



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES

CRISIS ENERGÉTICA Y TRANSICIÓN VERDE

Autor: Raúl Barrios Pérez-Coca

5º, E3-Analytics

Madrid

Abril del 2025

ÍNDICE

1. ABREVIATURAS.....	7
2. INTRODUCCIÓN.....	8
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
2.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	9
3. MARCO TEÓRICO.....	11
3.1. DEFINICIÓN DE CRISIS ENERGÉTICA.....	11
3.2. CONCEPTO DE TRANSICIÓN VERDE.....	13
3.3. <i>LITERATURE REVIEW</i>	14
4. CAUSAS DE LA CRISIS ENERGÉTICA.....	17
4.1. FACTORES ESTRUCTURALES Y COYUNTURALES.....	17
4.2. IMPACTO DE LA CRISIS ENERGÉTICA.....	19
4.2.1. Impacto global.....	19
4.2.2. Impacto en Europa.....	19
5. POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS EUROPEAS.....	21
5.1. PACTO VERDE EUROPEO Y EL PAQUETE LEGISLATIVO <i>FIT FOR 55</i> ...	22
5.2. PLAN REPOWEREU.....	23
6. IMPACTO DE LA CRISIS EN LA TRANSICIÓN VERDE EUROPEA.....	25
6.1. ACELERACIÓN DE LA TRANSICIÓN VERDE.....	25
6.2. IMPACTO DIFERENCIADO POR PAÍS Y REGIÓN.....	27
6.3. RETOS Y VENTAJAS PARA LA TRANSICIÓN VERDE TRAS LA CRISIS ENERGÉTICA.....	29
6.3.1. Principales retos a superar.....	29
6.3.2. Oportunidades emergentes.....	30
7. ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	31
7.1. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	31
7.2. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO.....	31

7.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS	32
8. CONCLUSIONES	35
8.1. PRINCIPALES HALLAZGOS	35
8.2. IMPLICACIONES FUTURAS	36
9. DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN TRABAJOS FIN DE GRADO	37
10. BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXO I: CÓDIGO DE PYTHON.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de la capacidad renovable en Europa (2000-2024)	33
Figura 2: Capacidad renovable: regresión segmentada	34

Palabras Clave: Crisis energética, Energías Renovables, REPowerEU, Seguridad Energética, Transición Verde, Unión Europea

Resumen: Este Trabajo de Fin de Grado analiza el impacto de la crisis energética de 2022 -desencadenada por la invasión rusa de Ucrania- sobre la transición verde en Europa. A través de un enfoque metodológico mixto que combina análisis cualitativo y datos empíricos proporcionados por IRENA, se examina si dicha crisis ha actuado como catalizador en la aceleración del despliegue de energías renovables en el continente.

El estudio identifica vulnerabilidades estructurales clave en el sistema energético europeo, como la alta dependencia de importaciones de combustibles fósiles y la escasa diversificación de fuentes de suministro, agravadas por los choques geopolíticos. Se analizan las políticas de la Unión Europea -en particular REPowerEU, el Pacto Verde Europeo y el paquete legislativo Fit for 55- que buscan mitigar estos riesgos mediante el refuerzo de la seguridad energética y el impulso de inversiones en energías limpias. Un análisis de regresión segmentada utilizando datos de capacidad renovable entre 2000 y 2024 confirma una aceleración estadísticamente significativa en el crecimiento de capacidad renovable a partir de 2022.

Los resultados muestran que, pese a retrocesos puntuales como el aumento de importaciones de GNL y una mayor dependencia temporal de combustibles fósiles, la crisis terminó por acelerar la transición verde europea. Las energías renovables superaron por primera vez en capacidad instalada a las fósiles, duplicando su ritmo de crecimiento tras 2022. Sin embargo, persisten retos como cuellos de botella en infraestructuras, riesgos de distorsión de mercado por subsidios, y una fuerte dependencia tecnológica de proveedores extracomunitarios.

Key Words: Energy Crisis, Energy Security, European Union, Green Transition, Renewable Energy, REPowerEU

Abstract: This dissertation investigates the impact of the 2022 energy crisis -triggered by the Russian invasion of Ukraine- on the green transition in Europe. Through a mixed-methods approach combining qualitative analysis and empirical data from IRENA, it examines whether the crisis acted as a catalyst for the acceleration of renewable energy deployment across the continent.

The study identifies key structural vulnerabilities in Europe's energy system, such as high dependency on fossil fuel imports and limited diversification of supply sources, which were exacerbated by geopolitical shocks. It analyzes how European Union policies - notably REPowerEU, the European Green Deal and the Fit for 55 legislative package- sought to mitigate these risks by enhancing energy security and boosting clean energy investments. A segmented regression analysis using renewable capacity data from 2000 to 2024 confirms a statistically significant acceleration in the growth of renewable capacity post-2022.

Findings show that, despite short-term setbacks like increased LNG imports and temporary reliance on fossil fuels, the crisis ultimately accelerated Europe's green transition. Renewables exceeded fossil-based installed capacity for the first time, with a growth rate doubling after 2022. However, challenges remain, including infrastructure bottlenecks, market distortion risks from subsidies, and reliance on non-EU technology suppliers.

1. ABREVIATURAS

AIE – Agencia Internacional de la Energía.

bcm – Millardo de metros cúbicos (*Billion Cubic Meters*).

CE – Comisión Europea.

EEMM – Estados Miembros.

GEI – Gases de Efecto Invernadero.

GNL – Gas Natural Licuado.

GW – Gigavatio.

IRENA - Agencia Internacional de Energías Renovables (*International Renewable Energy Agency*).

OCDE – Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

PVE – Pacto Verde Europeo.

UE – Unión Europea.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Planteamiento del problema

El comienzo de la década de 2020 estuvo marcado por la pandemia del COVID-19, que tuvo profundos efectos no solo en salud pública, sino también en las dinámicas sociales, políticas y económicas a nivel global. Socialmente, la crisis acentuó las desigualdades sociales y transformó las interacciones sociales y laborales hacia modelos más digitales. Políticamente, no solo generó enormes tensiones y obligó a los gobiernos a adoptar conductas autoritarias por las medidas restrictivas de libertades y derechos humanos que se vieron forzados a tomar, sino que además puso a prueba su capacidad de responder eficaz y decisivamente ante situaciones de emergencia. Económicamente, provocó una recesión sin igual en la historia reciente, obligando a muchas empresas y negocios a desaparecer, lo que aumentó considerablemente la precariedad e inestabilidad laboral (Clemente-Suárez et al., 2021).

Con el desarrollo y distribución en masa de vacunas contra el Coronavirus, la población y los gobiernos pusieron grandes esperanzas en una rápida reactivación económica, impulsada por diversos paquetes de ayuda, subsidios y reformas fiscales (Torres & Sánchez Juanino, 2023). No obstante, el estallido de la Guerra de Ucrania en febrero de 2022 truncó estas expectativas, desatando de nuevo una crisis económica y humanitaria, que sacudió los mercados, afectando especialmente al sector energético. La situación en Europa era especialmente vulnerable, ya que en aquel momento los países del viejo continente importaban 25% de su consumo total de energía desde Rusia. Los Estados Miembros [en adelante, “EEMM”] de la Unión Europea [en adelante, “UE”] compartían una situación muy similar, ya que el 45% de las importaciones de gas y de carbón, y el 25% de las de petróleo también tenían origen ruso. Esta sobre dependencia no solo ha revelado la fragilidad del sistema energético europeo, sino que también ha puesto de manifiesto la necesidad de redefinir la estrategia común de seguridad energética europea, centrada en construir un sistema apoyado en tres pilares: autonomía, seguridad y sostenibilidad (Gutiérrez Roa, 2023; Sánchez Cabezedo Rina, 2023).

El impacto de la crisis energética ha afectado de forma desigual a los países europeos: mientras que países como España se han visto menos afectados por su mayor diversificación de fuentes de energía, otros como Alemania sufrieron considerablemente más por su alta dependencia del gas ruso. Esta crisis provocó una repentina subida de los

precios de la energía, lo que a su vez impulsó un aumento de la inflación que afectó de forma generalizada a los países de la eurozona. Esta llegó a alcanzar el 10'6% en la eurozona y un 11'5% en la UE, cifras nunca vistas desde la creación e introducción del Euro en 1999 (Eurostat, 2022).

En definitiva, la invasión rusa de Ucrania ha provocado un profundo impacto en los mercados energéticos europeos, impulsando así la necesidad de acelerar la transición hacia fuentes de energía sostenibles, para así lograr una mayor independencia de combustibles fósiles y, por lo tanto, también del suministro de países terceros. Para lograr esto, la UE puso en marcha el plan REPowerEU en mayo de 2022, cuyos principales objetivos son: diversificar las fuentes de energía, incentivar la producción de energía limpia y aumentar el ahorro energético. Hasta el momento esta política ha permitido lograr considerables avances hacia estos objetivos: se ha reducido un 18% el consumo de gas y se ha superado la dependencia de los hidrocarburos rusos, se ha logrado producir por primera vez más electricidad solar y eólica que de la quema de gas, y se ha logrado una mayor seguridad en el acceso a energía renovable y asequible (Comisión Europea, 2023a). No obstante, el plan REPowerEU no solamente atiende a una coyuntura crítica, sino que también sienta las bases para una política energética común más robusta, que permita afrontar la transición energética a través de la acción conjunta de los diversos EEMM, en lugar de que estos adopten medidas unilaterales, cuyo potencial de provocar un cambio duradero y efectivo es más limitado.

A pesar de los avances en la comprensión del impacto económico y energético del COVID-19 y la guerra de Ucrania, existen vacíos en la literatura que requieren mayor atención. Concretamente, existe una falta de estudios empíricos con una base analítica sobre si realmente la crisis ha logrado impulsar la transición energética en Europa y determinar si esta aceleración en la adopción de fuentes de energía verdes tiene un carácter estructural y sostenible en el largo plazo, o si, por el contrario, se trata de respuestas cortoplacistas derivadas de una urgencia política, económica y social.

2.2. Objetivos del trabajo

El objetivo principal de este trabajo es analizar la evolución de la crisis energética reciente y sus efectos sobre la transición hacia una economía verde, con un enfoque en Europa. Para lograr esto, este trabajo buscará completar los siguientes objetivos específicos:

- Identificación de las causas estructurales y coyunturales de la crisis energética desencadenada por la invasión rusa de Ucrania, haciendo hincapié en la ruptura de la dependencia energética, la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles y la incertidumbre geopolítica asociada.
- Evaluación del impacto cuantitativo y cualitativo de la crisis energética en el mercado eléctrico europeo, analizando los cambios registrados en los precios y en la composición de la generación eléctrica, así como las variaciones en la demanda, además de examinar el efecto de la crisis sobre la oferta y demanda de combustibles fósiles y sobre la implementación de tecnologías renovables.
- Análisis detallado de las políticas adoptadas por la Unión Europea para mitigar las consecuencias de la crisis energética, evaluando su efectividad en términos de incremento de la capacidad renovable instalada, reducción de las emisiones de carbono y disminución de la dependencia energética externa.
- Examen de cómo la crisis energética ha acelerado la adopción de energías renovables y la descarbonización, identificando los desafíos concretos y las oportunidades emergentes surgidas durante este proceso.
- Comparativa de la respuesta de distintos países europeos ante la crisis energética, enfocándose en indicadores clave que permitan identificar de forma objetiva las mejores prácticas y las estrategias más efectivas en el contexto de la transición energética.
- Análisis cuantitativo que ayude a determinar objetivamente si la crisis energética ha tenido un impacto real en impulsar la transición verde.

La justificación académica de este trabajo radica en la necesidad de realizar un análisis integral y riguroso sobre la crisis energética actual y su impacto en la transición verde, un tema crítico en contexto europeo y global actual. Al abordar la crisis desde múltiples perspectivas, buscando indagar en sus causas, efectos y políticas públicas, este trabajo contribuirá a llenar vacíos en la literatura existente y a ofrecer una visión analítica que integre perspectivas económicas, sociales y medioambientales.

En cuanto a realización de este trabajo, se abordará empleando una metodología mixta. En primer lugar, se realizará un enfoque cualitativo basado en la revisión de la literatura y diversas fuentes para así identificar las causas de las crisis, consecuencias de la misma y las tendencias y políticas claves que afectan a la evolución energética en el ámbito europeo. Posteriormente, se analizarán datos cuantitativos provenientes de la Agencia

Internacional de Energías Renovables [en adelante, “IRENA”] para determinar la evolución de la transición verde europea en el contexto de la reciente crisis energética.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Definición de crisis energética

Una crisis energética se refiere a una situación de desequilibrio agudo entre la oferta y la demanda de energía, en la cual el suministro disponible no puede satisfacer las necesidades energéticas a precios razonables (Jayadas, 2017). En términos simples, ocurre cuando la demanda de energía excede significativamente la oferta, provocando escasez de recursos energéticos y un aumento drástico de los precios. Históricamente se han producido múltiples crisis energéticas, cada una desencadenada por diferentes factores contextuales, pero todas caracterizadas por sus graves repercusiones económicas y sociales. Estas crisis energéticas pueden surgir debido a una variedad de factores, pudiendo clasificarse fundamentalmente en dos tipos: crisis de oferta, y crisis de demanda.

Las crisis de oferta surgen por interrupciones en el suministro o producción de energía. Estas pueden deberse a conflictos bélicos, desastres naturales, fallos técnicos o decisiones de productores. Un ejemplo clásico es el embargo petrolero de 1973, cuando una reducción abrupta de la oferta de crudo provocó una cuadruplicación del precio del petróleo, lo que a su vez supuso el inicio de una recesión en muchas economías desarrolladas (Ilie, 2006). De modo similar, en 2022 Europa enfrentó una crisis de oferta de gas natural tras la invasión rusa a Ucrania, al reducirse drásticamente las entregas de gas ruso, lo que tensionó el mercado energético global (Consejo de la Unión Europea, 2024). Este tipo de crisis pone en evidencia la sobredependencia de ciertas fuentes o proveedores, ya que una interrupción repentina puede paralizar sectores enteros de la economía.

Las crisis de demanda ocurren cuando el consumo de energía crece de forma inesperada o más rápido de lo previsto, superando la capacidad de suministro existente. Un caso reciente fue la rápida reactivación económica tras la pandemia de COVID-19, que disparó la demanda energética a mediados de 2021, generando volatilidad e incremento de precios en electricidad, gas y petróleo (Comisión Europea, 2021). Asimismo, eventos climáticos

extremos -olas de frío o calor intensas- pueden provocar picos en la demanda de calefacción o aire acondicionado que estresan las redes energéticas. Si la infraestructura y las reservas no logran cubrir esos picos, pueden producirse apagones o racionamientos energéticos.

Es de especial relevancia en el contexto de este trabajo mencionar las crisis energéticas geopolíticas, generalmente provocadas por tensiones políticas internacionales, conflictos bélicos o uso del suministro energético como arma estratégica. En estos casos, la raíz de la crisis no es un fallo técnico ni un cambio económico o climático, sino decisiones deliberadas de actores estatales. La guerra de Ucrania es emblemática de este tipo de crisis: Rusia -uno de los mayores exportadores de gas y petróleo a nivel mundial- restringió sus exportaciones hacia Europa en represalia a las sanciones, desencadenando *“la primera crisis energética verdaderamente global”* según la Agencia Internacional de la Energía [en adelante, **“AIE”**] (AIE, s.f.-b). En gran parte, las crisis geopolíticas suelen manifestarse como crisis de oferta abruptas, pero se distinguen por su origen intencional y por involucrar consideraciones de seguridad energética nacional más allá de la economía de mercado.

Cabe señalar que estos tipos no son excluyentes y a menudo una misma crisis energética combina múltiples causas. Independientemente de su origen, las crisis energéticas tienden a generar impactos económicos y sociales profundos. Entre los impactos económicos destaca el alza generalizada de la inflación debido al encarecimiento de los combustibles y la electricidad, que a su vez eleva los costos de producción industrial y de transporte, erosionando la competitividad de las empresas y pudiendo inducir períodos de estanflación (Eurostat, 2022). A nivel social el impacto más inmediato es la pérdida de poder adquisitivo de los hogares por el aumento de las facturas de electricidad, gas y combustibles. Esto agrava la pobreza energética, entendida como la dificultad de ciertos grupos para permitirse servicios energéticos básicos sin sacrificar otros gastos esenciales. Durante la reciente crisis, muchos consumidores europeos se vieron golpeados por la subida de precios de la energía mientras enfrentaban también un encarecimiento de alimentos y otros bienes básicos.

En casos extremos, las crisis energéticas pueden obligar a racionar el consumo o provocar apagones, afectando la vida cotidiana y generando malestar social. Por ejemplo, ante la escasez de gas, varios países europeos prepararon planes de contingencia para limitar el uso energético en industrias y hogares en invierno de 2022/2023, evitando así

interrupciones incontroladas en el suministro (Sánchez Cabezudo, 2023). Además, los gobiernos suelen verse forzados a intervenir con medidas de emergencia, como subsidios a la energía, topes al precio del gas o reducciones temporales de impuestos, para mitigar el impacto en consumidores y empresas. En definitiva, la crisis energética es un fenómeno complejo que trasciende el sector energético y puede desestabilizar economías enteras, poniendo de relieve la importancia de contar con un sistema energético seguro, diversificado y resiliente.

3.2. Concepto de transición verde

La transición verde, alude al proceso de transformación fundamental del sistema energético actual hacia un modelo sostenible, descarbonizado y basado en energías limpias, que permita reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y así mitigar los efectos del cambio climático (Linares, 2018; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2025). Es decir, implica pasar de una matriz energética dominada por combustibles fósiles -petróleo, gas y carbón- a otra sustentada mayoritariamente por fuentes renovables libres de emisiones de carbono, todo ello acompañado por mejoras en eficiencia y cambios tecnológicos e institucionales (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2025).

La descarbonización es el núcleo de la transición verde e implica reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector energético; lo que conlleva sustituir combustibles fósiles por fuentes renovables y electricidad limpia en la generación de energía, el transporte, la industria y otros usos finales (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020). La UE, por ejemplo, adoptó el objetivo de neutralidad climática para 2050 bajo el Pacto Verde Europeo [en adelante, “PVE”] y metas intermedias como recortar al menos 55% las emisiones para 2030 con el plan *Fit for 55* (Fernández Gómez et al., 2022). La expansión de las energías renovables es el medio principal para alcanzar la descarbonización del sistema, fundamentalmente a través del aumento del uso de fuentes como: la solar fotovoltaica, la eólica terrestre y marina, la geotermia, la biomasa sostenible y la hidroeléctrica.

Otro de los pilares de la transición verde es la eficiencia energética, que consiste en reducir el consumo de energía manteniendo un nivel de servicio equivalente, mediante mejoras tecnológicas, cambios de comportamiento o procesos más inteligentes (Linares,

2009). Las estrategias de eficiencia abarcan un amplio espectro de posibilidades, que incluyen: la modernización de las redes eléctricas para gestionar una alta penetración renovable, el despliegue de infraestructura de recarga para vehículos eléctricos, la expansión del transporte público electrificado, la reconversión de instalaciones o equipamientos industriales de bajo consumo, la optimización de sistemas eléctricos, renovaciones estructurales de edificios para reducir sus necesidades energéticas, etc. (AIE, 2020). De hecho, los líderes de la UE impulsaron firmemente “*mejorar la eficiencia energética*” como uno de los elementos integrales de la respuesta estratégica tras la invasión de Ucrania (Consejo de la Unión Europea, 2024).

La transición verde también implica diversificar las fuentes de energía y las rutas de suministro para reducir la dependencia de combustibles fósiles importados y aumentar la resiliencia energética. Esto incluye desarrollar fuentes endógenas y proveedores variados para los combustibles que aún se necesiten importar, así como mejorar las interconexiones de redes eléctricas y gases entre países (Consejo de la Unión Europea, 2024). La seguridad energética y la transición ecológica se han vuelto objetivos complementarios: reducir las emisiones ya no es solo un imperativo ambiental, sino también una vía para lograr una energía más asequible y segura a largo plazo -al estar menos expuesto a la volatilidad de los combustibles fósiles- (AIE, 2022a).

3.3. *Literature Review*

La intersección entre crisis energética y transición verde ha sido objeto de un creciente cuerpo de literatura, especialmente a raíz de los acontecimientos recientes en Europa. En esta sección se presenta un resumen crítico de estudios previos que analizan cómo las crisis energéticas influyen -positiva o negativamente- en el proceso de transición hacia energías limpias, con énfasis en la experiencia europea y el impacto de la guerra de Ucrania. Asimismo, se identificarán las principales teorías y hallazgos, junto con vacíos existentes en la investigación.

Numerosos autores coinciden en que las crisis energéticas actúan como puntos de inflexión que pueden reorientar las políticas energéticas. Un referente histórico es la crisis petrolera de 1973, que motivó respuestas como mejoras de eficiencia y búsqueda de fuentes de energía alternativas -p.ej.: el impulso nuclear en Francia o las normas de ahorro de combustibles en Estados Unidos- (Gately, 1984; Ilie, 2006; Yuasa, 1982). Este patrón

-una crisis que desencadena reformas- se ha observado repetidamente a lo largo de la historia; por ejemplo, tras el shock geopolítico de 2022 la economía europea sufrió una perturbación similar en magnitud a la de los años 70, lo que ha obligado a la UE a replantear su estrategia energética y climática de forma acelerada (Torres & Sánchez Juanino, 2023).

En efecto, Europa ha experimentado un despertar geopolítico en materia de energía, redefiniendo el concepto de seguridad energética para enfatizar la autonomía estratégica y la sostenibilidad (Gutiérrez Roa, 2023). Así, la seguridad de suministro ya no se basa únicamente en garantizar cantidades suficientes a buen precio, sino en reducir dependencias de actores poco confiables y en alinear la política energética con objetivos geopolíticos y medioambientales (Gutiérrez Roa, 2023). La nueva conceptualización de la seguridad energética europea incorpora, por tanto, la transición verde como elemento central: diversificar con fuentes renovables y reducir el consumo fósil mejora tanto la resiliencia geopolítica como el cumplimiento climático.

En contraste, otros autores han explorado la tensión a corto plazo entre crisis e imperativos medioambientales. Algunos estudios advierten que una crisis energética puede ralentizar temporalmente la transición verde si los gobiernos priorizan la seguridad inmediata del suministro, aunque eso suponga recurrir más a combustibles fósiles (AIE, 2022b). Varios autores subrayan las limitaciones de las renovables en el corto plazo: ante una reducción súbita de la oferta de hidrocarburos rusos, las energías renovables no pudieron cubrir de inmediato el déficit, debido a cuellos de botella en infraestructura y a la intermitencia de fuentes como la solar o la eólica (Nordhaus & Lloyd, 2022).

Desde esta perspectiva, la crisis expuso la insuficiente preparación para prescindir rápidamente de los combustibles fósiles a pesar de los billones de euros invertidos por Europa durante las dos últimas décadas, evidenciando la necesidad de reforzar las redes, almacenamiento e interconexiones antes de poder depender totalmente de las energías verdes (Nordhaus & Lloyd, 2022). Un estudio comparativo sobre las crisis energéticas de 1973 y 2021 apunta conclusiones similares: en ambas, a corto plazo se recurrió a fuentes tradicionales -petróleo en los 70 e hidrocarburos en 2021- para subsanar la emergencia, aunque simultáneamente se gestaron cambios estructurales futuros, con el desarrollo de nuevas tecnologías y políticas energéticas (Santoyo Martínez, 2023).

Por otro lado, una corriente notable de la literatura enfatiza el efecto catalizador que las crisis pueden tener para la transición energética. Desde esta óptica, las crisis actúan como ventanas de oportunidad que aceleran innovaciones y reformas que, de otro modo, avanzarían lentamente. La AIE observó que la crisis desencadenada por la guerra de Ucrania ha supuesto un impulso sin precedente a las energías renovables, al subrayar los beneficios de seguridad energética de la generación de energías verdes domésticas (AIE, 2022a). De forma similar, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [en adelante, “OCDE”] destacó que el conflicto en Ucrania puso de relieve la necesidad de garantizar un suministro energético seguro y estable, y que acelerar la transición hacia fuentes renovables no solo reforzaría la seguridad energética, sino que también contribuiría a reducir las emisiones contaminantes (OCDE, 2022). Diversos investigadores señalan que medidas estructurales tomadas en Europa, como *REPowerEU* o *Fit for 55*, como evidencia de que la crisis ha inducido una aceleración de la transición verde (Sánchez Cabezudo Rina, 2023). Asimismo, se ha podido observar como la guerra de Ucrania ha llevado a la UE a realizar intervenciones coordinadas sin precedentes en el mercado energético -compras conjuntas de gas, límites al precio del gas en generación eléctrica y acuerdos solidarios de suministro entre EEMM, entre otros-, que han sentado bases para una integración energética más sólida y favorable a la transición verde (Sánchez Cabezudo Rina, 2023).

Teóricamente, el debate puede enmarcarse entre enfoques de seguridad energética versus sostenibilidad. Tradicionalmente, en una crisis, los países debían anteponer la seguridad a corto plazo sacrificando objetivos ecológicos (Cheung, 2023). Sin embargo, la literatura reciente tiende a considerar la seguridad energética y la transición verde como objetivos complementarios a largo plazo (BP, 2024). La noción de las “4 As de la seguridad energética” -Availability, Accesibility, Acceptability, Affordability- se ha actualizado para incorporar la aceptabilidad medioambiental como componente clave de la seguridad (Consejo Alemán de Relaciones Exteriores, s.f.; Centro de Investigación Energética de Asia y el Pacífico, 2007). Esto significa que un sistema energético seguro debe ser sostenible, y viceversa. Varios estudios post-2022 enfatizan esta convergencia: asegurar el suministro ya no implica solo diversificar proveedores fósiles, sino más bien transformar el mix energético hacia fuentes limpias que no estén sujetas a shocks geopolíticos ni a la volatilidad extrema de precios (BP, 2024; Gutiérrez Roa, 2023).

Pese al creciente número de publicaciones, persisten vacíos en la literatura. En primer lugar la mayoría de los estudios recientes se basan en análisis cualitativos o descriptivos de corto plazo. Dada la novedad de la crisis energética de 2022 aún hay escasa evidencia cuantitativa sobre sus efectos reales en las trayectorias de inversión y descarbonización. Falta investigar con datos empíricos hasta qué punto la crisis ha reorientado las inversiones gubernamentales y privadas hacia tecnologías verdes o si, por el contrario, ha generado un retroceso en la transición hacia energías sostenibles por la necesidad de los países de priorizar el suministro a corto plazo. Este terreno fértil de análisis requiere más investigación, especialmente ahora que se dispone de datos post-crisis más completos. El presente Trabajo de Fin de Grado se inscribe en esta línea, aportando evidencia cuantitativa actualizada sobre la relación entre la crisis energética y la transición verde en Europa. Además, este trabajo proporciona un script en lenguaje Python (véase Anexo I) que permitirá monitorear el progreso de la capacidad energética renovable en Europa con datos del reporte anual sobre este tema emitido por la IRENA.

4. CAUSAS DE LA CRISIS ENERGÉTICA

4.1. Factores estructurales y coyunturales

La actual crisis energética tiene raíces en factores estructurales profundos del sistema energético europeo, combinados con factores coyunturales que desencadenaron el reciente desequilibrio. Entre las causas estructurales destaca la elevada dependencia de Europa de los combustibles fósiles y de las importaciones de energía. Antes de la crisis, los combustibles fósiles suponían casi tres cuartas partes del consumo energético de la UE, y en 2022 todavía representaban cerca del 69.5% de toda la energía consumida en la Unión -sumando carbón, petróleo y gas- (Banco de España, 2023; Eurostat, 2024).

Esta fuerte dependencia se traduce en que Europa debía importar la mayor parte de su energía: en 2022 la tasa de dependencia energética de la UE alcanzó el 62.5% (Eurostat, 2024). Durante años, la limitada diversificación de fuentes y proveedores dejó a muchos países vulnerables ante interrupciones de suministro. Un ejemplo claro es la sobredependencia de los hidrocarburos rusos: en 2021, más del 40% del gas consumido en la UE procedía de Rusia, junto con el 27% del petróleo y el 46% del carbón importados (Comisión Europea, 2022e). Esta falta de diversificación en cuanto a fuentes de energía y proveedores exponía enormemente a Europa a riesgos geopolíticos. Asimismo, la falta

histórica de inversión suficiente en fuentes de energía alternativas y en infraestructuras energéticas robustas y autosuficientes contribuyó a la fragilidad del sistema.

Pese a los avances en la década de 2010 a 2020, en 2021 solo el 21.8% del consumo final bruto de energía de la UE provenía de fuentes renovables, muy por debajo de los objetivos marcados para 2030 (Eurostat, 2023a). La producción interna de combustibles fósiles, por su parte, había disminuido sostenidamente, sin un reemplazo completo por alternativas limpias. Adicionalmente, Europa adolecía de ciertas debilidades estructurales como la insuficiente interconexión energética entre países y escasa capacidad de almacenamiento en la mayoría de casos, lo que dificultaba compartir recursos energéticos en caso de crisis (Banco de España, 2023). En resumen, un mix energético dominado por fósiles importados, con diversificación limitada y un desarrollo todavía insuficiente de renovables, sentó las bases estructurales de la crisis energética.

Sobre esta base vulnerable actuaron factores coyunturales que precipitaron la crisis. Tras la recesión de 2020 por la pandemia de la COVID-19, 2021 vio una reactivación económica mundial extremadamente rápida, que impulsó la demanda energética a un ritmo extraordinario (AIE, s.f.-a). La oferta energética global no pudo ajustarse con la misma velocidad, generando tensiones en los mercados. Durante 2021 empezaron a registrarse desequilibrios: los inventarios de gas en Europa estaban inusualmente bajos al encarar el invierno, varias fuentes renovables rindieron por debajo de lo esperado -por ejemplo, menor generación eólica-, y los precios internacionales del gas y el carbón comenzaron a subir (AIE, s.f.-a).

Este escenario se agravó drásticamente a comienzos de 2022 con la invasión rusa de Ucrania, que convirtió las tensiones previas en una auténtica crisis energética mundial (AIE, s.f.-a; AIE, s.f.-b). Rusia redujo de forma abrupta el flujo de gas hacia Europa como represalia y los países impusieron sanciones energéticas -veto al carbón ruso desde agosto de 2022 y embargo al petróleo ruso transportado por mar desde diciembre de 2022-, esto tuvo como resultado un shock de oferta sin precedentes: el suministro de gas ruso a Europa se redujo en más de un 80% durante 2022, forzando a la UE a buscar suministros alternativos a contrarreloj (Zettelmeyer et al., 2022). Este colapso en la disponibilidad de uno de los principales proveedores, sumado al fuerte rebote de la demanda post-COVID, disparó los precios energéticos a niveles récord. El precio del gas natural en Europa alcanzó máximos históricos en agosto de 2022, y arrastró tras de sí el precio de la

electricidad en muchos mercados europeos (Consejo de la Unión Europea, s.f.-c). Los precios del petróleo también escalaron a su nivel más alto desde 2008 (AIE, s.f.-a).

En conclusión, la combinación de vulnerabilidades estructurales -alta dependencia de combustibles fósiles importados y lenta transición energética- con los choques coyunturales -rápida recuperación económica post-COVID y guerra rusa contra Ucrania- desató la crisis energética, alterando profundamente el equilibrio del mercado energético europeo y global.

4.2. Impacto de la crisis energética

4.2.1. Impacto global

A nivel mundial, el encarecimiento de la energía elevó la inflación general y provocó tensiones sociales y económicas en numerosos países. La AIE caracteriza esta situación como la primera crisis energética verdaderamente global, con precios récord, escasez de combustible, aumento de la pobreza energética y desaceleración económica en diversas regiones (AIE, s.f.-a; AIE, s.f.-b). De hecho, informes de la IRENA y del Banco Mundial demuestran que muchos países en desarrollo enfrentaron aumentos drásticos en sus facturas de importación de energía, lo que ha generado graves problemas de suministro, ha amenazado sus frágiles recuperaciones postpandemia y ralentizando de forma generalizada en estos países el acceso universal a la energía (IRENA, 2022; Banco Mundial, 2023).

Incluso economías avanzadas como Estados Unidos experimentaron la mayor inflación en décadas debido al alza de los combustibles. En junio de 2022, la inflación anual en Estados Unidos alcanzó la cifra récord de 9.1%, impulsada principalmente por el aumento de los precios de la energía y los alimentos (Trading Economics. s.f.).

4.2.2. Impacto en Europa

En Europa, las consecuencias han sido especialmente severas. El precio de la electricidad y el gas en los mercados europeos se multiplicó hasta 15 veces con respecto a comienzos del 2021 (Zettermeyer et al., 2022). Dado que en la UE el gas natural es un combustible clave tanto para la generación eléctrica como para la industria y la calefacción, estas

escalada sin precedentes en su precio tuvo un impacto inmediato en las facturas eléctricas de los hogares y en los costes de producción. En 2022, muchos países europeos vieron cómo el precio mayorista de la electricidad alcanzó máximos históricos, reflejando la dependencia de hidrocarburos para la generación de electricidad (AIE, s.f.-a). De hecho, gobiernos y empresas europeas prepararon planes de contingencia para reducir el consumo con el fin de evitar apagones o cortes de suministro incontrolados, y aunque finalmente se lograron evitar cortes generalizados, la amenaza fue real durante meses (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.-b).

Una consecuencia macroeconómica inmediata fue el repunte de la inflación a niveles no vistos en generaciones, ya que el encarecimiento de la energía se tradujo en aumentos generalizados de precios para los consumidores y empresas. En octubre de 2022 la inflación interanual alcanzó el 10.6% en la zona euro y 11.5% en el conjunto de la UE, las tasas más altas registradas desde la introducción del euro (Banco Central Europeo, 2023; Eurostat, 2022). Los componentes energéticos fueron el principal motor: durante 2022 los precios de la vivienda, electricidad, gas y otros combustibles en los hogares europeos aumentaron en promedio un 18%, arrastrando al alza también los costes de transporte y de producción de bienes básicos (Eurostat, 2023b). Esta inflación energética redujo el poder adquisitivo de las familias y comprometió la competitividad de las industrias más dependientes del uso de energía. Numerosas fábricas en Europa se vieron obligadas a recortar la producción o incluso a detener temporalmente sus actividades ante los costes prohibitivos de la energía (AIE, s.f.-a).

Cabe resaltar que el impacto de la crisis energética no ha sido homogéneo entre los países europeos. El diferente mix energético y el grado de dependencia energética externa de cada país ha determinado en gran medida la magnitud del impacto de las dificultades. Países con mayor diversificación de fuentes y menos atados a los hidrocarburos rusos, como España, se vieron relativamente menos afectados en términos de seguridad de suministro. España contaba con múltiples centrales de Gas Natural Licuado [en adelante, “GNL”] y obtenía gas de proveedores variados -como por ejemplo, Argelia-, lo que permitió sortear mejor la escasez física del gas en términos relativos.

En contraste, economías altamente dependientes del gas ruso, como Alemania, que antes de la guerra importaban más de la mitad de su gas de Rusia, sufrieron un impacto mayor: tuvieron que buscar urgentemente suministros alternativos de GNL -por ejemplo, Noruega-. De forma similar, otros países de Europa central y Europa del este -como

Eslovaquia, Hungría y otros países bálticos- que históricamente dependían casi totalmente del gas ruso, enfrentaron retos críticos hasta desarrollar infraestructuras nuevas -como interconexiones de redes eléctricas, conexiones a puertos de GNL vecinos, etc.-.

Estas diferencias en la vulnerabilidad energética se vieron claramente reflejadas en la inflación: cuando la inflación de la zona euro alcanzó su máximo de 10.6%, las tasas nacionales variaban desde un 7.1% en Francia -país con tarifas reguladas y líder en la generación de eléctrica nuclear- hasta un 22.5% en Estonia -país históricamente muy dependiente de las importaciones de hidrocarburos rusos- (Banco Central Europeo, 2024). En general, los países bálticos y de Europa del Este sufrieron alzas de precio más extremas, mientras que otros con mayor autonomía energética o medidas de contención lograron mantener la inflación más baja (Banco Central Europeo, 2024). No obstante, todos los EEMM se vieron afectados en mayor o menor medida por la crisis energética, evidenciando la necesidad de actualizar la concepción y políticas de seguridad energética a nivel europeo.

En definitiva, el aumento vertiginoso de los precios de la electricidad, las tensiones inflacionistas y riesgos de desabastecimiento tuvieron repercusiones económicas dispares pero significativas en toda Europa, que obligó a tomar medidas de emergencia en prácticamente toda la UE -desde subsidios y rebajas fiscales temporales, hasta intervenciones en el mercado mayorista eléctrico- para mitigar el impacto en empresas y consumidores (Comisión Europea, s. f.-a).

5. POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS EUROPEAS

Ante la gravedad de la crisis energética, la UE ha desplegado un amplio abanico de políticas y estrategias para afrontar la emergencia a corto plazo y acelerar la transición verde a medio y largo plazo. Estas respuestas se enmarcan: tanto en las nuevas medidas creadas específicamente para reducir la dependencia energética inmediata, con el plan *REPowerEU*; como en la aceleración de iniciativas existentes, con el *Pacto Verde Europeo* y el paquete legislativo *Fit for 55*. A continuación se analizan dichas estrategias, sus objetivos y los avances logrados hasta la fecha, haciendo hincapié en cómo buscan reducir la sobredependencia de combustibles fósiles, impulsar las energías renovables y reforzar la seguridad energética europea.

5.1. Pacto Verde Europeo y el paquete legislativo *Fit for 55*

Desde finales de la década de 2010, y en especial después del estallido de la guerra de Ucrania, la UE ha ido reforzando y acelerando sus políticas medioambientales y estratégicas de largo plazo, enmarcadas en: el PVE, también conocido como *European Green Deal*; y el paquete legislativo *Fit for 55*, conocido en español como Objetivo 55.

El PVE, establecido en 2019, es la hoja de ruta para que Europa alcance la neutralidad climática en 2050, implicando una transformación profunda de la economía hacia la sostenibilidad (Consejo de la Unión Europea, s.f.-b). Para traducir ese compromiso en acciones concretas, en julio de 2021 la Comisión Europea [en adelante, “CE”] presentó el paquete *Fit for 55*, un conjunto de 13 propuestas legislativas destinadas a garantizar una reducción de al menos un 55% en la emisiones de Gases de Efecto Invernadero [en adelante, “GEI”] de la UE para 2030. Este paquete abarca múltiples ámbitos -energía, transporte, industria, edificación y uso de la tierra-, con medidas que incluyen la reforma y la ampliación del Régimen de Comercio de Derechos de Emisión, objetivos más estrictos de emisiones de vehículos, la creación de un arancel climático a las importaciones, y en especial nuevas metas en energías renovables y eficiencia energética (Consejo de la Unión Europea, s.f.-a).

Tras la crisis energética, las iniciativas de Objetivo 55 cobraron mayor urgencia política al evidenciarse que la transición verde no solo es necesaria por el medioambiente, sino también crucial para la seguridad energética y la independencia geoestratégica de Europa. En consecuencia, varios elementos del paquete se han acelerado o reforzado desde 2022. Un ejemplo central es la revisión de la Directiva de Energías Renovables que incluye, aparte del objetivo vinculante del 42.5% de renovables para 2030, varios subobjetivos sectoriales -para el sector del transporte, sector industrial, sector de la construcción, y el sector de la calefacción y refrigeración- y medidas para agilizar proyectos, de modo que toda la economía europea incorpore energías limpias más rápidamente (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2018). Estas políticas, originalmente concebidas para la lucha climática, ahora son reconocidas también como pilares para reducir la dependencia de combustibles fósiles importados. Ya que al aumentar la generación renovable doméstica, electrificar la movilidad y calefacción, mejorar la eficiencia y

recortar el uso de gas y petróleo, Europa disminuye su vulnerabilidad ante shocks externos, reforzando así su soberanía energética.

Dentro del PVE, además del paquete Objetivo 55, existen otras iniciativas que complementan la respuesta a la crisis. La estrategia de la Unión de la Energía se ha visto fortalecida, promoviendo una mayor solidaridad y coordinación entre EEMM en materia de seguridad de suministro (Comisión Europea, 2023a). Asimismo, se están destinando importantes fondos de la UE -a través de programas como el *Innovation Fund* o el *Modernisation Fund*, y la reorientación de fondos de cohesión y recuperación- hacia proyectos verdes que reduzcan los cuellos de botella en el progreso hacia una transición verde real y efectiva (Comisión Europea, s. f.-b; Comisión Europea, s. f.-c).

En definitiva, el PVE proporciona el marco estructural integrador para que las medidas de REPowerEU y Objetivo 55 tengan coherencia a largo plazo: no solo se trata de superar la actual crisis energética, sino de transformar estructuralmente el sistema energético europeo hacia uno más seguro, diversificado y resiliente. La propia CE subraya en el informe de la Unión de la Energía 2023 que la respuesta a la crisis se ha realizado a través de la legislación del PVE -indicando que las acciones de emergencia para paliar los efectos de la crisis han ido de la mano de las reformas estructurales verdes- y que la UE está camino de cumplir los objetivos de REPowerEU gracias a la implementación de estas políticas (Comisión Europea, 2023a).

5.2. Plan REPowerEU

La respuesta de la UE ante la guerra de Ucrania y la crisis energética fue el plan REPowerEU, presentado por la CE en marzo de 2022 (Comisión Europea, 2022e). Este plan surge de la necesidad de reducir drásticamente la dependencia europea de los combustibles fósiles rusos en el menor tiempo posible, reconociendo que financiar a Rusia con importaciones energéticas comprometía tanto la economía como la integridad y seguridad del territorio europeo (Comisión Europea, 2022e). En palabras de la CE, REPowerEU establece acciones para eliminar gradualmente las importaciones de gas ruso mucho antes de 2030, partiendo de un volumen de 155.000 millones de m³ en 2021 que se pretendía recortar en dos tercios para final de 2022 (Comisión Europea, 2022e). El objetivo final es que Europa pueda ser completamente independiente de los combustibles fósiles rusos mucho antes de que se acabe la década, y para lograrlo el plan se articula en

tres ejes: diversificación de suministros energéticos, reducción de la demanda mediante el aumento de la eficiencia y ahorro energético, y la aceleración de la producción de energía limpia en la UE (Comisión Europea, 2022a; Dormido et al., 2022).

En cuanto a la diversificación del suministro, REPowerEU busca redirigir y asegurar fuentes alternativas de gas, petróleo y carbón tras el veto a Rusia. En el caso del gas natural esto implicó aumentar las importaciones de otros socios -como Noruega, Argelia, Azerbaiyán, Estados Unidos, Catar, etc.- y expandir rápidamente la capacidad de importación de GNL. Antes de la crisis el 43.5% del gas importado por la UE venía de Rusia, frente a un 23.6% de Noruega o 12.6% de Argelia; por tanto había margen para incrementar compras a otros proveedores distintos de Rusia (Comisión Europea, 2022e). Así, esta iniciativa logró impulsar acuerdos internacionales como el realizado con Estados Unidos, que comprometió envíos adicionales de GNL (Comisión Europea, 2022d). Además, también impulsó la creación de una plataforma energética europea para realizar compras conjuntas de gas entre EEMM, aumentando el poder de negociación y evitando competencia intraeuropea (Comisión Europea, 2022a). Paralelamente, se destinaron fondos para infraestructura crítica, como la construcción de nuevas terminales de regasificación de GNL y la mejora de interconexiones gasistas entre países, de forma que el gas pudiera fluir fácilmente a las zonas con mayor demanda (Comisión Europea, 2022c).

Siguiendo la filosofía de que el gas más seguro es aquel que no se consume, REPowerEU puso énfasis en medidas de reducción de la demanda y aumento de la eficiencia energética para disminuir el consumo de combustibles fósiles. En 2022, la UE aprobó un reglamento de emergencia que instaba a reducir voluntariamente un 15% de la demanda de gas natural entre agosto de 2022 y marzo de 2023, superándose esta meta con creces: la demanda de gas de la UE cayó algo más del 18% en ese periodo. A esto se le sumaron campañas de concienciación ciudadana -“ahorrar gas para un invierno seguro”- y planes nacionales de contingencia, que fueron adoptados por múltiples empresas y hogares, logrando disminuir su consumo temporalmente o favoreciendo el cambio a la utilización de combustibles alternativos (Comisión Europea, 2022a). Asimismo, REPowerEU reforzó objetivos de eficiencia y sentó las bases estructurales para un consumo más racional. De hecho, la nueva Directiva de Eficiencia Energética acordada en 2023 -dentro del paquete *Fit for 55* y alineada con REPowerEU- fija un objetivo vinculante de reducir el consumo de energía

final de la UE en 11.7% para 2030, consolidando en el largo plazo la prioridad del ahorro (Consejo de la Unión Europea, s.f.-a).

El tercer pilar de REPowerEU consiste en acelerar la transición verde, es decir, impulsar las energías renovables y otras fuentes bajas en emisiones de GEI para reemplazar los combustibles fósiles lo antes posible. Esto incluye medidas regulatorias y financieras para simplificar y acelerar la instalación de nuevas plantas eólicas y solares - por ejemplo, la Comisión emitió una recomendación y una normativa de emergencia para agilizar los procedimientos de concesión de permisos a proyectos renovables, identificando “zonas de acceso rápido” con evaluaciones ambientales más expeditivas-. Asimismo, REPowerEU elevó la ambición de los objetivos renovables de la UE: si el plan original Objetivo 55 proponía una cuota del 40% de renovables en 2030, REPowerEU la incrementó al 45% (Eurostat, 2023a). Aunque finalmente, el objetivo se ha rebajado a un 42.5% como mínimo, con aspiraciones a alcanzar esa cifra de 45% (Consejo de la Unión Europea, s.f.-a). Además de la solar y eólica, el plan promueve otras soluciones: un ambicioso programa para desarrollar el hidrógeno renovable -marcando el objetivo de 10 millones de toneladas de producción doméstica y otras 10 millones importadas para 2030- y el fomento del biometano -objetivo de 35 millardos de metros cúbicos [en adelante, “bcm” del inglés *billion cubic meters*] anuales para 2030- (Comisión Europea, 2022c).

En cuanto a la financiación, REPowerEU se integró en los instrumentos existentes: los países pudieron modificar sus Planes de Recuperación y Resiliencia, también conocido como *NextGenerationEU*, para movilizar inversiones público-privadas que permitan reforzar las redes eléctricas, incrementar el número de fábricas de componentes renovables, y apoyar a la industria y hogares europeos en su transición lejos de los combustibles fósiles (Dormido et al., 2022).

6. IMPACTO DE LA CRISIS EN LA TRANSICIÓN VERDE EUROPEA

6.1. Aceleración de la transición verde

Ante el abrupto corte del suministro de hidrocarburos rusos, la UE respondió creando estrategias como el plan REPowerEU y acelerando iniciativas como el PVE, con lo que se elevaron significativamente las metas de energías renovables para 2030 (Consejo de la

Unión Europea, s.f.-a; Eurostat, 2023a). Este impulso político orientado a reducir la dependencia de combustibles fósiles importados se tradujo rápidamente en un incremento récord de la capacidad renovable instalada. En 2022, la UE añadió 57 gigavatios [en adelante, “GW”] de nueva capacidad energética renovable, principalmente solar y eólica: aumentando con respecto a 2021 en un 60% los GW instalados para la energía fotovoltaica y en un 45% para la eólica (Comisión Europea, 2023a). Como resultado, las energías renovables generaron el 39% de la electricidad de la UE en 2022, y en mayo de 2023 la producción combinada de ambas superó por primera vez la de todas las fuentes fósiles (Comisión Europea, 2023a).

La AIE revisó al alza sus proyecciones para Europa, estimando que la capacidad renovable de la UE se duplicará entre 2022 y 2027, un pronóstico superior en un 30% al que se había realizado antes de la guerra (AIE, 2022a). Esta revolución renovable sugiere que la crisis ha fortalecido la determinación europea de abandonar los combustibles fósiles, hasta el punto de que la AIE prevé ahora que la demanda de petróleo, gas y carbón alcanzará su máximo en esta década, para no volver a recuperarse nunca (AIE, s.f.-b).

El encarecimiento extremo del gas natural durante la crisis realzó el atractivo económico de las tecnologías limpias: muchos gobiernos introdujeron incentivos fiscales, subastas aceleradas y apoyos regulatorios para energías verdes, al mismo tiempo que consideraron la seguridad energética como parte integral de la política climática (Dekeyrel, 2024). La premisa de que la energía limpia equivale a la independencia energética cobró fuerza, ya que las renovables no requieren combustible importado, sino que aprovechan recursos locales y disponibles en cualquier país -sol, viento o agua- (Banco Europeo de Inversiones, 2023). Además de la generación eléctrica, se aumentó también la inversión en proyectos relacionados con la eficiencia energética, y hubo un auge de tecnologías como las bombas de calor para calefacción, con ventas récord en Europa (Biol, 2023). Incluso la energía nuclear ha experimentado un renovado interés en varios países del viaje continente -por ejemplo, con la extensión de la vida de reactores en Bélgica y Francia, y nuevos proyectos nucleares en Europa del Este-, como parte de la estrategia de descarbonización y seguridad energética (Biol, 2023).

Gracias a todas estas acciones, Europa ha logrado disminuir significativamente la sobre dependencia histórica de Rusia: las importaciones rusas de gas se redujeron de 155 bcm en 2021 a 45 bcm en 2024 a nivel europeo (Comisión Europea 2022d; Tribunal de Cuentas Europeo, 2024).

En definitiva, la crisis energética, lejos de frenar la acción climática europea, ha acelerado la transición verde: la UE reforzó sus objetivos medioambientales con la implementación de diversos planes y estrategias, y está desplegando fuentes renovables a un ritmo sin precedentes para reducir tanto sus emisiones de GEI como su vulnerabilidad geopolítica (Comisión Europea, 2023a).

6.2. Impacto diferenciado por país y región

Si bien la tendencia general en Europa ha sido de aceleración de la transición verde, los impactos de la crisis energética han variado según la situación de cada país. Aquellos Estados altamente dependientes del gas ruso se vieron obligados a reaccionar con rapidez y efectividad. Alemania afrontó el corte de gas reabriendo temporalmente centrales de carbón y construyendo terminales de GNL en tiempo récord, pero simultáneamente adoptó uno de los paquetes más ambiciosos de energías renovables de su historia - conocido como el “Paquete de Pascua” de 2022- para alcanzar casi el 100% de electricidad renovable a mediados de la próxima década (Dekeyrel, 2024; Maliszewska-Nienartowicz, 2023). En contraste, Italia combinó nuevas metas renovables con una estrategia de emergencia centrada en diversificar el suministro de gas desde el norte de África -acuerdos con Argelia, Egipto, etc.-, lo que a corto plazo desvió recursos y atenuó el crecimiento de su capacidad verde (Maliszewska-Nienartowicz, 2023). De hecho, la adopción de renovables en Italia mostró resultados decepcionantes en 2022, principalmente por esa preferencia por un corredor energético alternativo de gas y por las condiciones climáticas adversas que sufrieron durante ese año -gran sequía que mermó considerablemente sus capacidades hidroeléctricas- (Maliszewska-Nienartowicz, 2023). A pesar de que ambos países modificaron profundamente sus estrategias energéticas tras la invasión rusa, especialmente aumentando el apoyo financiero y regulatorio a la energía limpia, la rapidez e intensidad del despliegue de energías verdes varía considerablemente según la situación específica de cada país: Alemania logró avances mucho mayores en renovables que Italia durante 2022, ya que sus respuestas inmediatas ante la crisis fueron prácticamente opuestas -mientras Italia dio mayor importancia a la importación de gas, Alemania se centró en implementar energías limpias- (Maliszewska-Nienartowicz, 2023).

En Europa central y oriental, la crisis también marcó diferencias significativas. Polonia, tradicionalmente muy dependiente del carbón -que componía cerca del 70% de su mix

energético-, aceleró su cambio de rumbo: además de importar más GNL de Estados Unidos y Noruega para sustituir el gas ruso, el gobierno elevó sustancialmente su ambición renovable, ya que su gobierno ahora espera generar un 47% de su electricidad con renovables para 2030 (Dekeyrel, 2024). Los países bálticos, por su parte, doblaron esfuerzos para romper los lazos energéticos con Rusia: los tres estados bálticos acordaron adelantar a 2025 la sincronización de sus redes eléctricas con la Europa continental para desconectarse del sistema ruso; y lanzaron proyectos de energías renovables a gran escala -por ejemplo, el parque eólico Sopi-Tootsi en Estonia, que será el mayor de estos tres países- (Banco Europeo de Inversiones, 2023; Comisión Europea, 2023). En contraste, países con menor capacidad institucional o financiera han avanzado con mayor lentitud post-2022: Bulgaria y Hungría, aunque apoyaron los objetivos comunitarios, continuaron apostando por centrales nucleares existentes y algunas importaciones fósiles, con menor expansión renovable inmediata en términos relativos (Comisión Europea, 2023a).

También se observan variaciones en Europa occidental y meridional. España y Portugal, relativamente menos expuestos al gas ruso, enfrentaron igualmente precios de la electricidad altísimos por la conexión al mercado europeo. Ambos países implementaron la “excepción ibérica” para proteger a los consumidores, y al mismo tiempo experimentaron un boom de la energía solar: añadiendo en torno a 8 GW solares nuevos -liderando junto a Alemania- y alcanzando máximos históricos de producción fotovoltaica (Comisión Europea, 2023a). Grecia destaca como caso de éxito: ante la crisis, ya que adoptó reformas para simplificar trámites y promover la inversión en renovables, posicionándola como segunda en la UE en nueva capacidad solar per cápita, siendo únicamente superado por los Países Bajos (Comisión Europea, 2023a). Por otro lado, Francia vivió un contexto particular, ya que su amplio parque nuclear sufrió numerosas paradas por mantenimiento a la vez que estalló la crisis, obligando al país a importar electricidad y aumentar temporalmente la generación fósil, lo que llevó al gobierno francés a reafirmar la apuesta nuclear a futuro como complemento de las renovables (Comisión Europea, 2023a).

En resumen, la crisis energética actuó como acelerador en la mayoría de los países europeos, pero la magnitud del avance verde ha dependido de las condiciones nacionales: los países que combinaron la respuesta de emergencia con políticas pro-renovables vieron una mayor aceleración de la transición verde, mientras que otros más enfocados en soluciones fósiles transitorias o con problemas internos tuvieron un progreso más

moderado o diferido en 2022. No obstante, en conjunto la UE logró compensar las diferencias mediante una acción coordinada y el intercambio de energía, evitando que las disparidades regionales desviaran la trayectoria general hacia los objetivos climáticos comunes.

6.3. Retos y Ventajas para la Transición Verde tras la Crisis Energética

6.3.1. Principales retos a superar

Aunque la crisis energética ha actuado como catalizador de la transición verde en Europa, también ha revelado importantes desafíos culturales, regulatorios y sociales que podrían dificultar su avance. Uno de los principales fue el resurgimiento puntual del uso de combustibles fósiles: para garantizar el suministro energético tras la interrupción del gas ruso, muchos países aumentaron sus importaciones de GNL, especialmente desde Estados Unidos, registrando un incremento del 60% en 2022 (Comisión Europea, 2023a). Este giro hacia el GNL, aunque comprensible en el corto plazo, plantea dudas de sostenibilidad: la duración de varios contratos firmados supera el 2040, lo que podría obstaculizar los objetivos de neutralidad climática establecidos para el 2050 si no se toman las medidas oportunas (Aitken, 2022).

También se intensificaron los retos económicos y sociales. El gasto público destinado a mitigar el alza de los precios energéticos fue extraordinario: los subsidios energéticos casi se duplicaron, alcanzando los 397.000 millones de euros en 2022 (Comisión Europea, 2025). Aunque estas ayudas evitaron una crisis social mayor, en algunos casos distorsionaron las señales de mercado necesarias para fomentar el ahorro y la electrificación limpia, por ejemplo: en España, la llamada “excepción ibérica” incentivó el consumo de electricidad generada con gas, aumentando su demanda un 50% en el sector eléctrico (Dekeyrel, 2024). Esta experiencia evidenció la necesidad de diseñar apoyos focalizados y temporales que no comprometan los objetivos estructurales de descarbonización.

En paralelo, la crisis expuso barreras estructurales en el despliegue de renovables, como los lentos procedimientos administrativos, la resistencia social a ciertas infraestructuras, o la falta de redes eléctricas adaptadas para gestionar grandes volúmenes de generación

intermitente (AIE, 2024). También se evidenció la alta dependencia europea de terceros países para componentes clave de la transición -el 96% de los paneles solares instalados en Europa durante 2022 se importaron desde China-, lo que ha llevado a la CE a lanzar nuevas estrategias industriales para impulsar la autonomía y autosuficiencia tecnológica, como el Green Deal Industrial Plan y la propuesta de la Net-Zero Industry Act (IRENA & Organización Internacional del Trabajo, 2024; Comisión Europea, 2023b; Comisión Europea, 2023c).

6.3.2. Oportunidades emergentes

No obstante, esta crisis también ha abierto oportunidades históricas. La UE ha aprovechado el momento para reforzar marcos legales y ambiciones climáticas: marcándose el ambicioso objetivo de un 42.5% de energías renovables para 2030, y ha creado mecanismos como el Fondo Social para el Clima para garantizar una transición justa e inclusiva (Consejo de la Unión Europea, s.f.-a). En términos económicos, la inversión anual de los países de la UE en proyectos de energía renovable alcanzó los 110.000 millones de euros, cifra que supera en diez veces la inversión en proyectos fósiles (Banco Europeo de Inversiones, 2023). Esto ha tenido efectos directos en el empleo: en 2023, el sector de energías renovables generó 1.81 millones de empleos en la UE (IRENA & Organización Internacional del Trabajo, 2024).

Además, la innovación tecnológica ha recibido un fuerte impulso. El hidrógeno renovable se ha convertido en una prioridad estratégica: la UE fijó el objetivo de producir 10 millones de toneladas anuales para 2030, complementadas con otros 10 millones provenientes de importaciones, y está implementando el Banco Europeo del Hidrógeno para financiar la diferencia de costes respecto a los combustibles fósiles (Comisión Europea, 2022c; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.-a). tecnologías como las bombas de calor y el almacenamiento energético están también en auge, al igual que la movilidad eléctrica, beneficiadas por una normativa firme y por la competitividad creciente de sus costes frente a los combustibles convencionales (AIE, 2024).

7. ANÁLISIS CUANTITATIVO

7.1. Descripción de la base de datos

La fuente de las base de datos es la IRENA, específicamente una de sus recopilaciones de datos más recientes: Estadísticas de Capacidad Renovable 2025. La IRENA publica anualmente en marzo las estadísticas de capacidad eléctrica instalada por tipo de fuente, con información detallada y actualizada suministrada directamente por los países miembros (IRENA, 2025). Por tanto, se trata de datos de alta fiabilidad y aceptación internacional, utilizados para monitorear el despliegue de energías renovables a nivel global.

En particular, para este análisis se emplea la hoja de datos “*Region*” del archivo proporcionado por IRENA. Esta hoja regional presenta la capacidad eléctrica instalada en MW, desagregada por región - África, Américas, Asia, Europa, y Oceanía-, tipo de tecnología y clasificada en dos grandes grupos: “*Total Renewable*” y “*Total Non-Renewable*”. Las tecnologías renovables incluyen la eólica, solar, hidráulica, bioenergía, geotermia y marina. Mientras que las no renovables abarcan los hidrocarburos -carbón, gas y petróleo-, la energía nuclear y el almacenamiento por bombeo, entre otras. Los datos representan la potencia instalada acumulada al final de cada año, lo que permite analizar la evolución temporal de la capacidad eléctrica renovable frente a la no renovable en Europa.

7.2. Metodología y Procedimiento

Para el procesamiento y análisis cuantitativo se ha optado por el uso del lenguaje Python en el entorno de Google Colab, dada su idoneidad para manejar datos de series temporales de forma reproducible y transparente (véase Anexo I para el script completo).

Primeramente se han filtrado los datos de la hoja “*Region*” para la región de “*Europe*”, extrayendo las filas correspondientes a este ámbito geográfico. A continuación, se han agregado los datos por año separando el grupo renovable versus el no renovable, con el fin de obtener las series anuales de capacidad instalada renovable total y capacidad no renovable total en Europa. Mediante esta agregación, se ha calculado también la capacidad total por año y el porcentaje de renovables -siendo este la participación de las

energías renovables en el total de la capacidad instalada, en %- . Estos indicadores permiten caracterizar la transición energética de Europa desde comienzos del milenio.

Dado el objetivo de evaluar empíricamente el posible impacto de la crisis energética de 2022 en la transición verde, el análisis se ha segmentado en dos subperiodos clave: 2000-2021, siendo esta la etapa pre-crisis energética; y 2022-2024, siendo esta la etapa post-crisis energética. Esta división temporal permite comparar la tendencia de la capacidad renovable antes y después del punto de quiebre hipotético en 2022 con el estallido del conflicto en Ucrania.

El núcleo del análisis consiste en estimar una regresión lineal segmentada para detectar si existe un cambio estructural en la tendencia de crecimiento de la capacidad renovable a partir de 2022. Concretamente, se ha ajustado el siguiente modelo de mínimos cuadrados ordinarios:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Año}_t + \beta_2 \cdot D_t + \beta_3 \cdot (\text{Año}_t \cdot D_t) + \varepsilon_t$$

Donde Y_t es la capacidad renovable instalada en Europa en el año t ; D_t es una variable dicotómica que toma valor 1 para los años de 2022 en adelante ($t \geq 2022$) y 0 en caso contrario, siendo consistente con la división pre y post crisis mencionada anteriormente; y el término Año_t es una interacción que permite que la pendiente temporal cambie tras 2022. En este modelo, β_1 capta la tendencia anual previa a 2022 -incremento medio de capacidad renovable por año en el periodo normal-, β_3 mide el cambio en la pendiente a partir de 2022 -es decir, cuánto se acelera o desacelera el crecimiento anual de renovables tras el comienzo de la crisis energética-, y β_2 recoge un posible cambio de nivel en 2022 -diferencia en la capacidad en 2022 más allá de lo predicho por la tendencia anterior-.

Un β_3 estadísticamente significativo positivo indicaría una aceleración de la tendencia de expansión de las energías renovables tras 2022, consistente con la hipótesis de un cambio estructural impulsado por la crisis energética. Por otro lado, un β_2 significativo sugeriría que 2022 marcó un punto de quiebre con un aumento o disminución abrupto en la capacidad no explicado solo por la tendencia de los años anteriores.

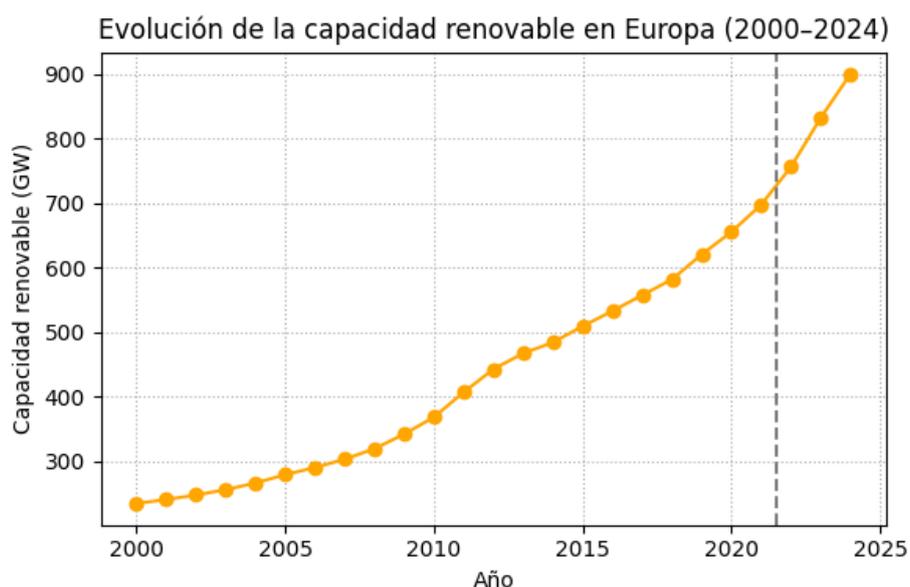
7.3. Resultados del Análisis

Los datos muestran un crecimiento sostenido y acelerado de la capacidad eléctrica renovable en Europa durante el periodo temporal completo -desde el 2000 hasta el 2024

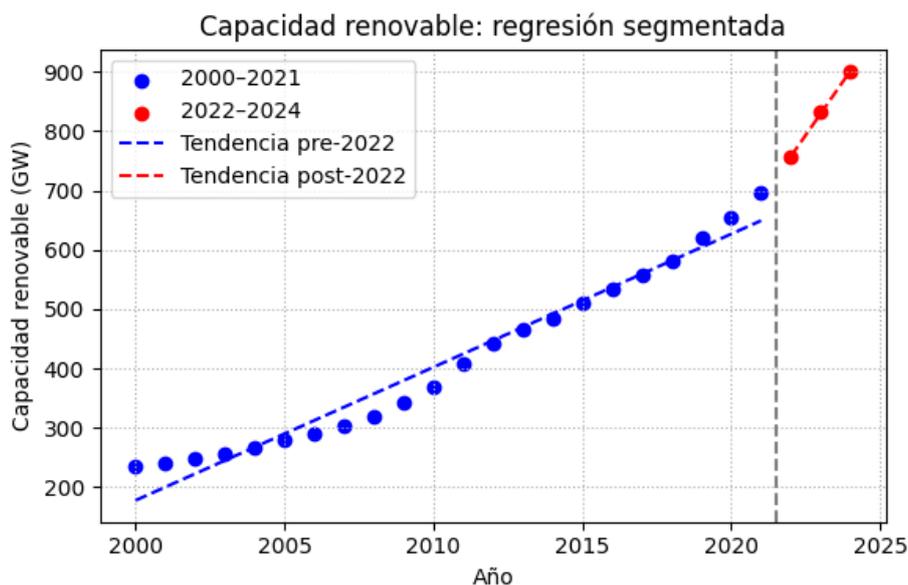
inclusive-. En el año 2000, Europa contaba con aproximadamente 234 GW de capacidad renovable instalada, frente a unos 798 GW de capacidad no renovable; es decir, las renovables representaban apenas un 23% de la capacidad total. Dos décadas más tarde, al terminar 2021, la capacidad renovable había ascendido a 698 GW, mientras que la no renovable se situaba en 792 GW, elevando la cuota renovable a aproximadamente un 47% de la total. Esta expansión implica que la capacidad renovable prácticamente se triplicó entre 2000 y 2021, reflejando las políticas climáticas y esfuerzos sostenidos de transición energética desde comienzos del milenio.

Sin embargo, el avance más notable ocurre en los años más recientes: entre 2021 y 2024 la capacidad renovable saltó de 698 GW a 900 GW, superando por primera vez a la capacidad fósil, que se situaba en 740 GW. Como podemos observar, la participación renovable aumentó alrededor de un 8% en tan solo tres años durante el período de post-crisis, lo que sugiere a simple vista una aceleración del despliegue renovable en los años posteriores al inicio de la guerra en Ucrania y la consecuente crisis energética.

Desde el punto de vista descriptivo, las estadísticas resumidas por subperiodos refuerzan esta conclusión inicial. La capacidad renovable media en Europa en el periodo pre-crisis fue de unos 414 GW, mientras que la media del periodo post-crisis se elevó a 830 GW, aunque hay que tener en cuenta que este último son solo tres años. Asimismo, el porcentaje de capacidad renovable mostró un salto, ya que promedió un 32% durante la etapa pre-crisis, mientras que en la etapa post-crisis promedió un 52%.



La estimación del modelo propuesto confirma estadísticamente la presencia de un cambio estructural significativo a partir de 2022. Los coeficientes obtenidos, todos significativos al 95% de confianza, indican que antes de 2022 la tendencia de crecimiento de la capacidad renovable en Europa era de aproximadamente 22.4 GW/año ($\beta_1 = 22443.1$, $p < 0.001$), mientras que después de 2022 el ritmo de instalación de energías renovables ha sido de aproximadamente 49.6 GW/año ($\beta_3 = 49589.3$, $p \approx 0.0164$), lo que nos indica que el ritmo instalación de nuevas energías renovables ahora se realiza a más del doble de velocidad que antes del estallido de la guerra en Ucrania. Además, el modelo sugiere un salto de nivel en 2022, ya que el coeficiente de la variable dicotómica post-2022 es positiva y significativo ($\beta_2 \approx +85.83$ GW, $p \approx 0.0048$), esto refleja que la capacidad renovable en 2022 quedó muy por encima de lo que habría predicho la tendencia previa, lo que refuerza nuestra tesis inicial de que la crisis energética ha impulsado la transición verde. En conjunto, el modelo alcanza un $R^2 \approx 0.98$, evidenciando que la mayor parte de la variabilidad interanual se explica por la tendencia temporal y el punto de quiebre considerado. En la figura a continuación se visualiza la diferencia de la capacidad renovable en Europa durante la etapa anterior a 2022 -en color azul-, y la etapa posterior a 2022 -en color rojo-. Resulta particularmente ilustrativa la tendencia de crecimiento de ambas etapas representada por las líneas discontinuas, pudiéndose observar como la tendencia post-2022 tiene una trayectoria más inclinada, lo que sugiere una aceleración en el despliegue e implementación de energías renovables.



8. CONCLUSIONES

8.1. Principales hallazgos

Los hallazgos cuantitativos del apartado anterior respaldan la hipótesis de que la crisis energética derivada de la guerra de Ucrania actuó como catalizador de la transición verde en Europa. El hecho de que la pendiente de crecimiento de capacidad renovable se haya intensificado de forma notable y estadísticamente significativa tras 2022 sugiere un cambio estructural: las políticas públicas y decisiones de inversión que se tomaron para paliar de forma inmediata los efectos de la crisis energética parece que han acelerado la instalación de proyectos renovables más allá de la tendencia inicial. En consonancia con lo anterior, la UE lanzó en 2022 la estrategia REPowerEU precisamente para reducir con rapidez la dependencia de hidrocarburos rusos y promover una adopción masiva de energías limpias por razones tanto económicas como de seguridad energética. Además, gracias al análisis realizado podemos determinar que tanto REPowerEU como el resto de políticas, han resultado exitosas hasta el momento, lo que se ve reflejado en el rápido crecimiento de energías renovables en Europa.

Los resultados observados -esto es, un salto del 8% en la cuota renovable en apenas tres años y haber alcanzado más del 50% de la capacidad energética proveniente de renovables- son coherentes con las medidas de emergencia y objetivos más ambiciosos adoptados tras la invasión de Ucrania. Esta aceleración empíricamente constatada en el periodo post-crisis también refleja como la preocupación por la independencia energética y la seguridad geopolítica se ha alineado con las metas climáticas: invertir en renovables se ha convertido no solo en una necesidad ambiental, sino en una estrategia clave para garantizar energía asequible y reducir la vulnerabilidad ante shocks de suministro fósil.

En definitiva, los datos nos sugieren que la crisis de 2022 ha marcado un punto de inflexión que ha impulsado una verdadera transición verde europea, acelerando el despliegue renovable a un ritmo mucho mayor que en décadas anteriores. Este resultado cuantitativo aporta evidencia al marco teórico e investigativo de este Trabajo de Fin de Grado, que postula que las crisis energéticas pueden acelerar la adopción de tecnologías limpias: en el caso europeo reciente, la necesidad de disminuir la dependencia del gas ruso y reforzar la seguridad energética ha adelantado varios años de progreso en energías renovables. No obstante, cabe mencionar que el análisis se basa únicamente en tres años

post-crisis, por lo que resulta importante seguir monitoreando con herramientas analíticas -como el código de Python incluido en este trabajo- si esta tendencia acelerada se mantiene durante resto de la década, conforme la UE persigue sus metas de neutralidad climática y seguridad energética.

8.2. Implicaciones futuras

A pesar de la reciente aceleración de la transición verde, Europa no puede permitirse relajar sus esfuerzos: es imprescindible mantener, e incluso intensificar, la inversión y el compromiso con las energías renovables. Solo así se podrán alcanzar las metas climáticas fijadas, como lograr al menos un 42.5% de energías renovables en 2030, y consolidar de forma estructural la reducción de la dependencia de combustibles fósiles importados.

El actual contexto de incertidumbre geopolítica, marcado por tensiones como la guerra de Ucrania, refuerza la importancia de afianzar la autonomía energética europea mediante fuentes limpias. En este sentido, continuar desarrollando las energías renovables no solo es esencial para cumplir objetivos ambientales de largo plazo, sino también para proteger a Europa frente a futuros shocks de suministro y la volatilidad de los mercados energéticos.

9. DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN TRABAJOS FIN DE GRADO

Por la presente, yo, **Raúl Barrios Pérez-Coca**, estudiante de **Derecho y Business Analytics (E3-Analytics)** de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado “**CRISIS ENERGÉTICA Y TRANSICIÓN VERDE**”, declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

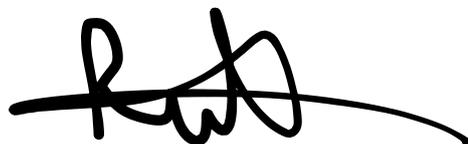
1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Crítico:** Para encontrar contra-argumentos a una tesis específica que pretendo defender.
3. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
4. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
5. **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.
6. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
7. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
8. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
9. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente

de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: **10 de abril de 2025**

Firma:

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

10. BIBLIOGRAFÍA

- AIE. (2020). *Energy Efficiency 2020*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>
- AIE. (2022a). *Renewables 2022: Analysis and forecast to 2027*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>
- AIE. (2022b). *World Energy Outlook 2022*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>
- AIE. (2024). *Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/96d66a8b-d502-476b-ba94-54ffda84cf72/Renewables_2023.pdf
- AIE. (s.f.-a). *Crisis energética mundial*. <https://www.iea.org/topics/global-energy-crisis?language=es>
- AIE. (s.f.-b). *La guerra de Rusia contra Ucrania*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ada7af90-e280-46c4-a577-df2e4fb44254/Renewables2022.pdf>
- Aitken, G. (2022). *When is enough, enough? The state of play with Europe's new LNG terminal projects in response to the energy crisis*. Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2022/12/GEM-EU-LNG-Briefing-2022.pdf>
- Banco Central Europeo. (2023). *Informe anual 2022*. <https://www.ecb.europa.eu/press/annual-reports-financial-statements/annual/html/ecb.ar2022~8ae51d163b.es.html>
- Banco Central Europeo. (2024). *The impact of energy prices on inflation in the euro area*. https://www.ecb.europa.eu/press/economic-bulletin/focus/2024/html/ecb.ebbox202405_05~6924b2283a.en.html
- Banco de España. (2023). *España y la Unión Europea frente a la crisis energética: ajuste a corto plazo y retos pendientes*. En *Informe Anual 2022* (Cap. 4). https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesAnuales/InformesAnuales/22/Fich/InfAnual_2022_Cap4.pdf

- Banco Europeo de Inversiones. (2023). *How the energy crisis sped up Europe's green transition*. <https://www.eib.org/en/essays/europe-energy-transition-renewable>
- Banco Mundial. (2023). *Scaling Up to Phase Down: Financing Energy Transition in Developing Countries*. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/04/20/scaling-up-to-phase-down-financing-energy-transition-in-developing-countries>
- Birol, F. (2023). *Where things stand in the global energy crisis one year on*. Agencia Internacional de la Energía. <https://www.iea.org/commentaries/where-things-stand-in-the-global-energy-crisis-one-year-on>
- BP. (2024). *Energy Outlook 2024*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf>
- Centro de Investigación Energética de Asia y el Pacífico. (2007). *A quest for energy security in the 21st century: Resources and constraints*. Institute of Energy Economics, Japan. https://aperc.or.jp/file/2010/9/26/APERC_2007_A_Quest_for_Energy_Security.pdf
- Cheung, A. (2023). *Energy transition in 2023: Into a new era*. BloombergNEF. <https://about.bnef.com/blog/energy-transition-in-2023-into-a-new-era/>
- Clemente-Suárez, V. J., Navarro-Jiménez, E., Moreno-Luna, L., Saavedra-Serrano, M. C., Jimenez, M., Simón, J. A., & Tornero-Aguilera, J. F. (2021). *The impact of the COVID-19 pandemic on social, health, and economy*. *Sustainability*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13116314>
- Comisión Europea. (2021). *Un conjunto de medidas de actuación y apoyo para hacer frente al aumento de los precios de la energía* [COM(2021) 660 final]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=COM:2021:660:FIN>
- Comisión Europea. (2022a). *Ahorrar gas para un invierno seguro: La Comisión propone un Plan de Reducción de la Demanda de Gas a fin de preparar a la UE para los recortes de suministro*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_22_4608

- Comisión Europea. (2022b). *Energy Security: Commission hosts first meeting of EU Energy Purchase Platform to secure supply of gas, LNG and hydrogen*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2387
- Comisión Europea. (2022c). *REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3131
- Comisión Europea. (2022d). *Joint Statement between the European Commission and the United States on European Energy Security*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_22_2041
- Comisión Europea. (2022e). *Tema destacado: reducir la dependencia de la UE de los combustibles fósiles importados*. https://commission.europa.eu/news/focus-reducing-eus-dependence-imported-fossil-fuels-2022-04-20_es
- Comisión Europea. (2023a). *Informe sobre el estado de la Unión de la Energía 2023 [COM (2023) 650 final]*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1698237100377&uri=COM%3A2023%3A650%3AFIN>
- Comisión Europea. (2023b). *Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece un marco de medidas para reforzar el ecosistema europeo de fabricación de productos de tecnologías de cero emisiones netas (Ley sobre la industria de cero emisiones netas) [COM(2023) 161 final]*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0161>
- Comisión Europea. (2023c). *Un Plan Industrial del Pacto Verde para la era de cero emisiones netas [COM(2023) 62 final]*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52023DC0062>
- Comisión Europea. (2025). *Informe de 2024 sobre las subvenciones a la energía en la UE [COM(2025) 17 final]*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52025DC0017>
- Comisión Europea. (s. f.-a). *La respuesta de la UE a la crisis energética*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/eu-action-address-energy-crisis_es

- Comisión Europea. (s.f.-b). *Modernisation Fund*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/modernisation-fund_en
- Comisión Europea. (s.f.-c). *What is the Innovation Fund?*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/what-innovation-fund_en
- Consejo Alemán de Relaciones Exteriores (s.f.). *Energy Security*. <https://dgap.org/en/research/glossary/climate-foreign-policy/energy-security>
- Consejo de la Unión Europea. (2024). *Cómo ha afectado a los mercados la invasión rusa de Ucrania: respuesta de la UE*. <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/eu-response-russia-military-aggression-against-ukraine-archive/impact-of-russia-s-invasion-of-ukraine-on-the-markets-eu-response/>
- Consejo de la Unión Europea. (s.f.-a). *Objetivo 55*. <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/fit-for-55/>
- Consejo de la Unión Europea. (s.f.-b). *Pacto Verde Europeo*. <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/european-green-deal/>
- Consejo de la Unión Europea. (s.f.-c). *Precios de la energía y seguridad del suministro*. <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/energy-prices-and-security-of-supply/>
- Dekeyrel, S. (2024). *The European energy crisis: Shock therapy for the EU's clean energy transition*. European Policy Centre. https://www.epc.eu/content/PDF/2024/Simon_Energy_policy_Brief.pdf
- Dormido, L., Garrido, I., L'Hotellerie-Fallois, P., & Santillán, J. (2022). *El cambio climático y la sostenibilidad del crecimiento: iniciativas internacionales y políticas europeas* (Documento ocasional n.º 2213). Banco de España. <https://repositorio.bde.es/bitstream/123456789/22528/1/do2213.pdf>
- Eurostat. (2022). *Annual inflation up to 10.6% in the euro area*. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/15265521/2-17112022-AP-EN.pdf/b6953137-786e-ed9c-5ee2-6812c0f8f07f>

- Eurostat. (2023a). *22% of energy consumed in 2021 came from renewables*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20230119-1>
- Eurostat. (2023b). *Energy prices in the second half of 2022*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20230309-2>
- Eurostat. (2024). *Energy statistics - an overview*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview
- Fernández Gómez, J., Kamp, B., & Retegi Albisua, J. (2022). *Transición verde en la Unión Europea, competitividad empresarial y ecoinnovación*. <https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/otros-informes/220049-Transición-Verde-Competitividad-Ecoinnovación.pdf>
- Gately, D. (1984). A ten-year retrospective: OPEC and the world oil market. *Journal of Economic Literature*, 22(3), 1100–1114. <https://www.jstor.org/stable/2725308>
- Gutiérrez Roa, T. (2023). Redefinir la seguridad energética europea: Una nueva conceptualización para potenciar el despertar geopolítico de la UE. *Perspectivas Y Desafíos De La V Vicepresidencia Española De La Unión Europea*, (1), 161–178. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/933653.pdf>
- Ilie, L. (2006). *Economic considerations regarding the first oil shock, 1973–1974* [MPRA Paper No. 6431]. Lucian Blaga University of Sibiu. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/6431/1/MPRA_paper_6431.pdf
- IRENA, & Organización Internacional del Trabajo. (2024). *Renewable energy and jobs: Annual review 2024*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Oct/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2024.pdf
- IRENA. (2022). *Informe: La pandemia de COVID-19 demora el avance hacia el acceso universal a la energía*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2022/Jun/Tracking_SDG7_2022_Press_Release_ES.pdf

- IRENA. (2025). *Renewable capacity statistics 2025*. <https://www.irena.org/Publications/2025/Mar/Renewable-capacity-statistics-2025>
- Jayadas, S. (2017). *Energy crisis – A result of human overconsumption? International Journal of Innovative Research in Technology*, 4(7), 590–592. https://www.ijirt.org/master/publishedpaper/IJIRT145147_PAPER.pdf
- Linares, P. (2009). *EFICIENCIA ENERGÉTICA Y MEDIO AMBIENTE*. Información Comercial Española, ICE: Revista de economía, (847), 75–92. <https://revistasice.com/index.php/ICE/article/view/1227/1227>
- Linares, P. (2018). *La transición energética*. *Ambienta*, (125), 20–31. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. NIPO 013-17-065-7. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM%2FPDF_AM_Ambienta_2018_125_20_31.pdf
- Maliszewska-Nienartowicz, J. Z. (2023). *The impact of the Russian invasion of Ukraine on renewable energy: A comparison of current developments in Germany and Italy*. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=4464810>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *Estrategia a largo plazo para una economía española moderna, competitiva y climáticamente neutra en 2050*. https://ec.europa.eu/clima/sites/its/its_es_es.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.-a). *European Hydrogen Bank*. <https://www.miteco.gob.es/es/energia/hidrocarburos-nuevos-combustibles/hidrogeno/european-hydrogen-bank.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.-b). *Seguridad energética*. Gobierno de España. <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/seguridad-energetica.html>
- Nordhaus, T., & Lloyd, J. (2022). *El resurgimiento de la energía nuclear*. *Finanzas y Desarrollo*, Fondo Monetario Internacional. <https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2022/12/nuclear-resurgence-nordhaus-lloyd>

- OCDE. (2022). *OECD Economic Outlook: Volume 2022, Issue 1*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/62d0ca31-en>
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2018). *Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 328, 82–209. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2025). *¿Qué es la transición hacia una energía sostenible y por qué es clave para combatir el cambio climático?* UNDP Climate Promise. <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-es-la-transicion-hacia-una-energia-sostenible-y-por-que-es-clave-para-combatir>
- Sánchez Cabezudo Rina, T. (2023). Afectación de la guerra de Rusia y Ucrania en Europa: La crisis energética. *Perspectivas Y Desafíos De La V Vicepresidencia Española De La Unión Europea*, (1), 147–160. <https://dialnet.unirioja.es/download/libro/933653.pdf>
- Santoyo Martínez, M. (2023). *Análisis comparativo de las crisis energéticas de 1973 y 2021: causas y consecuencias económicas, sociales y políticas* (Trabajo de Fin de Grado, Universidad Pontificia Comillas - ICADE). <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/68921/TFG-%20Santoyo%20Martinez%20Maria%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, R., & Sánchez Juanino, P. (2023). La economía europea tras el shock geopolítico. *Papeles De Economía Española*, (177), 35–48. https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2023/11/PEE_177_Torres_Sanchez.pdf
- Trading Economics. (s.f.). *Estados Unidos - Tasa de inflación 1914-2025 Datos | 2026-2027 Expectativa*. <https://es.tradingeconomics.com/united-states/inflation-cpi>
- Tribunal de Cuentas Europeo. (2024). *Informe Especial 09/2024: Seguridad del suministro de gas en la Unión Europea – El marco de la UE ayudó a los Estados miembros a responder a la crisis, pero no puede acreditarse el impacto de algunas medidas de respuesta*. <https://www.eca.europa.eu/es/publications?ref=SR-2024-09>

Yuasa, T. (1982). La crisis petrolera y la respuesta de Japón. *Las relaciones económicas entre México y Japón: Influencia del desarrollo petrolero mexicano* (pp. 168–214). El Colegio de México.
<https://www.jstor.org/stable/j.ctv233p27.7>

Zettelmeyer, J., Tagliapietra, S., Zachmann, G., & Heussaff, C. (2022). *Derrotar la crisis energética europea*. Finanzas & Desarrollo. <https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2022/12/beating-the-european-energy-crisis-Zettelmeyer>

ANEXO I: CÓDIGO DE PYTHON

```
import pandas as pd
```

```
import statsmodels.api as sm
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

1. Carga de datos

```
archivo_datos = "IRENA_Stats_extract_2025 H1.xlsx"
```

```
df = pd.read_excel(archivo_datos, sheet_name="Region")
```

2. Filtrado y agregación

```
df_europe = df[df["Region"] == "Europe"].copy()
```

```
df_agg = df_europe.groupby(["Year", "RE or Non-RE"])["Sum of Electricity Installed  
Capacity (MW)"].sum().reset_index()
```

```
df_pivot = df_agg.pivot(index="Year", columns="RE or Non-RE", values="Sum of  
Electricity Installed Capacity (MW)").reset_index()
```

```
df_pivot.sort_values("Year", inplace=True)
```

```
df_pivot.rename(columns={"Total Renewable": "Renewable_Capacity_MW", "Total  
Non-Renewable": "NonRenewable_Capacity_MW"}, inplace=True)
```

3. Creación de variables

```
df_pivot["Total_Capacity_MW"] = df_pivot["Renewable_Capacity_MW"] +  
df_pivot["NonRenewable_Capacity_MW"]
```

```
df_pivot["Renewable_Share_pct"] = 100 * df_pivot["Renewable_Capacity_MW"] /  
df_pivot["Total_Capacity_MW"]
```

```
df_pivot["Post2022"] = (df_pivot["Year"] >= 2022).astype(int)
```

```
df_pivot["Year_centered"] = df_pivot["Year"] - 2022
```

```
df_pivot["Year_c_x_Post2022"] = df_pivot["Year_centered"] * df_pivot["Post2022"]
```

3. Definición del modelo OLS

```
Y = df_pivot["Renewable_Capacity_MW"]
```

```
X = sm.add_constant(df_pivot[["Year_centered", "Post2022", "Year_c_x_Post2022"]])
```

```
modelo = sm.OLS(Y, X).fit()
```

```
print("Resultados de la regresión lineal segmentada:")
```

```
print(modelo.summary())
```

5. División y análisis por subperiodos

```
pre_period = df_pivot[df_pivot["Year"] < 2022]
```

```
post_period = df_pivot[df_pivot["Year"] >= 2022]
```

```
media_renovable_pre = pre_period["Renewable_Capacity_MW"].mean()
```

```
media_renovable_post = post_period["Renewable_Capacity_MW"].mean()
```

```
media_cuota_pre = pre_period["Renewable_Share_pct"].mean()
```

```
media_cuota_post = post_period["Renewable_Share_pct"].mean()
```

6. Coeficientes

```
b0 = modelo.params["const"]
```

```
b1 = modelo.params["Year_centered"]
```

```
b2 = modelo.params["Post2022"]
```

```
b3 = modelo.params["Year_c_x_Post2022"]
```

```
crecimiento_pre = b1
```

```
crecimiento_post = b3
```

7. Impresión datos descriptivos

```
print(f"\nCapacidad renovable media 2000-2021: {media_renovable_pre:.2f} MW")
```

```
print(f"Capacidad renovable media 2022-2024: {media_renovable_post:.2f} MW")
```

```
print(f"Porcentaje renovable medio 2000-2021: {media_cuota_pre:.2f}%")
```

```
print(f"Porcentaje renovable medio 2022-2024: {media_cuota_post:.2f}%\n")
```

```
print(f"Salto de nivel en 2022: {b2:.2f} MW (p = {modelo.pvalues['Post2022']:.4f})")
```

```
print(f"Ritmo de crecimiento anual pre-2022: {crecimiento_pre:.2f} MW/año (p = {modelo.pvalues['Year_centered']:.4f})")
```

```
print(f"Ritmo de crecimiento anual post-2022: {crecimiento_post:.2f} MW/año (p = {modelo.pvalues['Year_c_x_Post2022']:.4f})")
```

8. Visualización gráfica

Gráfico 1: Evolución de la capacidad renovable

```
plt.figure(figsize=(6, 4))
```

```
plt.plot(df_pivot["Year"], df_pivot["Renewable_Capacity_MW"] / 1000, marker="o", color="orange")
```

```
plt.axvline(x=2021.5, color="gray", linestyle="--")
```

```
plt.title("Evolución de la capacidad renovable en Europa (2000–2024)")
```

```
plt.xlabel("Año")
```

```
plt.ylabel("Capacidad renovable (GW)")
```

```
plt.grid(True, linestyle=":")
```

```
plt.tight_layout()
```

```
plt.show()
```

Gráfico 2: Regresión segmentada

```
plt.figure(figsize=(6, 4))
```

```
plt.scatter(pre_period["Year"], pre_period["Renewable_Capacity_MW"] / 1000,  
color="blue", label="2000–2021")
```

```
plt.scatter(post_period["Year"], post_period["Renewable_Capacity_MW"] / 1000,  
color="red", label="2022–2024")
```

```
years_pre = range(2000, 2022)
```

```
years_c_pre = [y - 2022 for y in years_pre]
```

```
pred_pre = [b0 + b1 * yc for yc in years_c_pre]
```

```
years_post = range(2022, 2025)
```

```
years_c_post = [y - 2022 for y in years_post]
```

```
pred_post = [b0 + b2 + (b1 + b3) * yc for yc in years_c_post]
```

```
plt.plot(years_pre, [y / 1000 for y in pred_pre], color="blue", linestyle="--",  
label="Tendencia pre-2022")
```

```
plt.plot(years_post, [y / 1000 for y in pred_post], color="red", linestyle="--",  
label="Tendencia post-2022")
```

```
plt.axvline(x=2021.5, color="gray", linestyle="--")
```

```
plt.title("Capacidad renovable: regresión segmentada")
```

```
plt.xlabel("Año")
```

```
plt.ylabel("Capacidad renovable (GW)")
```

```
plt.legend()
```

```
plt.grid(True, linestyle=":")
```

```
plt.tight_layout()
```

```
plt.show()
```