néstor Kirchner, Cristina Fernández de Kirchner
2008	7%	Cristina Fernández de Kirchner
2009	8%	Cristina Fernández de Kirchner
2010	11%	Cristina Fernández de Kirchner
2011	10%	Cristina Fernández de Kirchner
2012	11%	Cristina Fernández de Kirchner
2013	11%	Cristina Fernández de Kirchner
2014	24%	Cristina Fernández de Kirchner
2015	25%	Cristina Fernández de Kirchner, Mauricio Macri
2016	36%	Mauricio Macri

Año	INDEC	Presidencia
2017	21%	Mauricio Macri
2018	48%	Mauricio Macri
2019	50%	Mauricio Macri, Alberto Fernández
2020	36%	Alberto Fernández
2021	51%	Alberto Fernández

Tabla 25: Índice de inflación anual en Argentina entre 1945 y 2021
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del INDEC¹⁸²

¹⁸²Las fuentes fueron extraídas del INDEC: [https://www.indec.gob.ar/indec/web/Institucional-Indec-
InformacionDeArchivo](https://www.indec.gob.ar/indec/web/Institucional-Indec-InformacionDeArchivo)

Crecimiento Del PIB Anual En Argentina Entre 1945 Y 2021

Año	Crecimiento del PIB % anual (codigo: NY.GDP.MKTP.KD.ZG)	Presidencia
1961	5,43	Arturo Frondizi
1962	-0,85	Arturo Frondizi, José María Guido
1963	-5,31	José María Guido, Arturo Umberto Illia
1964	10,13	Arturo Umberto Illia
1965	10,57	Arturo Umberto Illia
1966	-0,66	Arturo Umberto Illia, Juan Carlos Onganía
1967	3,19	Juan Carlos Onganía
1968	4,82	Juan Carlos Onganía
1969	9,68	Juan Carlos Onganía
1970	3,05	Juan Carlos Onganía, Roberto Levingston
1971	5,66	Alejandro Agustín Lanusse
1972	1,63	Alejandro Agustín Lanusse
1973	2,81	Alejandro Agustín Lanusse, Héctor Cámpora, Raúl Lastiri, Juan Domingo Perón
1974	5,53	Juan Domingo Perón, Isabel Martínez de Perón
1975	-0,03	Isabel Martínez de Perón
1976	-2,02	Isabel Martínez de Perón. Jorge Rafael Videla
1977	6,93	Jorge Rafael Videla
1978	-4,51	Jorge Rafael Videla
1979	10,22	Jorge Rafael Videla
1980	1,52	Jorge Rafael Videla
1981	-5,19	Jorge Rafael Videla, Roberto Eduardo Viola, Leopoldo Fortunato Galtieri
1982	-0,74	Leopoldo Fortunato Galtieri, Reynaldo Bignone
1983	4,35	Reynaldo Bignone, Raúl Alfonsín
1984	1,57	Raúl Alfonsín
1985	-5,19	Raúl Alfonsín
1986	6,15	Raúl Alfonsín
1987	2,70	Raúl Alfonsín
1988	-1,09	Raúl Alfonsín
1989	-7,16	Raúl Alfonsín. Carlos Saúl Menem
1990	-2,47	Carlos Saúl Menem
1991	9,13	Carlos Saúl Menem
1992	7,94	Carlos Saúl Menem
1993	8,21	Carlos Saúl Menem
1994	5,84	Carlos Saúl Menem

Año	Crecimiento del PIB % anual (codigo: NY.GDP.MKTP.KD.ZG)	Presidencia
1995	-2,85	Carlos Saúl Menem
1996	5,53	Carlos Saúl Menem
1997	8,11	Carlos Saúl Menem
1998	3,85	Carlos Saúl Menem
1999	-3,39	Carlos Saúl Menem, Fernando de la Rúa
2000	-0,79	Fernando de la Rúa
2001	-4,41	Fernando de la Rúa, Ramón Puerta, Adolfo Rodríguez Saá, Eduardo Camaño
2002	-10,89	Eduardo Camaño, Eduardo Duhalde
2003	8,84	Eduardo Duhalde, Néstor Kirchner
2004	9,03	Néstor Kirchner
2005	8,85	Néstor Kirchner
2006	8,05	Néstor Kirchner
2007	9,01	Néstor Kirchner, Cristina Fernández de Kirchner
2008	4,06	Cristina Fernández de Kirchner
2009	-5,92	Cristina Fernández de Kirchner
2010	10,13	Cristina Fernández de Kirchner
2011	6,00	Cristina Fernández de Kirchner
2012	-1,03	Cristina Fernández de Kirchner
2013	2,41	Cristina Fernández de Kirchner
2014	-2,51	Cristina Fernández de Kirchner
2015	2,73	Cristina Fernández de Kirchner, Mauricio Macri
2016	-2,08	Mauricio Macri
2017	2,82	Mauricio Macri
2018	-2,62	Mauricio Macri
2019	-2,03	Mauricio Macri, Alberto Fernández
2020	-9,90	Alberto Fernández
2021	10,26	Alberto Fernández

Tabla 26: Índice de inflación anual en Argentina entre 1945 y 2021
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados del Banco mundial¹⁸³

¹⁸³Las fuentes fueron extraídas del Banco Mundial

<https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2021&locations=AR&start=1961&view=chart>