

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ENERGÉTICA SOSTENIBLE

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

### *APLICACIÓN DE METODOLOGÍA RÁPIDA PARA AGILIZAR ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL: CENTRALES TÉRMICAS*



**Estudiante:** Martinez Chuquiwayta, Juan Carlos

**Director/Directora:** Rozas Guinea, Saroa

## RESUMEN

El presente trabajo aplica una metodología con el objetivo de acelerar la identificación de acciones y medidas correctoras en un análisis de impacto ambiental de un proyecto. Está enfocado en cuatro categorías de centrales térmicas de generación eléctrica (gas natural, nuclear, carbón y biomasa). Para ello, se aborda la problemática ambiental actual, destacando la necesidad y el impacto de las fuentes convencionales de energía en la salud humana y su entorno. A continuación, se proporciona una visión y entendimiento de las leyes que rigen la realización de estudios de impacto ambiental, junto con una descripción de las centrales mencionadas. Como resultado final, se explica brevemente cómo aplicar la metodología en los archivos Excel generados, logrando una reducción de 70 horas en el tiempo que puede invertir una persona cuando realiza un estudio de impacto ambiental de una central convencional térmica.

**Palabras clave:** estudio de impacto ambiental, impacto ambiental, metodología, central convencional térmica, cambio climático, ley 21/2013, estandarización, emisiones.

---

## LABURPEN

Lan honek metodologia bat aplikatzen du, proiektu baten ingurumen-inpaktuaren azterketan ekintzak eta neurri zuzentzaileak identifikatzea azkartzeko helburuarekin. Energia termikoa sortzeko lau kategoriatan oinarritzen da (gas naturala, nuklearra, iatza eta biomasa). Horretarako, egungo ingurumen-arazoa lantzen da, ohiko energia-iturriek giza osasunean eta bere ingurunean duten beharra eta eragina nabarmenduz. Jarraian, ingurumen-inpaktuaren azterketak egitea arautzen duten legeen ikuspegi orokorra eta ulermena ematen da, aipatutako landareen deskribapenarekin batera. Azken emaitza gisa, sortutako Excel fitxategietan metodologia nola aplikatu laburki azaltzen da, ohiko zentral termiko baten ingurumen-inpaktuaren azterketa egitean pertsona batek inbertitu dezakeen denbora 70 ordu murriztea lortuz.

**Gako-hitzak:** ingurumen-inpaktuaren azterketa, ingurumen-inpaktua, metodologia, ohiko zentral termikoa, klima-aldaketa, 21/2013 legea, normalizazioa, isurketak.

---

## SUMMARY

This work applies a methodology with the objective of accelerating the identification of actions and corrective measures in an environmental impact analysis of a project. It is focused on four categories of thermal power generation plants (natural gas, nuclear, coal and biomass). To do this, the current environmental problem is addressed, highlighting the need and impact of conventional energy sources on human health and its environment. An overview and understanding of the laws governing the conduct of environmental impact studies is provided below, along with a description of the plants mentioned. As a final result, it is briefly explained how to apply the methodology in the generated Excel files, achieving a reduction of 70 hours in the time that a person can invest when carrying out an environmental impact study of a conventional thermal power plant.

**Keywords:** environmental impact study, environmental impact, methodology, conventional thermal power plant, climate change, law 21/2013, standardization, emissions.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	2
ÍNDICE.....	3
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	6
1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. CONTEXTO .....	10
2.1 IMPACTO AMBIENTAL Y CRISIS CLIMÁTICA.....	11
2.2. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS SERES HUMANOS.....	22
2.2.1. Impacto en la salud y el bienestar.....	22
2.2.2. Salud Mental .....	29
2.2.3. Desplazamiento.....	29
2.2.4. Impacto en la alimentación.....	30
2.2.5. Impacto en el agua .....	31
2.2.6. Impacto en las infraestructuras.....	31
2.2.7. Impacto en la economía .....	32
2.2.8. Biodiversidad y ecosistemas.....	34
2.3. MEDIDAS PARA MITIGAR LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	35
2.3.1. Agenda 2030 y los ODS.....	35
2.3.1.1. Fin de la pobreza .....	36
2.3.1.2. Hambre cero.....	36
2.3.2. Acuerdos internacionales.....	49
2.4. USO DE LAS CENTRALES CONVENCIONALES DE ENERGÍA.....	53
2.4.1. Energía a nivel mundial .....	54
2.4.2. Consumo de carbón .....	62
2.4.3. Consumo de petróleo.....	63
2.4.4. Consumo de gas natural .....	65
2.4.5. Consumo de uranio .....	66
2.4.3. Consumo de agua para hidroeléctrica. ....	68
3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO.....	69
4. BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO .....	71
5. MARCO LEGAL .....	73
5.1. ACUERDOS INTERNACIONALES .....	73
5.1.1. La Directiva 2008/50/CE.....	73
5.1.2. La Directiva 2009/147/CE.....	73
5.1.3. La Directiva 2011/92/UE .....	73

5.1.4. La Directiva 2014/52/UE .....	74
5.1.5. El Convenio de Minamata .....	74
5.1.6. El Acuerdo de Escazú.....	75
5.1.7. Los protocolos internacionales sobre evaluación del impacto ambiental .....	75
5.2. ACUERDOS NACIONALES .....	75
5.2.1.- Convenio de Barcelona.....	76
5.2.2. Real Decreto 1131/1988.....	76
5.2.3. Ley 9/2006, del 28 de abril.....	77
5.2.4. Real decreto 1/2008, del 11 de enero.....	78
5.2.5. El Real Decreto 445/2023.....	78
5.3. LEGISLACIÓN EN EL PAÍS VASCO .....	79
5.3.1. La Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco .....	79
5.3.2. El Decreto 211/2012, de 16 de octubre .....	80
5.3.3. La Ley 10/2021, de 9 de diciembre .....	80
5.3.4. Diversas leyes y normativas.....	81
6. DESCRIPCIÓN DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL .....	81
6.1. LEY 21/2013, DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	83
6.2. COMPONENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	84
6.2.1. Objeto y descripción del Proyecto.....	84
6.2.2. Examen de alternativas del proyecto .....	85
6.2.3. Inventario Ambiental.....	85
6.2.4. Identificación y valoración de impactos .....	86
6.2.5. Medidas preventivas, correctoras y compensatorias.....	86
6.2.6. Programa de vigilancia y seguimiento ambiental.....	86
6.2.7. Vulnerabilidad del proyecto .....	87
6.2.8. Evaluación ambiental de repercusiones en espacios de la red natura 2000.....	87
6.2.9. Resumen no técnico .....	88
6.2.10. Lista de referencias bibliográficas .....	88
7. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES CONVENCIONALES DE ENERGÍA APLICADA AL PROYECTO....	89
7.1. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL CONVENCIONAL TÉRMICA DE GAS NATURAL.....	93
7.2. CENTRAL CONVENCIONAL TÉRMICA NUCLEAR.....	94
7.2.1. Plantas con reactores de agua a presión (PWR).....	95
7.2.2. Planta de reactor de agua en ebullición (BWR).....	97
7.3. CENTRAL CONVENCIONAL TÉRMICA DE CARBÓN.....	98
7.4. CENTRAL CONVENCIONAL TÉRMICA DE BIOMASA .....	103

8. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO.....	106
8.1. DESCRIPCIÓN DE FASES Y TAREAS .....	107
8.2. DIAGRAMA DE GANTT/CRONOGRAMA.....	109
8.3. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA. ....	110
8.3.1. Aplicación del método.....	114
9. RESULTADOS Y MEJORAS.....	120
10. CONCLUSIONES .....	122
11. BIBLIOGRAFÍA.....	123

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 2-1. Relación del calentamiento global con los cambios de clima: el clima medio y los extremos se vuelven más generalizados y pronunciados .....	12
Figura 2-2. Concentraciones mundiales de CO <sub>2</sub> y emisiones fruto de la quema de combustibles fósiles.....	14
Figura 2-3. Comportamiento de las anomalías de captación de CO <sub>2</sub> en la región. ....	15
Figura 2-4. Datos gráficos de los flujos del gas CO <sub>2</sub> -Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero. Elaborados por CarboTracker- NOAA.....	15
Figura 2-5. Forzamiento radiativo de la atmósfera causado por los gases de efecto invernadero de larga vida, respecto de 1990. Actualización de 2022 del AGGI de la NOAA.....	16
Figura 2-6. Monitoreo del CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y del N <sub>2</sub> O de la última década. ....	17
Figura 2-7. Promedio de concentraciones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O.....	17
Figura 2-8. Porcentaje de los principales gases de efecto invernadero que causan el forzamiento radiativo total comparada con la era preindustrial. ....	18
Figura 2-10. a) Promedio de CH <sub>4</sub> global, b) Aumento de sus medias anuales. ....	19
Figura 2-9. a) Promedio de CO <sub>2</sub> global, b) Aumento de sus medias anuales.....	19
Figura 2-11. a) Promedio de N <sub>2</sub> O global, b) Aumento de sus medias anuales.....	20
Figura 2-12. a) Promedio mensual de SF <sub>6</sub> global y otros halocarbonos, b) Halocarbonos presentes en mayor proporción.....	20
Figura 2-13. promedio de emisiones y eliminaciones netas de dióxido de carbono entre 2015 y 2020. Crédito: Estudio de Visualización Científica de la NASA.....	21
Figura 2-14. Porcentaje de emisiones de CO <sub>2</sub> producida por los países. ....	21
Figura 2-15. Efectos indirectos del cambio climático sobre la salud. ....	22
Figura 2-17. Efectos indirectos mediante los sistemas socioeconómicos. ....	24
Figura 2-16. Efectos indirectos mediante los sistemas naturales.....	24
Figura 2-18. Aumento de la temperatura global respecto de la era preindustrial.....	25
Figura 2-19. Taza de muertes cada 100.000 habitantes en España. ....	26
Figura 2-19: Días que se superó el límite de 100 µg/m <sup>3</sup> de acuerdo en las comunidades autónomas. Fuente: EpData (2023). ....	27
Figura 2-20. Millones de personas afectadas por el ozono en España. EpData –Enero del 2023. ....	27
Figura 2-21. Evolución del cambio climático e impacto en la calidad de vida. ....	28
Figura 2-22. Disponibilidad de agua y producción de alimentos. ....	30
Figura 2-23. Ciudades, asentamientos e infraestructura .....	32
Figura 2-24. Impactos económicos acumulados observados y riesgos proyectados del cambio climático en África.....	33
Figura 2-25. Fin de la pobreza. ....	36
Figura 2-26. Hambre cero.....	37
Figura 2-27. Salud y bienestar. ....	37
Figura 2-28. Educación de calidad.....	39
Figura 2-29. Igualdad de género.....	39
Figura 2-30. Agua limpia y saneamiento. ....	40
Figura 2-31. Energía asequible y no contaminante. ....	41
Figura 2-32. Trabajo decente y crecimiento económico. ....	42
Figura 2-33. Trabajo decente y crecimiento económico. ....	42
Figura 2-34. Reducción de las desigualdades.....	43

Figura 2-35. Ciudades y comunidades sostenibles.....	44
Figura 2-36. Producción y consumo responsables.....	45
Figura 2-37. Acción por el clima.....	45
Figura 2-38. Vida submarina.....	46
Figura 2-39. Vida de ecosistemas terrestres.....	47
Figura 2-40. Paz, justicia e instituciones sólidas.....	48
Figura 2-41. Alianzas para lograr los objetivos.....	48
Figura 2-42. Acuerdos COP21.....	49
Figura 2-43. Logo representativo de la Asamblea General de las Naciones Unidas 2015.....	50
Figura 2-44. Logo emblemático Acuerdo de Escazú.....	50
Figura 2-45. Logo The European Green Deal.....	50
Figura 2-46. Infografía AGCA.....	51
Figura 2-47. Imagen del evento COP 27.....	51
Figura 2-48. Logo del evento COP 15- Kumming - Montreal.....	52
Figura 2-49. Infografía COP 15-Abidjan.....	53
Figura 2-50. Energía usada en el mundo por persona desde 1963 hasta el 2022.....	56
Figura 2-51. Generación eléctrica con combustibles fósiles nucleares y renovables.....	56
Figura 2-52. Generación eléctrica por cada fuente primaria de energía en TWh.....	57
Figura 2-53: Evolución del consumo de energía primaria global por tipo de energía.....	57
Figura 2-54. Porcentaje de uso de la energía primaria en el año 2021.....	58
Figura 2-55. Evolución de la población que puede acceder al servicio eléctrico, desde 1990 hasta el año 2020.....	59
Figura 2-56. Generación eléctrica a partir de los combustibles fósiles, nuclear y renovables, gráfico en barras, por países de mayor consumo.....	60
Figura 2-57. Energía consumida por cada persona.....	61
Figura 2-58. Evolución del uso del Carbón del consumo de energía dado.....	63
Figura 2-59: Uso de petróleo en países y en España.....	64
Figura: 2-60. Uso de gas en los países y en España.....	66
Figura 2-61. Uso de energía nuclear en los países y en España.....	67
Figura 6-2. Uso de energía hidráulica en países y en España.....	69
Figura 7-1. Esquema básico de una central térmica convencional.....	89
Figura 7-2. Ciclo de Rankine de una CTV básica.....	90
Figura 7-3. Mayores emisores de CO <sub>2</sub> de España.....	91
Figura 7-4. Concentración de gases emitidas.....	92
Figura 7-5. Composición general del Gas Natural (PCI - Poder calorífico inferior de 8400-9000 kcal/Nm <sup>3</sup> ).....	93
Figura 7-6. Fisión Nuclear.....	95
Figura 7-7. Reactor de agua a presión [65].....	96
Figura 7-8. Reactor de Agua en Ebullición [69].....	97
Figura 7-9. Principales Componentes de una Central Nuclear [70].....	98
Figura 7-10. Representación esquemática de una Central Térmica de Carbón.....	100
Figura 7-11. Central eléctrica de Bełchatów.....	102
Figura 7-12. Equipos y sistemas de una central de Biomasa. [74].....	104
Figura 7-13. Ironbridge. 740 MW. Reino Unido.....	105
Figura 8-1. Número de interacciones en las hojas Excel realizadas en el trabajo.....	109
Figura 8-2. Diagrama de Gantt del desarrollo del trabajo de fin de máster.....	110
Figura 8-3. Uso de la hoja 2: Selección de acciones para una central de biomasa.....	114
Figura 8-4. Uso de la hoja 3: Acciones seleccionadas para una central de biomasa.....	115

Figura 8-5. Uso de la hoja 4: Identificación de efectos para una central de biomasa.....	115
Figura 8-6. Uso de la hoja 5: Factores ambientales que son afectados por las acciones para una central de biomasa.....	116
Figura 8-7. Uso de la hoja 6: Relaciones definidas para una central de biomasa. ....	116
Figura 8-8. Uso de la hoja 7: Elección de medidas correctoras para una central de biomasa..	117
Figura 8-9. Uso de la hoja 8: Medidas correctoras seleccionadas para una central de biomasa. ....	117
Figura 8-10. Uso de la hoja 9: Relación medidas factores para una central de biomasa.....	118
Figura 8-11. Uso de la hoja 10: Factores ambientales que son beneficiados por las medidas correctoras para una central de biomasa.....	118
Figura 8-12. Uso de la hoja 11: Relaciones definidas entre subfactores y medidas correctoras para una central de biomasa. ....	119
Figura 8-13. Uso de la hoja 12: Hoja resumen para una central de biomasa.....	119



## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la necesidad de energía ha desempeñado un papel protagónico en el progreso y la prosperidad de la humanidad. Desde el descubrimiento del fuego hace un millón de años hasta la utilización actual de energías renovables, así como los recientes avances tecnológicos, como la exploración de la fusión nuclear, hemos buscado constantemente formas innovadoras de obtener la energía necesaria para nuestras vidas. Sin embargo, al transformar diversas fuentes primarias de energía en electricidad, inevitablemente generamos residuos que resultan perjudiciales para el medio ambiente y su entorno. Este dilema resalta la importancia de abordar la sostenibilidad y buscar continuamente soluciones que minimicen el impacto ambiental asociado con nuestra búsqueda constante de más energía.

El cambio climático se manifiesta como una realidad estrechamente vinculada a las fuentes de energía que alimentan nuestra sociedad. En las centrales térmicas convencionales, la combustión masiva de recursos primarios como el carbón y el gas natural contribuye de manera significativa al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, exacerbando el problema del calentamiento global. A medida que las civilizaciones se expanden y las grandes urbes requieren un mayor consumo energético, y los países en desarrollo buscan mejorar su calidad de vida, la humanidad se ve desafiada a encontrar un equilibrio entre el progreso y la preservación de la naturaleza y su entorno. Ante la creciente demanda de energía, las centrales convencionales continuarán operando durante un tiempo considerable en todo el mundo, probablemente hasta que agotemos las fuentes de recursos primarios; aunque gradualmente se abrirá paso a nuevas formas de obtención de energía que respeten los principios del desarrollo sostenible.

En la actualidad, numerosos países buscan dar prioridad a fuentes de energía renovable, adoptando la medida de cerrar o transformar antiguas centrales térmicas convencionales. Este enfoque se alinea con los objetivos globales de mitigar los impactos de la contaminación. En este contexto, los estudios de impacto ambiental adquieren una importancia creciente y necesaria para diversos tipos de proyectos. Las investigaciones y esfuerzos dedicados a identificar medidas correctivas y preventivas en proyectos, puestas en marcha y servicios son esenciales para comprender que aún hay mucho por mejorar en términos ambientales. Por consiguiente, contar con una metodología estandarizada y eficiente para orientar estos proyectos no solo aumentará el interés en llevar a cabo estas iniciativas, sino que también promoverá una ejecución consciente, considerando las repercusiones antes, durante y después de cada acción que realiza el ser humano.

Este proyecto tiene como objetivo proporcionar una herramienta guía para analizar el impacto ambiental de las centrales térmicas convencionales en España. Esta industria es reconocida a nivel mundial, los resultados y la metodología aquí desarrollados pueden extrapolarse a nivel global. A pesar de que España no tiene la intención de inaugurar nuevas centrales convencionales, dado que ya opera con un considerable porcentaje de ellas y algunas están en proceso de reconversión, esta herramienta se presenta como un recurso valioso que no solo agiliza el proceso de estudio, sino que también ofrece directrices fundamentales para mitigar el impacto ambiental asociado.

En resumen, a pesar de la sorprendente evolución tecnológica que ha superado nuestras expectativas, las alternativas para la generación de energía aún se encuentran en una etapa temprana. Por consiguiente, las formas convencionales de obtención de energía seguirán siendo predominantes durante un período considerable. Por esta razón, resulta imperativo realizar los estudios que desarrollo en este contexto, cuyos resultados arrojarán luz sobre el grado de impacto ambiental que puede derivar los proyectos de fuentes de energía convencionales. Estos resultados no solo servirán como base para investigaciones adicionales, sino que también ofrecerán una comprensión más precisa de los diversos tipos de impacto ambiental generados en la satisfacción de nuestras necesidades energéticas.

## 2. CONTEXTO

En un mundo en constante cambio, podemos contextualizar en rasgos generales lo siguiente:

Nos enfrentamos a variaciones climáticas de proporciones catastróficas, atribuibles a las fluctuaciones en las condiciones atmosféricas. Este fenómeno, en parte, se debe a las actividades humanas que, con una creciente demanda de recursos naturales, buscan satisfacer necesidades cada vez más exigentes, llevando a cabo transformaciones sustanciales en su entorno para lograr un mayor confort.

La necesidad básica del ser humano de tener una vivienda se ha visto ampliada por la exigencia de un confort térmico. Para alcanzar este objetivo, se requieren materiales altamente sofisticados en la construcción, como aislamientos térmicos, puertas livianas y atractivas, una abundancia de iluminación, pisos con propiedades específicas y resistentes al desgaste, barandas que combinen resistencia, esbeltez y estética. Todo esto impulsa la necesidad de nuevos materiales con propiedades fisicoquímicas especiales, sometiendo la producción a un nivel de complejidad que demanda ingentes cantidades de energía. Agregado a lo mencionado, la necesidad de electricidad en las viviendas es cada vez mayor, así como los productos y artefactos que se usan en el día a día. La evolución de estos materiales va más allá de su origen natural primario, convirtiéndolos en elementos sumamente elaborados y sofisticados. Sin embargo, la historia no concluye con la edificación de estas casas que cumplen con exigentes requerimientos. Para hacerlas aún más confortables, se necesitan grandes cantidades adicionales de energía, destinadas a mantener un ambiente interior con una temperatura constante de 18°C, con un margen de tolerancia máximo de  $\pm 3^\circ\text{C}$ . Este proceso implica el uso de energía para tanto el enfriamiento como el calentamiento del espacio habitable, agregando otra capa de complejidad y demanda energética a este ciclo constructivo [1].

El ser humano, en su búsqueda de expresión y estilo, demuestra un refinamiento exquisito en su elección de vestimenta. Más allá de la simple necesidad de cubrirse, la ropa debe ser estéticamente agradable y, sobre todo, estar a la moda. Este deseo de seguir las tendencias lleva a un consumo desmesurado, donde las prendas son utilizadas en ocasiones mínimas antes de ser descartadas, generando así uno de los principales factores de contaminación planetaria. Similar a la industria de la construcción para viviendas, la fabricación de materiales para la industria textil demanda una cantidad significativa de materias primas y una energía colosal tanto en su transformación como en la confección final de las prendas [2].

Otra actividad antropogénica que contribuye de manera notable al cambio climático es el transporte. Resulta relevante destacar que los vehículos, ya sean convencionales o eléctricos (cuyos modelos más recientes pueden superar las 4 toneladas), exhiben una gran ineficiencia al transportar un peso considerablemente mayor que la carga útil (la persona). Esta ineficiencia se acentúa al considerar que, incluso en los casos más eficientes, alrededor del 20% de la energía utilizada para el funcionamiento del vehículo se pierde. Además, la situación se agrava debido al uso innecesario de vehículos por razones de comodidad, lo que contribuye aún más a la presión ambiental y al cambio climático.

Al explorar el panorama del sector industrial, resulta evidente que la contaminación asociada puede adoptar diversas formas y alcanzar proporciones más alarmantes de las que comúnmente se perciben. La emisión de gases como el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas finas contaminantes, entre otros agentes, no solo afecta la calidad del aire de manera significativa, sino que también contribuye de manera sustancial a problemas medioambientales de envergadura, tales como el cambio climático, la toxicidad en cuerpos de agua, y la amenaza para la biodiversidad mediante el exterminio de especies animales, entre otros impactos negativos. El sector industrial, caracterizado por su considerable demanda de recursos y energía, sigue dependiendo en gran medida del mercado del petróleo y sus derivados para satisfacer múltiples necesidades. Esta demanda continua refleja un desafío persistente en la búsqueda de alternativas más sostenibles y limpias. La producción y el consumo de energía en la industria son factores determinantes en la generación de emisiones y la exacerbación de problemas medioambientales [3].

Además, la constante necesidad de electricidad para impulsar los procesos industriales añade otra capa de complejidad a la situación. La generación de electricidad, en muchos casos, sigue dependiendo de fuentes no renovables, lo que perpetúa la huella ambiental de la industria. La transición hacia prácticas más respetuosas con el medio ambiente en el sector industrial se presenta como una tarea esencial para mitigar los impactos negativos y avanzar hacia una producción más sostenible.

## 2.1 IMPACTO AMBIENTAL Y CRISIS CLIMÁTICA

El cambio climático está referido al cambio del clima producido en todo nuestro planeta y también a las consecuencias producidas por este cambio, pero como consecuencia de las actividades antropogénicas o causadas por la especie humana. Se da como punto de partida o referencia a la etapa preindustrial, desde 1850 en adelante, porque desde allí la demanda energética y de recursos de la tierra por parte del ser humano han crecido exponencialmente en demanda de la comodidad del ser humano. Este apartado se ha referenciado de diversos artículos y documentos de la World Data Centre for Greenhouse Gases. [4]

Una gran parte del cambio climático es el calentamiento global. El calentamiento global estudia el aumento de las temperaturas en nuestro planeta, referidas en forma local o global, la cual está teniendo un gran impacto en nuestra especie humana y en todo el ecosistema mundial, destruyendo flora y fauna, extinguiéndola o causando cambios insostenibles en la mayoría de los contextos naturales. Es de consenso entre los científicos que las actividades antropogénicas son las causantes del calentamiento global desde la etapa preindustrial.

En la figura 1-2 se hacen comparaciones de varios parámetros proyectados respecto a la era preindustrial (1850-1900) tales como la temperatura máxima diaria máxima anual, la humedad

total media anual del suelo de la columna y la precipitación máxima anual de 1 día a niveles de calentamiento global de 1,5 °C, 2 °C, 3 °C y 4 °C, donde se han hecho proyecciones respecto a: Fila a (a de la figura): Cambio de temperatura máxima diaria anual (°C). Fila b (b de la figura) Cambio Humedad del suelo -columna total media anual (desviación estándar). Fila c (c de la figura) cambio máximo anual de precipitación en 1 día (%). Como base para la elaboración de la figura se han utilizado, los datos alcanzados mediante el multimodelo CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), que es una plataforma que relaciona estudios de intercomparación de modelos y sus experimentos que han adoptado una estructura común para recopilar, organizar y distribuir los resultados de los miles de los modelos que realizan conjuntos comunes de experimentos, con lo que se disminuyen ostensiblemente los errores e incertidumbres. Actualmente este multimodelo se encuentra en su sexta fase. En las filas (b) y (c), los grandes cambios relativos positivos en las regiones secas pueden corresponder a pequeños cambios absolutos en alguna región específica. En la fila (b), la desviación estándar de la variabilidad interanual de la humedad del suelo está comparada con la mostrada durante los años 1850-1900. La desviación estándar es una métrica ampliamente utilizada para caracterizar la gravedad de la sequía. Una reducción proyectada en la humedad media del suelo en una desviación estándar corresponde a las condiciones de humedad del suelo típicas de las sequías que ocurrieron aproximadamente una vez cada seis años durante los años 1850-1900. Es importante anotar, como dice el título de la figura: Con cada incremento del calentamiento global, los cambios regionales en el clima medio y los extremos se vuelven más generalizados y pronunciados. Se detalla a continuación cada fila. [5]

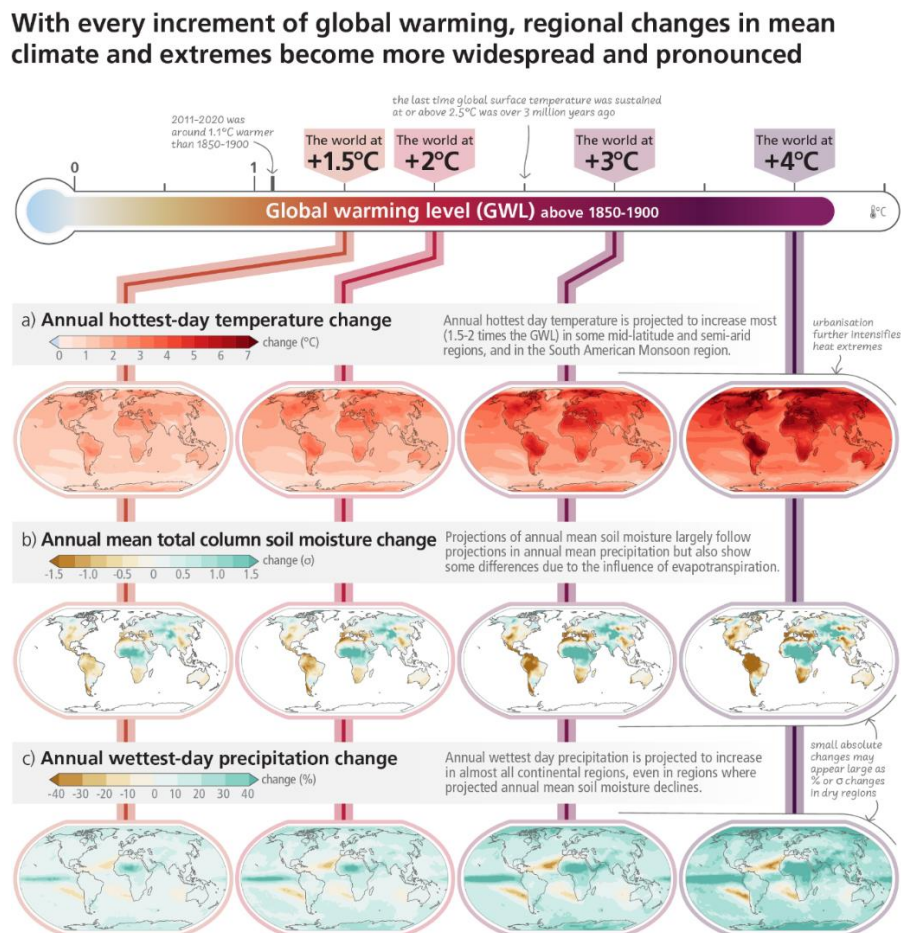


Figura 2-1. Relación del calentamiento global con los cambios de clima: el clima medio y los extremos se vuelven más generalizados y pronunciados

- Fila a: Cambio de temperatura máxima diaria anual (°C): En esta fila se recrea cómo se distribuiría el calor con los diversos grados generales conjugados, los colores del mapa deben de ser comparados con la escala dada en esta misma fila, nos dan una orientación de cuántos grados se elevarían para la región particular que se quiera ver. Se proyecta que el día más caluroso del año se multiplicará entre 1.5 a 2 veces más que el nivel de calentamiento global referido a las regiones de latitud media y las zonas monzónicas de américa del sur. Estar por encima de los 3 grados se hace ya insostenible el ecosistema. La última vez que la temperatura de la superficie global se mantuvo en 2,5 °C o más fue hace más de 3 millones de años.
- Fila b: Cambio Humedad media del suelo -columna total media anual: Aquí se muestra el comportamiento de la humedad respecto a las temperaturas de 1.5, 2, 3 y 4 °C respecto al periodo preindustrial, donde ya con 1.5°C se nota un avance en la sequedad en norte y Sudamérica, Europa, Oceanía sureste de Asia y la parte sur de áfrica esencialmente, pero que se proyectan como regiones áridas a partir del 2°C, sobre todo la parte central de Sudamérica, todo el territorio de Chile y toda Europa principalmente. Lo proyectado sigue, en gran medida, las precipitaciones de lluvia, pero puede haber modificaciones por el fenómeno de evapotranspiración. Como la lectura es a escala general, los pequeños cambios absolutos pueden hacerse grandes desviaciones porcentuales en regiones secas. También se debe destacar que sobre todo en la región centroafricana, india, arabia y oeste asiático en menor proporción, las humedades van a ser al 100% o con esa tendencia.
- Fila c: Cambio anual de precipitaciones por día: Las lluvias no van a disminuir, incluso van a aumentar sobre todo alrededores de la línea ecuatorial, pero sobre todo en África. Se proyecta que el día más lluvioso sea mayor en todo el planeta, con excepciones dentro de zonas oceánicas.

El IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático.) proyecta que, así como vamos por el mismo camino, el calentamiento global va a estar en 3.5°C para el año 2100, más detalladamente, que iría de 2.2°C a 3.5°C, dependiendo esto del compromiso y la efectividad de las políticas aplicadas por los estados de todo el mundo. Los sistemas humanos deben de adaptarse para conseguir un calentamiento global de 1.5°C, e incluso así, con cada aumento que se concrete también se incrementarán los daños. La figura 2-1 nos muestra los riesgos dados en los niveles de humedad y de lluvias, y si llegamos a los 4°C tendremos ya una hecatombe ecológica con desapariciones masivas de especies perdiéndose la mayoría de la biodiversidad, con patente escasez de agua generando eminentes conflictos, apareciendo migraciones también masivas y con grandes conflictos.

En la figura 2-2 se observa el comportamiento del CO<sub>2</sub> respecto de las emisiones por usar los combustibles fósiles como fuente de energía, las crisis desde la etapa pre industrial, la cantidad de CO<sub>2</sub> ha ido creciendo de manera sistemática y sostenida a pesar de las condiciones que supuestamente frenarían su crecimiento, eso debido a que el aire a nivel mundial todavía se homogeniza y además contribuyen otros factores como los apuntados en la en procedimientos que más adelante se detallan, pero en reglas generales, tanto la concentración de los gases como las emisiones por el uso de combustibles fósiles crecen de la mano. Los datos aquí mostrados para las emisiones provienen del Proyecto Carbono Global y los datos sobre las concentraciones de la revista de la OMM sobre gases de efecto invernadero.

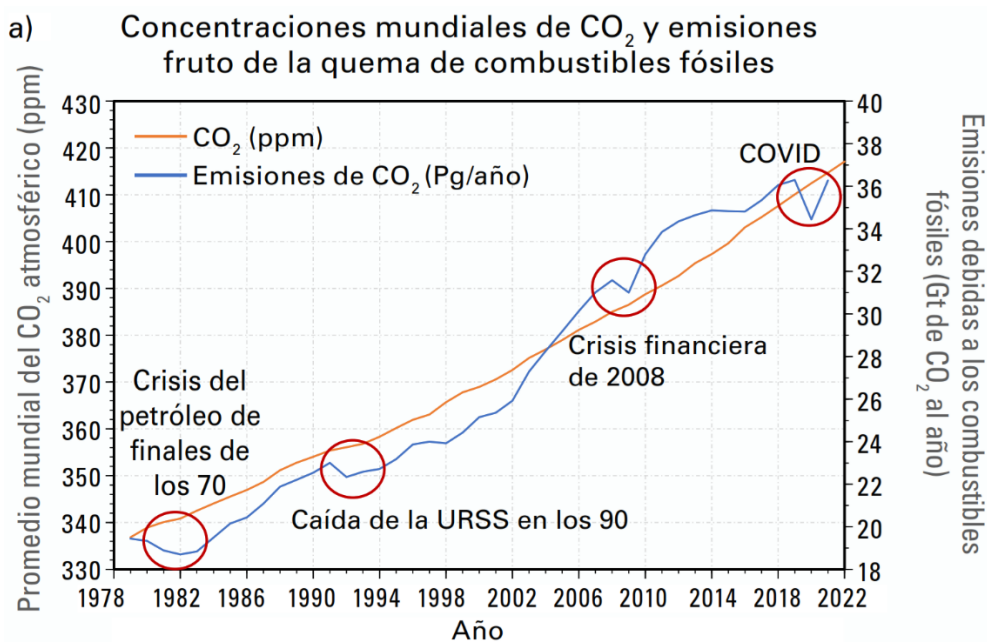


Figura 2-2. Concentraciones mundiales de CO<sub>2</sub> y emisiones fruto de la quema de combustibles fósiles.

En la figura 2-3 se observan los mecanismos de retroalimentación del CO<sub>2</sub> que son múltiples, como las emisiones de carbono del suelo, el decrecimiento del secuestro de carbono por parte de los océanos y las zonas de alta vegetación estos mecanismos están menguando debido, precisamente, al cambio climático. En esta figura se muestran las anomalías entre los meses de junio a agosto (tres meses), y luego de agosto a setiembre durante los años 2019-2021. La escala mostrada debajo de la figura muestra el grado de proporción de la actividad de mayor o menor captación de CO<sub>2</sub>.

Leyenda: Triángulos rojos (anomalías en aumento: menos captación de CO<sub>2</sub>), los triángulos verdes (mayor captación de CO<sub>2</sub>) Triángulos de colores intermedios (ver la escala comparativa al final de la figura). Los triángulos que señalan hacia arriba muestran tendencia ascendente de la captación señalada por el color, y los que señalan hacia abajo la tendencia descendente de la captación señalada por el color. [6]

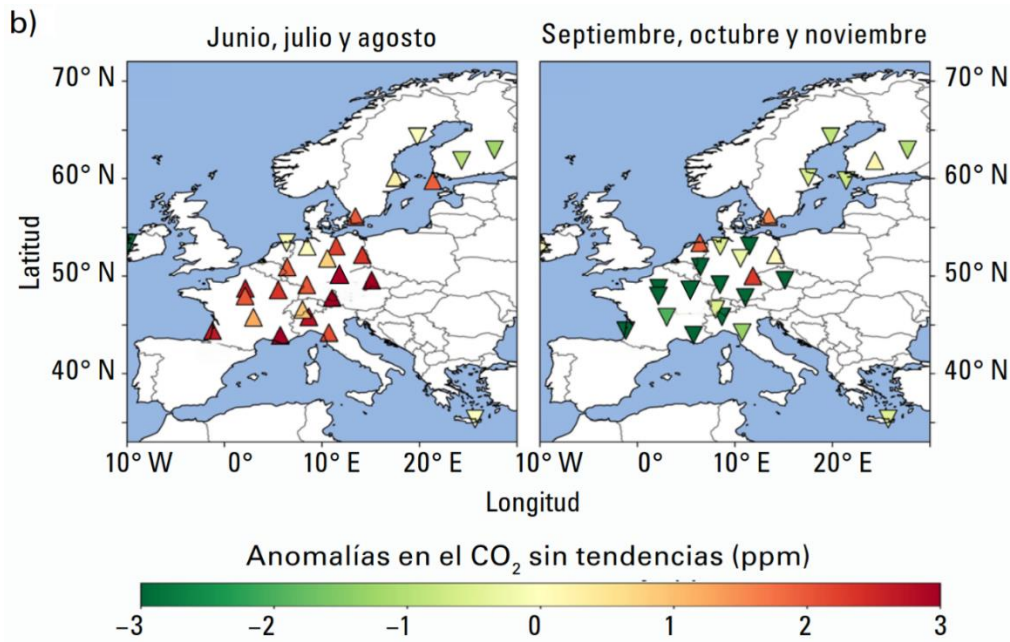


Figura 2-3. Comportamiento de las anomalías de captación de CO<sub>2</sub> en la región.

En la figura 2-4 se muestra un análisis general de todo el planeta y a alta resolución, elaborado anualmente y con un retraso de un año, que es lo mínimo requerido para procesar esta Vig Data elaborada por CarbonTracker – NOAA y la complementación de todo el sistema, se ha elaborado con datos mensuales de alta resolución espacial, con colaboración internacional, que mejoran la modelización. Estos estudios nos dan una información de la eliminación de dióxido de carbono para saber, mediante un balance con las emisiones, cuanto de dióxido de carbono finalmente se produce en cada región.

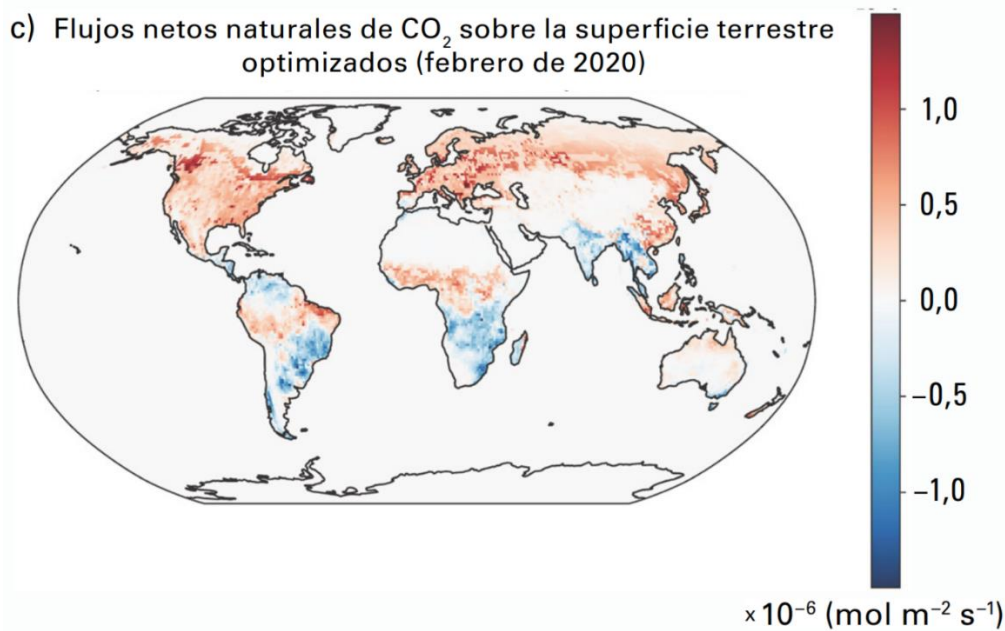


Figura 2-4. Datos gráficos de los flujos del gas CO<sub>2</sub> -Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero. Elaborados por CarboTracker- NOAA.

La WMO (Organización Meteorológica Mundial) tiene mediciones globales consolidadas de los niveles de gases de efecto invernadero que tiene nuestra atmósfera para el 2022, las cuales se muestran a continuación en la figura 2-5 de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un margen de 417.9 ± 2 partes por millón (ppm) siendo 150% más de los niveles preindustriales, de metano (CH<sub>4</sub>) en 1923 ± 2 partes por mil millones (ppb) siendo 266% más de los niveles preindustriales, y de óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) a 335.8 ± 0.1 ppb siendo 124% más que los niveles preindustriales.

La WDCGG (Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero) que funciona en Japón, proporciona datos sobre los gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CFC, N<sub>2</sub>O, que son de larga duración y los más abundantes que están en la atmósfera de todo el planeta. Esta organización en su boletín número 19 emitido el 15 de noviembre de 2023, muestra datos hasta todo el año 2022. Los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O además del diclorodifluorometano (CFC-12) y el triclorofluorometano (CFC-11), solo ellos son la causa de alrededor del 96% del forzamiento radiativo, tanto el porcentaje de la presencia de estos gases en nuestra atmósfera, como su participación en su forzamiento radiativo, se muestran en la figura 2-5.

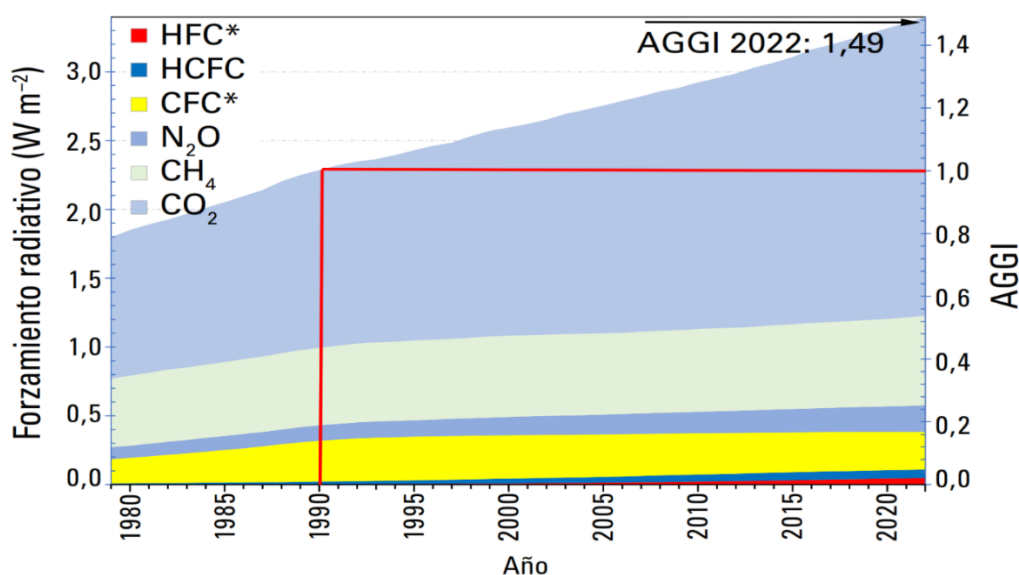


Figura 2-5. Forzamiento radiativo de la atmósfera causado por los gases de efecto invernadero de larga vida, respecto de 1990. Actualización de 2022 del AGGI de la NOAA.

Para completar la comprensión es adecuado aclarar que el forzamiento radiativo es un concepto clave en el estudio del cambio climático. Se refiere al cambio en el balance energético de la Tierra debido a la presencia de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera. Estos componentes pueden absorber, reflejar o emitir radiación solar, alterando así la cantidad de energía que entra y sale de la atmósfera. El forzamiento radiativo positivo, causado principalmente por el aumento de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, resulta en un calentamiento global al atrapar más calor en la atmósfera. Por otro lado, el forzamiento radiativo negativo, asociado con aerosoles reflectantes, puede tener un efecto de enfriamiento al reflejar parte de la radiación solar de vuelta al espacio. Comprender y cuantificar el forzamiento radiativo es fundamental para evaluar y predecir los impactos del cambio climático en nuestro planeta.

El Programa de vigilancia de la atmósfera global (VAG) de la OMM monitorea las observaciones y estudios de gases de efecto invernadero y otras trazas, los puntos indicados en la figura 2-6 son



las ubicaciones desde donde se han realizado esas mediciones en la última década: del CO<sub>2</sub>, siendo similares el monitoreo del CH<sub>4</sub> y del N<sub>2</sub>O, el monitoreo de los otros gases se ha tomado solo en algunos puntos, de forma menos densa.

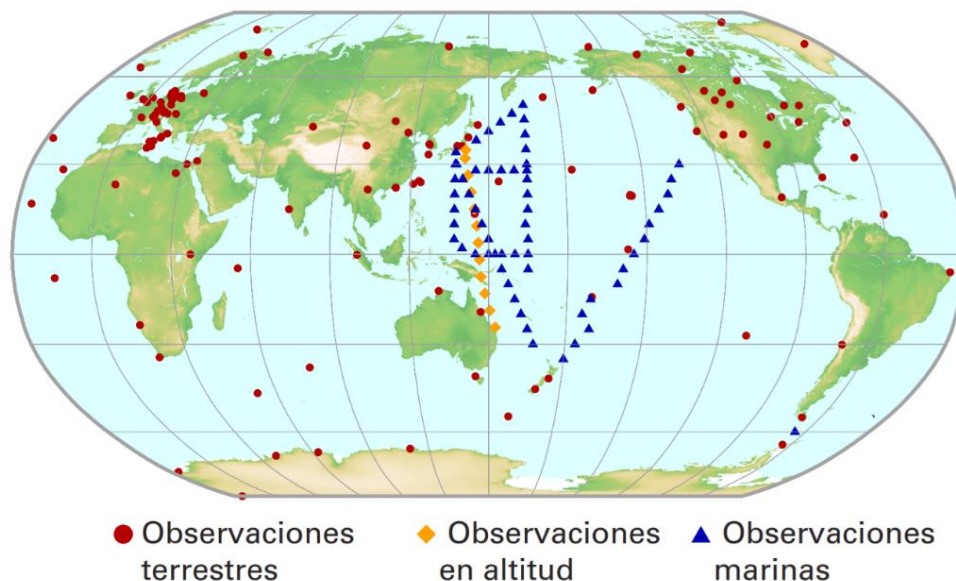


Figura 2-6. Monitoreo del CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y del N<sub>2</sub>O de la última década.

De estas observaciones se ha obtenido la imagen 2-7, donde se indica el promedio de las concentraciones de los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O que son los más abundantes y de más larga vida comparados con el índice de los gases de la era preindustrial.

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Abundancia media mundial en 2022	417,9 ± 0,2 ppm	1 923 ± 2 ppmm	335,8 ± 0,1 ppmm
Abundancia en 2022 respecto a 1750 <sup>a</sup>	150 %	264 %	124 %
Aumento en valor absoluto entre 2021 y 2022	2,2 ppm	16 ppmm	1,4 ppmm
Aumento en valor relativo entre 2021 y 2022	0,53 %	0,84 %	0,42 %
Aumento anual medio en valor absoluto en los últimos diez años	2,46 ppm año <sup>-1</sup>	10,2 ppmm año <sup>-1</sup>	1,05 ppmm año <sup>-1</sup>

Figura 2-7. Promedio de concentraciones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Los estudios parciales mostrados con las figuras y el procesamiento que siguen proyectan el desarrollo a futuro de la concentración de los gases de efecto invernadero, donde se sabe con mucha precisión con los datos de diversas fuentes, los sumideros y las transformaciones químicas de estos gases y su implicancia en la atmósfera.

El AGGI (Índice de Gases de Efecto Invernadero) de la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) tiene datos desde 1990, y lo compara con el conjunto de los gases de efecto invernadero de larga vida, por tales estudios este índice ya global llegó al valor de 1.49 lo cual representa un valor de 49% de forzamiento radiativo total en el período 1990-2022, y de 1.8% solo en el periodo 2021-2022, entonces, solo en el 2022 el forzamiento radiativo a causa de estos gases fue de 3.398 W/m<sup>2</sup> en términos energéticos. Lo cual es una clara problemática para el ambiente y reafirma la necesidad de hacer estudios de impacto ambiental adecuados.

La siguiente figura 2-8 muestra el porcentaje de participación en el forzamiento radiativo de los diversos gases de efecto invernadero que son más abundantes y que son de larga duración. El 100 % que es la suma de ellos (se desprecian otros gases) son equivalentes a 523 ppm de CO<sub>2</sub>, a esta equivalencia se ha denominado CO<sub>2</sub> equivalente, y que corresponde a 3.398 W/m<sup>2</sup>. El CO<sub>2</sub> equivalente es una medida utilizada para comparar el potencial de calentamiento global de diferentes gases de efecto invernadero en relación con el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Dado que los distintos gases tienen diferentes capacidades para retener el calor en la atmósfera, se utiliza el CO<sub>2</sub> equivalente como una forma estandarizada de expresar las emisiones totales de gases de efecto invernadero en términos del impacto climático que tendrían si fueran emitidas como dióxido de carbono.

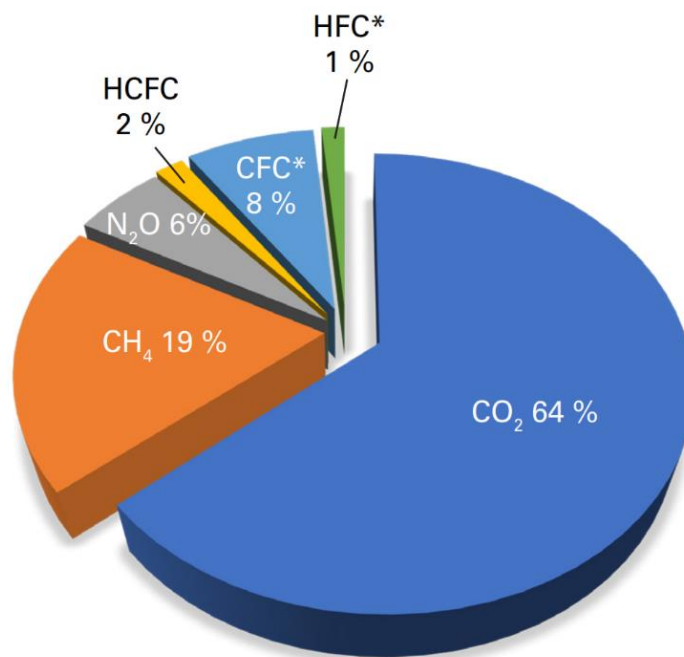


Figura 2-8. Porcentaje de los principales gases de efecto invernadero que causan el forzamiento radiativo total comparada con la era preindustrial.

En la figura 2-9 se muestra el comportamiento del dióxido de carbono en el periodo de 1984 al 2022. En 9.a se observa el crecimiento sostenido y consistente de su concentración hasta llegar a 420 ppm, el trazo rojo es el incremento, pero sin tomar en cuenta las variaciones estacionales. En 9.b se observa el aumento de los promedios anuales, se nota que también se ha ido acelerando a través de los años, y que para el 2020 ha decrecido producto de la recesión por la pandemia mundial. Los datos han sido obtenidos de 146 puntos de observación. El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero como se ve en la figura 2-8, y se forma principalmente por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas), y últimamente generada por la liberación de la capa de nieve perpetua que se está derritiendo, llamada

permafrost. El dióxido de carbono puede permanecer en la atmósfera entre 20 y 200 años dependiendo de varias condiciones. [7]

En la figura 2-10 se muestra el comportamiento del metano, también en el periodo de 1984 al 2022, con las mismas características descritas para el dióxido de carbono de la figura 2-9, los datos han sido obtenidos de 151 puntos de observación. En la figura 9.b se puede observar que el crecimiento se ha acelerado sostenidamente en estos últimos años, esto debido a que el uso del gas natural es mayor porque se encontró la forma técnica de cómo licuarlo y transportarlo, antes no se tenía esa tecnología. El metano se emite en todo el proceso desde su extracción hasta su combustión; pero también se produce durante todo el proceso de refinamiento y almacenamiento del petróleo crudo. Su promedio de vida está sobre los 20 años, pero su poder como gas de efecto invernadero es 80 veces mayor que el dióxido de carbono.

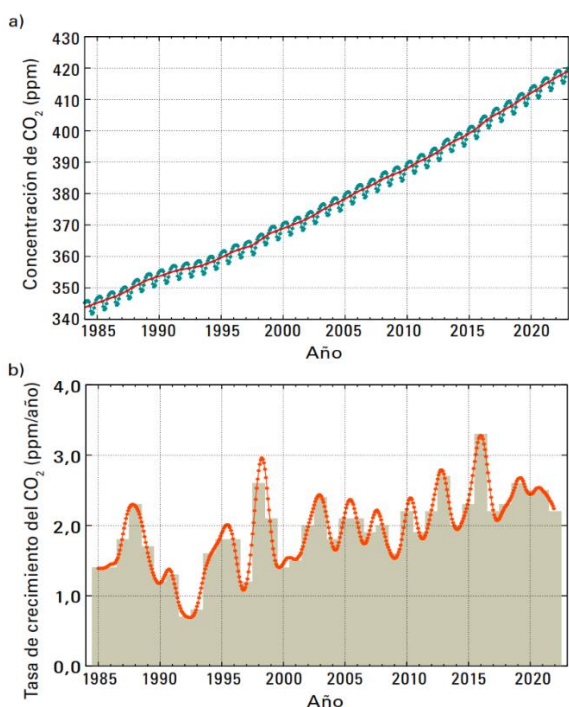


Figura 2-9. a) Promedio de CO<sub>2</sub> global, b) Aumento de sus medias anuales.

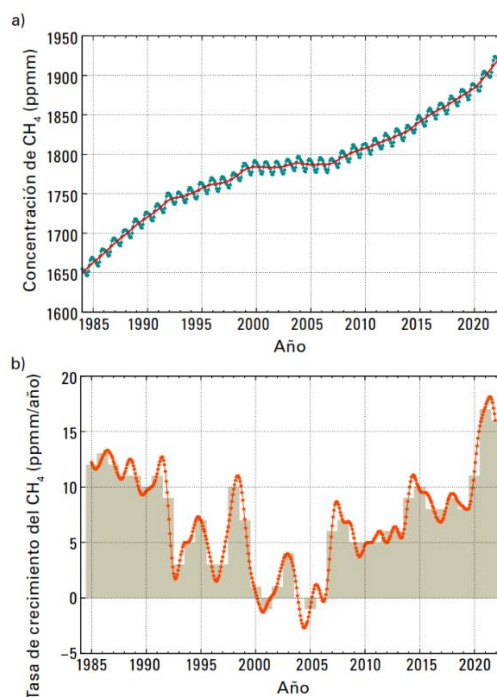


Figura 2-10. a) Promedio de CH<sub>4</sub> global, b) Aumento de sus medias anuales.

En la figura 2-11.a. Tenemos los gráficos del óxido nitroso con las mismas características de la figura 2-9, y también está construida en base a datos del periodo de 1984-2022, y los datos han sido tomados de 109 puntos de observación. El óxido nitroso aparece en la atmósfera por la intervención de las bacterias que la liberan, en los suelos y los océanos, y también por actividades antropogénicas sobre todo en la quema de biomasa, uso de fertilizantes y muchos procesos industriales. Pueden estar en la atmósfera por más de 100 años.

La figura 2-12 nos presenta la concentración de varios halocarbonos, los más frecuentes en la atmósfera, y que debido a políticas de restricción no han ido creciendo a lo largo de los años, pero tampoco su presencia no ha disminuido porque a pesar de las restricciones se sigue usando y además son de larga vida, pueden durar un año, así como miles de años. Los halocarbonos

aparecen en la atmósfera por actividades netamente antropogénicas, como en los equipos de refrigeración, los extintores, los aerosoles, compuestos espumantes y limpiadores, procedimientos de esterilización de máquinas o equipos, etc.

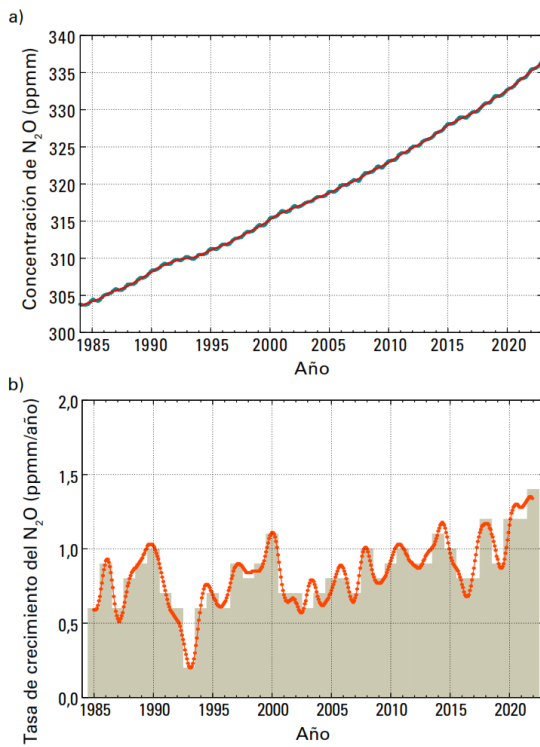


Figura 2-11. a) Promedio de  $N_2O$  global, b) Aumento de sus medias anuales.

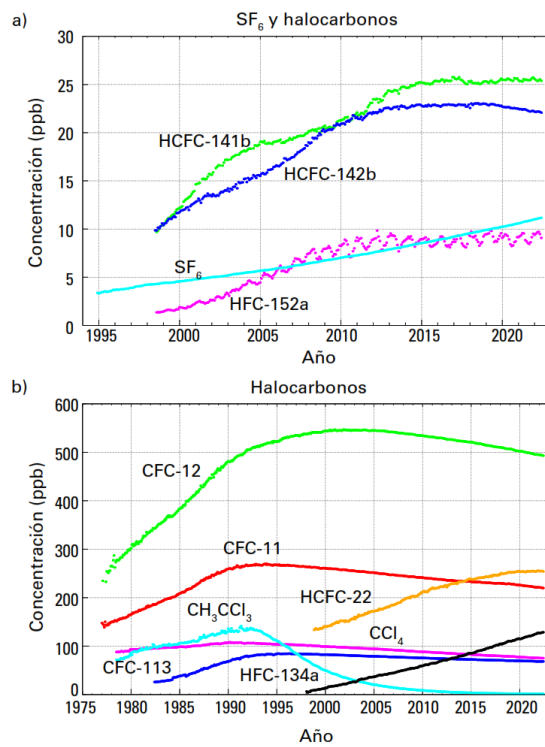


Figura 2-12. a) Promedio mensual de  $SF_6$  global y otros halocarbonos, b) Halocarbonos presentes en mayor proporción.

La NASA publica un balance de emisiones (promedio de emisiones y eliminaciones netas) de dióxido de carbono por países en el periodo 2015-2020 que se ve en la figura 2-13, estimaciones halladas con datos del satélite OCO 2, donde los países que ayudaron en la eliminación de dióxido de carbono se grafican en depresiones verdes, y los que generaron más emisiones están en rojo y sobresaliendo; las áreas y países que aparecen en plomo son las que carecen de datos. Se ve claramente que las grandes emisiones son causadas principalmente por China y EE. UU., y para tener en cuenta, ninguno de los dos países ha suscrito el Acuerdo de París ni el Protocolo de Kioto. [8]

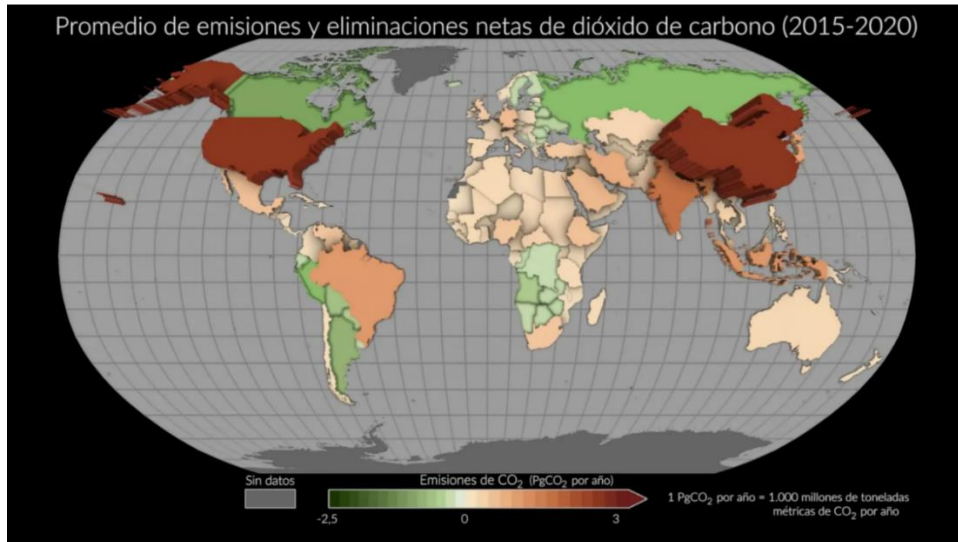


Figura 2-13. promedio de emisiones y eliminaciones netas de dióxido de carbono entre 2015 y 2020. Crédito: Estudio de Visualización Científica de la NASA

En la figura 2-14, se muestran las emisiones de efecto invernadero están constituidas preponderantemente por el CO<sub>2</sub>, que es la principal causa del cambio climático, pero los países en vías de desarrollo tienen la menor culpa y son los que en mayor medida están viendo cambiar dramáticamente su ecosistema, a continuación, se presenta una figura con los grados de participación de los países que principalmente emiten el gas CO<sub>2</sub>. Se ve que principalmente la UE está mitigando sus emisiones, seguida de EE. UU., pero aun así no se está haciendo lo suficiente. Actualmente el mayor problema radica en países emergentes como la India y China, el último que hace prácticamente nada por mitigar sus emisiones. [9]

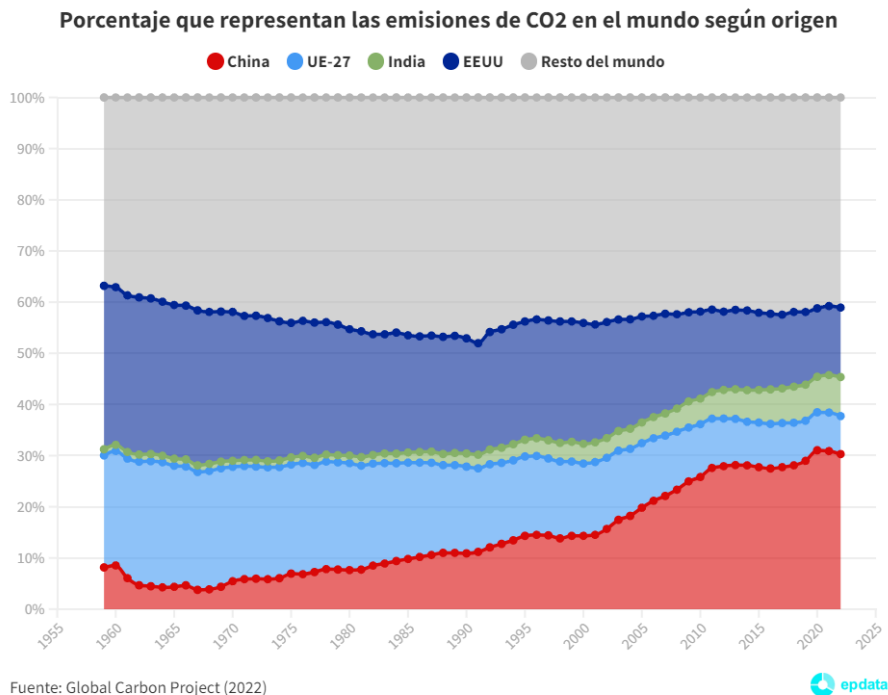


Figura 2-14. Porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub> producida por los países.

De acuerdo con las Naciones Unidas (UN), la crisis climática es una carrera que aún podemos ganar, pero decir aquello suena a una grave advertencia, implícitamente nos dice: aún estamos a tiempo, aunque se está terminando. También advierte que está ocurriendo mucho más rápido de lo que pensábamos, su secretario general António Guterres dijo: “Estamos perdiendo la carrera de la emergencia climática; no obstante, podemos ganarla” pero también debemos de tener en cuenta que cualquier avance del cambio climático prácticamente es irreversible. Es importante saber que la crisis es general y para todo el planeta, ninguno de nosotros humanos ni los seres vivos está exento de sufrir sus consecuencias.

## 2.2. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS SERES HUMANOS

El IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ) concluye de que el cambio en el clima ya está generalizado, los ecosistemas y los sistemas humanos son cada vez más vulnerables y están alterados, las alteraciones más graves son, el incremento del calor (calentamiento global) y la pérdida de disponibilidad de agua, las dos juntas están trayendo consecuencias negativas en la salud y la calidad de vida del ser humano y en general de todo ser vivo, produciendo extinciones masivas, mayor escasez de alimentos, enfermedades infecciosas cada vez más comunes y expandidas en territorios no antes vistas, y como consecuencia de todo lo antedicho la economía mundial va a tener grandes reveses y va a colapsar en muchos países sobre todo los más pobres, y por último, la salud mental se va a ver deteriorada por la carencia de una mínima calidad de vida que va a ser negada a la mayoría de los seres vivos.

Los impactos adversos del cambio climático causado por el hombre seguirán intensificándose en mayor o en menor medida, eso ya depende de las acciones que tomen los seres humanos a nivel mundial, pero de todas maneras ya está marcada la ruta de la degradación de la vida y los ecosistemas a nivel mundial. [13]

### 2.2.1. Impacto en la salud y el bienestar

Particularmente, la OPS (Organización Panamericana de la Salud) nos dice que “El Cambio climático es la mayor amenaza para la salud mundial del siglo XXI. La salud es y será afectada por los cambios de clima a través de impactos directos (olas de calor, sequías, tormentas fuertes y aumento del nivel del mar) e impactos indirectos (enfermedades de las vías respiratorias y las transmitidas por vectores, inseguridad alimentaria y del agua, desnutrición y desplazamientos forzados)” [10]

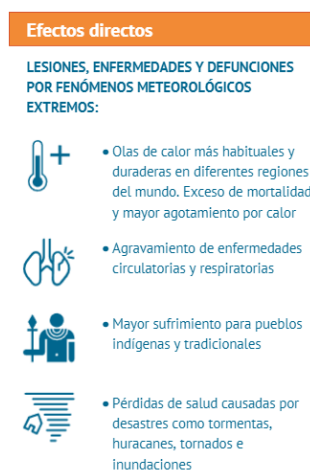


Figura 2-15. Efectos indirectos del cambio climático sobre la salud.

Todo el sector salud está ya enfrentando nuevas malas condiciones sobre la salud y el bienestar, lo que requiere de grandes esfuerzos coordinados a nivel regional y global para enfrentar la nueva situación, ser resilientes, tener la capacidad de anticiparse. Se puede coordinar mediante agencias gubernamentales con la OPS/OMS en temas de Cambio Climático y Salud, coordinaciones con la sociedad civil y con agencias regionales e internacionales. [10]

La OPS ha implementado actividades que son atendidas por un equipo de cambio climático y salud, estas son:

- Apoyo a los países para la planificación y ejecución de políticas y planes; las acciones deben de estar basadas en evidencias: se apoyará en evaluación de vulnerabilidad, implementación para la adaptación en salud y cambio climático (V&A), en planes nacionales de adaptación en sus respectivos capítulos (S-PNAD), los perfiles subregionales para implementar y ejecutar planes de salud y cambio climático de acuerdo con la OPS/OMS-CMNUC (Región Caribeña, América del Sur y Central).
- Fortalecimiento de la vigilancia en los países, a nivel de la nación o de una región: Proyección e implementación de sistemas de monitoreo y alarma de enfermedades y condiciones sensibles al clima.
- Optimizar la operatividad y asegurar la calidad de la infraestructura para la atención de ocurrencias relacionadas con el cambio climático utilizando tipos de tecnologías ecológicas.
- Desarrollar capacidades a todo el personal de salud y sensibilizarlos mediante talleres y cursos referidos a la salud y el cambio climático, tanto presencial como virtualmente.
- Hacer alianzas entre entidades pares para lograr beneficios mutuos.
- Promover a nivel de los países reuniones de alta dirección sobre salud y cambio climático, empoderar a los agentes promotores de salud.
- Implementar un sistema para generar recursos, mediante redes de donantes y propuestas de financiación, para el sostenimiento de las acciones de adaptación y fortalecimiento.

## Efectos indirectos a través de los sistemas naturales

### ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y ALÉRGICOS:



- Agravamiento del asma y otras enfermedades respiratorias alérgicas por la exposición a los aeroalérgenos



- Mayor mortalidad cardiopulmonar por la presencia de partículas y la alta concentración atmosférica de ozono muy tóxico

### ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS Y EL AGUA:



- Aumento del riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, entre un 8-11% riesgo de diarrea en los trópicos y subtropicos



- Aumento del crecimiento, la supervivencia, persistencia y transmisión de microbios patógenos



- Cambio de la distribución geográfica y estacional de enfermedades como el cólera, esquistosomiasis y la floración de algas nocivas

### ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES:



- El clima más cálido aumentará la reproducción, resiliencia y distribución de enfermedades transmitidas por vectores. Se estima que el número adicional de personas infectadas de malaria durante todo el año en América del Sur subirá de 25 millones en 2020 a 50 millones hacia el 2080

Figura 2-16. Efectos indirectos mediante los sistemas naturales

## Efectos indirectos a través de los sistemas socioeconómicos

### INSEGURIDAD ALIMENTARIA Y DEL ABASTECIMIENTO DEL AGUA, Y DESNUTRICIÓN:



- Aumento del riesgo de desnutrición por la caída de la producción de alimentos (especialmente en los trópicos) y el menor acceso a estos



- Efectos combinados de la desnutrición y las enfermedades infecciosas



- Efectos crónicos por retraso del crecimiento y consunción infantil

### SALUD LABORAL Y GRUPOS VULNERABLES:



- Disminución de la capacidad laboral, riesgo de agotamiento por calor, paro cardíaco y accidentes laborales más frecuentes para quienes trabajan al aire libre



- Mayor sufrimiento de las personas mayores, los niños y las personas que viven en entornos deficientes, y para las poblaciones autóctonas y tradicionales

### DESPLAZAMIENTOS FORZADOS, ENFERMEDADES MENTALES Y ESTRÉS:



- Aumento del estrés de todos los enfermos mentales y grado de estrés suficiente para contraer una enfermedad mental quien aún no la padezca, ejemplo: angustia reactiva, depresión, agresión y psicopatías complejas, sensación de pérdida

Figura 2-17. Efectos indirectos mediante los sistemas socioeconómicos.



Estos últimos 4 años han sido los más calurosos de nuestra historia, y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) informó que nos encontramos por encima de un grado centígrado de antes que existiera la industria a nivel mundial y con un riesgo de empezar un desastre ambiental. Es impensable llegar a los dos grados centígrados, y ya en el Acuerdo de París desarrollado el 2015 se han propuesto todos los países participantes a limitar el aumento de la temperatura a máximo 1.5 °C. De acuerdo a las proyecciones científicas, si no reducimos las emisiones de gases de una forma más categórica se prevé que para el 2100 llegemos a 3 °C con lo cual el daño causado a nuestro planeta ya sería irreversible.

Todas las zonas frías de nuestro planeta, los polos y regiones de nieves perpetuas ubicadas en las regiones montañosas están perdiendo masa, y toda esa agua está elevando el nivel del mar con riesgo de inundar ciudades costeras que estén ubicadas a menos de 100 km de la costa, estas ciudades tienen una población de más de 5 millones de habitantes. [13]

“Cada décima de grado cuenta”, ya el planeta está por encima de los 1.2°C referidos a la etapa preindustrial y estaremos por los 1.5°C encima para el 2030-2035, debemos de tratar de no sobrepasarlo. Si llegamos a estar entre 1.5 a 2°C ya los cambios en la biodiversidad del planeta serían proporcionalmente irreversibles, lo sombrío está en que todo apunta en que va a ser así si no adoptamos políticas decididas y urgentes.

Para el año 2023 el incremento de la temperatura fue de 1.48°C como se ve en la figura 2-18, donde se puede ver el crecimiento sostenido de la temperatura a nivel global, esto causa estrés térmico, que puede llevar incluso a la muerte, como más adelante se ve. [11]

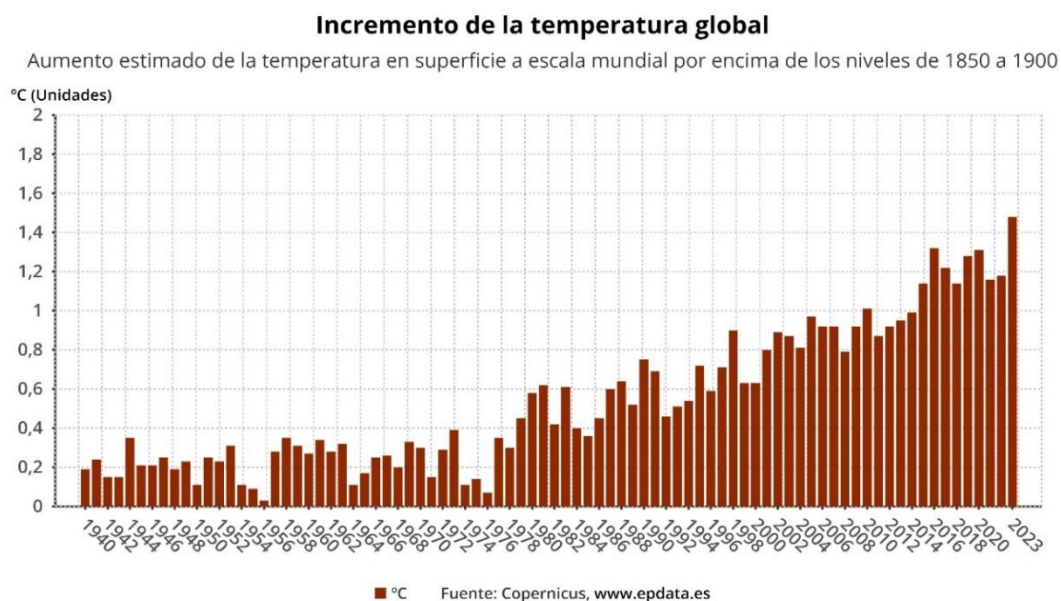


Figura 2-18. Aumento de la temperatura global respecto de la era preindustrial.

Particularmente en España, están relacionadas 1.529 muertes de personas en el periodo 2015-2016 por las emisiones de carbón de acuerdo a información de IIDMA (Instituto Internacional de Derecho y Medio Ambiente), La figura 2-19 nos muestra la tasa de número de muertes por cada 100.000 habitantes; la comunidad que más sufrió es la comunidad autónoma de Asturias, con más de 8 personas por cada cien mil habitantes en riesgo por las emisiones de carbón (el total

de la población que vive en la comunidad), esta comunidad está seguida por Galicia y Cantabria con 3 personas por cada cien mil habitantes, y otras más aunque en menor medida. [12]

### Muertes prematuras debidas a emisiones de carbón por comunidades autónomas

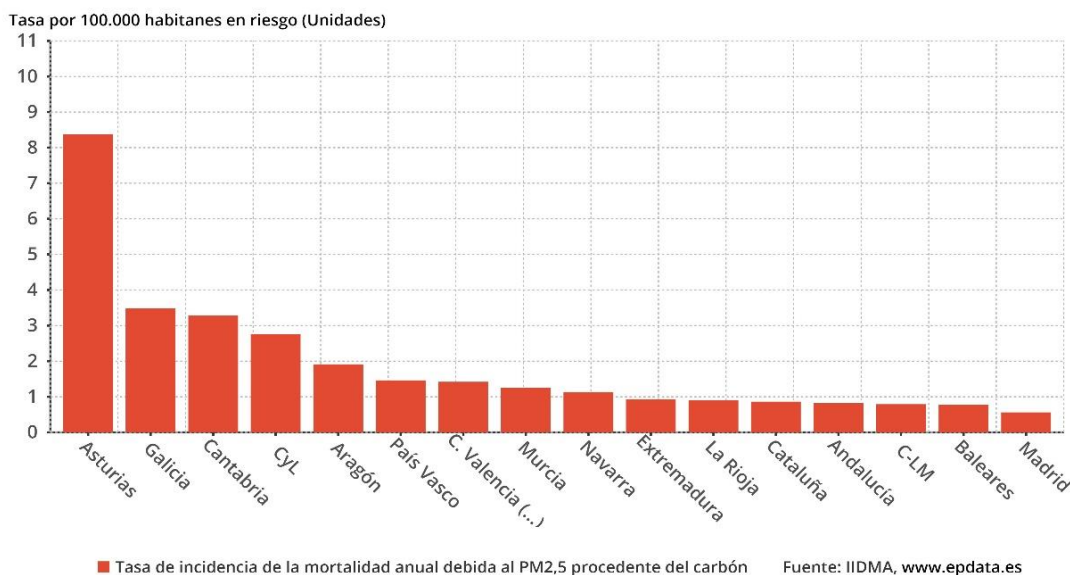


Figura 2-19. Taza de muertes cada 100.000 habitantes en España.

En la figura 2-19, EpData (plataforma creada por Europa Press) toma como límite  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de aire, de acuerdo con los valores que recomienda la OMS. Según esta ONG en el año 2021 se han enfermado o afectado 34,6 millones de habitantes del estado español a causa del ozono, que representa el 73% de la población. También se reporta que el 84% de su territorio fue afectado (423.000 km<sup>2</sup>), entonces tres de cada cuatro ciudadanos de España respiraron el aire con mayor proporción de ozono que el que recomienda la OMS. La siguiente figura muestra comparativamente la disminución del ozono comparando los años 2012-19 respecto del año 2021, la columna vertical se lee en días que están por encima de lo recomendado. [12]

### Días de superación del límite de concentración de ozono por comunidades autónomas en 2021 comparado con el promedio entre 2012-2019

Según el límite de la OMS (100 µg/m3)

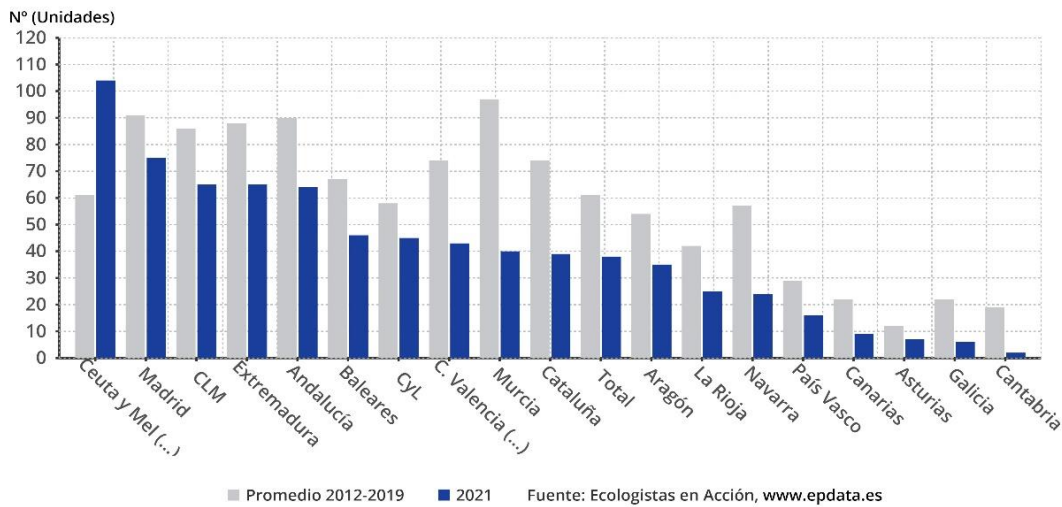


Figura 2-19: Días que se superó el límite de 100 µg/m3 de acuerdo en las comunidades autónomas. Fuente: EpData (2023).

La contaminación por ozono siguió decreciendo por segundo año consecutivo en 2021, ver figura 2-20, aunque el 73 por ciento de los españoles, o sea, tres de cada cuatro ciudadanos, respira aire contaminado, según Ecologistas en Acción en su 'Informe estatal sobre contaminación por ozono en 2021. EpData –Enero del 2023. [12]

### Población de España afectada por el ozono

Tomando como referencia la recomendación de la OMS de de 100 µg/m3

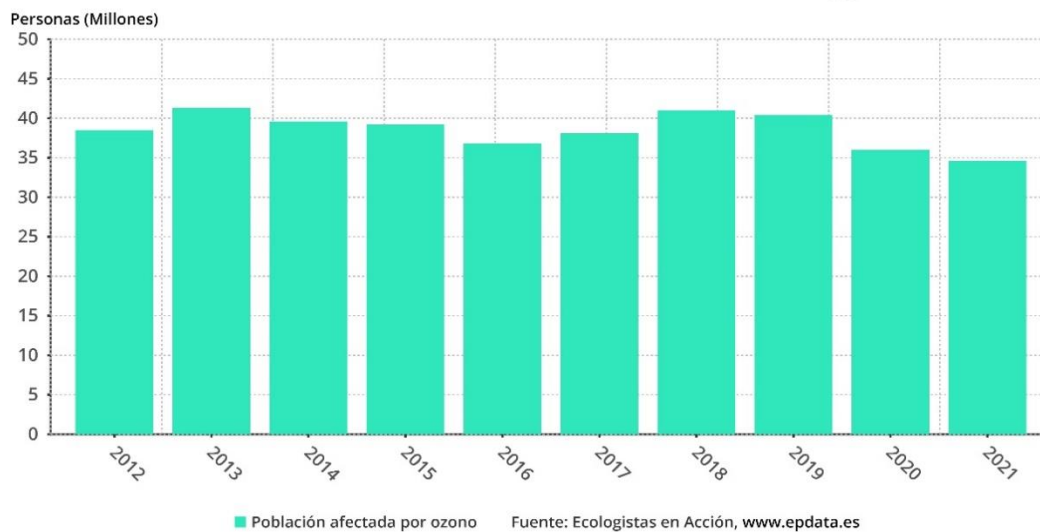


Figura 2-20. Millones de personas afectadas por el ozono en España. EpData –Enero del 2023.

- Enfermedades infecciosas: Un factor preponderante que impulsa la difusión de enfermedades infecciosas es el cambio climático junto con el calentamiento global, donde, por ejemplo, especies endémicas y plagas de regiones cálidas se extenderán a nuevas regiones que ahora indefensas tendrán que lidiar con ello, teniendo como consecuencia la degradación de su ecosistema. [13]
- Mala calidad de vida: Calor, malnutrición, daños por incendios forestales: La mala calidad de vida va a ser para todos y en diversas circunstancias, se van a tener olas de calor que van a matar personas, pero aun así no mueran, se va a sufrir mucho por semejante condición. Las olas de calor van a continuar hasta el 2060 indica la UN (naciones unidas) el 19 de julio del 2022, y no va a depender de si logramos o no desacelerar el cambio climático, señala que el Inglaterra registró en ese año un poco más de 40°C, y que estas tendencias será más frecuentes como lo dice el secretario general de la OMM. [13] La variación a mayor temperatura va a cambiar totalmente el medio de vida para todas las especies vivientes, la figura 2-21 nos muestra el malestar que se va a causar en las personas que han nacido el 2020, en el peor o mejor escenario futuro, este escenario depende íntegramente de lo que hagamos ahora. Por lo pronto, en la COP 28 no se han tomado acciones trascendentes. [14]

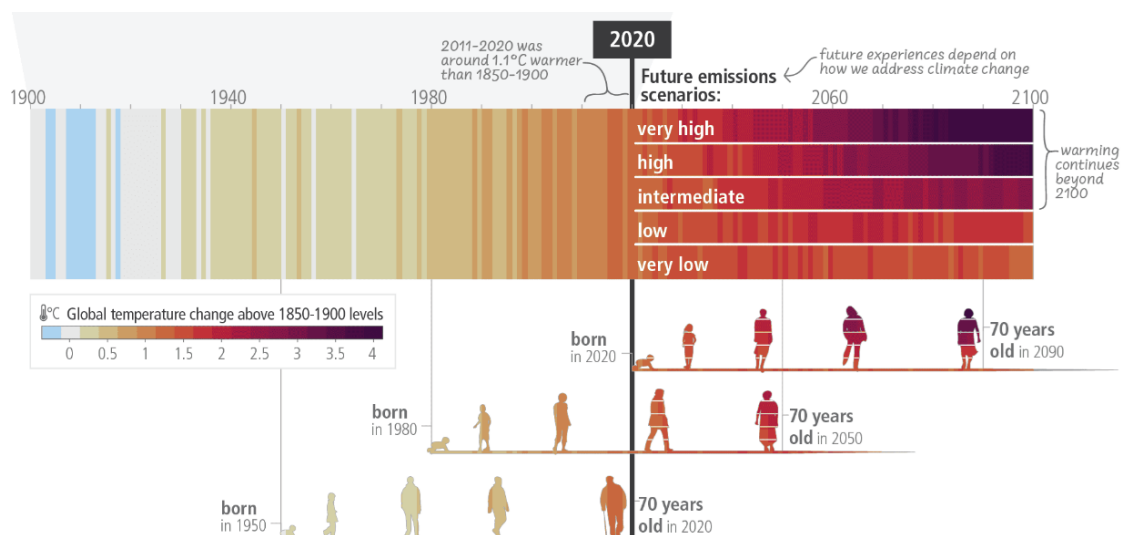


Figura 2-21. Evolución del cambio climático e impacto en la calidad de vida.

Cada vez son mayores, más frecuentes y más exacerbados los desastres climáticos y los fenómenos meteorológicos, y se ha visto que están relacionados con el aumento de la temperatura global. Contamos entre ellos con holas de calor, sequías, grandes huracanes y tifones, grandes heladas, con grandes pérdidas humanas y económicas en todo el mundo: 520.000 millones de dólares al año y 26 millones de personas en pobreza y pobreza extrema.

### 2.2.2. Salud Mental

Los recursos de la tierra han sido degradados en gran parte por el cambio climático y esta precariedad hace que los recursos como la alimentación y el agua sean cada vez más precarios, generando una pugna y creando o exacerbando conflictos en sus sociedades o incluso países, debido a la lucha por los derechos o a los masivos desplazamientos humanos incluso intercontinentales. [13]

El cambio climático ya ha afectado negativamente tanto la salud física como mental de las personas. En todas las áreas geográficas, estos impactos en la salud a menudo obstaculizan los esfuerzos por alcanzar un desarrollo inclusivo. Los grupos más vulnerables incluyen a mujeres, niños, ancianos, pueblos indígenas, hogares de bajos ingresos y aquellos socialmente marginados en áreas urbanas, asentamientos, regiones y países. Los problemas de salud mental se incrementan con el aumento de las temperaturas, los traumas asociados a condiciones climáticas extremas, así como la pérdida de medios de vida y de la cultura. La angustia generada por eventos como el dolor ecológico relacionado con cambios en el medio ambiente (por ejemplo, solastalgia), o eventos meteorológicos y climáticos extremos, junto con la experiencia indirecta o anticipación de estos fenómenos y la consecuente pérdida de medios de vida e inseguridad alimentaria, ha contribuido significativamente a los problemas de salud mental. La vulnerabilidad a estos efectos varía según la región y la población, pero hay evidencia de que los pueblos indígenas, las comunidades agrícolas, los socorristas, las mujeres y los miembros de grupos minoritarios están experimentando impactos desproporcionados. (IPCC, 2023)

### 2.2.3. Desplazamiento

El cambio climático está exacerbando las crisis humanitarias al interactuar con peligros climáticos en contextos de alta vulnerabilidad, lo que pone en peligro la seguridad y el bienestar básicos de las poblaciones. Los eventos climáticos extremos están generando un aumento en los desplazamientos de personas en todas las regiones, siendo los pequeños estados insulares los más afectados de manera desproporcionada. La inseguridad alimentaria aguda y la malnutrición, relacionadas con inundaciones y sequías, han experimentado un aumento en África, América Central y del Sur. Si bien los factores no climáticos siguen siendo los principales impulsores de los conflictos violentos interestatales existentes, en algunas regiones evaluadas, los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos han contribuido marginalmente a su duración, gravedad o frecuencia, aunque la asociación estadística es débil. A través del desplazamiento y la migración involuntaria causados por fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, el cambio climático ha generado y perpetuado la vulnerabilidad de las poblaciones afectadas. (IPCC, 2023).

A medida que las fuertes precipitaciones y las inundaciones, los ciclones tropicales, las sequías y el aumento del nivel del mar se intensifican, se espera que los desplazamientos aumenten a mediano y largo plazo. Con el incremento gradual de las temperaturas, es probable que ocurra una migración involuntaria desde áreas con alta exposición y baja capacidad de adaptación. Aunque en la actualidad la influencia del clima en los conflictos se considera relativamente débil en comparación con otros factores socioeconómicos, está en aumento. A medida que los niveles de calentamiento global aumentan, los impactos de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, especialmente la sequía, aumentarán la vulnerabilidad y, por ende, tendrán un mayor impacto en los conflictos intraestatales violentos. (IPCC, 2023).

Actualmente hay grandes migraciones humanas de África hacia Europa, Inglaterra y parte de Asia, también hay grandes migraciones de Sudamérica específicamente hacia EEUU, todo esto es debido a los grandes conflictos sociales que no son enteramente culpa de la crisis climática o el calentamiento global sino por factores políticos y principalmente de corrupción, pero si tiene gran participación en la exacerbación de los conflictos, por la escasez de agua, la baja producción alimentaria, la pérdida de recursos y su habitat natural. Ya se tienen sequías en África y América Latina. El Banco Mundial pronostica que para el año 2050 van a haber migraciones interregionales de más de 140 millones de personas. [10]

#### 2.2.4. Impacto en la alimentación

El cambio climático degrada nuestros suelos, restringe el carbono que la tierra debe de tener, actualmente existen alrededor de 500 millones de personas ubicada en zonas erosionadas; y, por otro lado, hasta un 30% de los alimentos se desperdician. Agrava la situación la baja disponibilidad de agua tanto para el consumo humano como para la agricultura. Es así como en regiones donde hubo una agricultura próspera ahora apenas sobrevive, incrementando la inseguridad alimentaria, afectando más a los pobres y a las personas vulnerables, y también a los países más pobres. [14]



Figura 2-22. Disponibilidad de agua y producción de alimentos.

Como consecuencia, el calentamiento global causa la inseguridad alimentaria y la escasez hídrica en el planeta, a su vez, la escasez hídrica es determinante en la inseguridad alimentaria. El incremento de eventos de calor y sequía está ocasionando pérdidas en la producción agrícola y la mortalidad de árboles (con alta certeza). Cuando la temperatura supera los 1,5°C, el aumento de los extremos climáticos simultáneos incrementará el riesgo de pérdidas simultáneas en los cultivos de maíz en las principales regiones productoras de alimentos, y este riesgo se incrementará aún más con niveles mayores de calentamiento global. La elevación futura del nivel del mar, junto con marejadas ciclónicas y precipitaciones intensas, aumentará los riesgos compuestos de inundaciones, perjudicando los ecosistemas acuáticos donde se desarrollan los peces y otras formas de vida acuática. Los riesgos para la salud y la producción de alimentos se verán agravados por la combinación de pérdidas repentinas en la producción alimentaria debido al calor y la sequía, exacerbadas por una disminución en la productividad laboral debido al calor. Estos efectos interactivos incrementarán los precios de los alimentos, reducirán los ingresos familiares y generarán riesgos para la salud, como desnutrición y mortalidad relacionada con el clima, especialmente en las regiones tropicales con niveles bajos o nulos de adaptación. Los riesgos para la seguridad alimentaria derivados del cambio climático empeorarán aún más al aumentar la contaminación de los cultivos por micotoxinas y la contaminación de los mariscos por floraciones de algas nocivas, micotoxinas y contaminantes químicos (IPCC, 2023).

### 2.2.5. Impacto en el agua

En la actualidad, se estima que alrededor de la mitad de los 8 mil millones de habitantes del mundo enfrentan una grave escasez de agua durante al menos una parte del año, debido a una combinación de factores climáticos y no climáticos. Desde la década de 1970, el 44% de todos los desastres han estado vinculados a inundaciones, lo que explica por qué una proporción significativa de las medidas de adaptación (~60%) se centran en abordar los riesgos asociados con el agua.

La intensificación del ciclo hidrológico provocada por el cambio climático antropogénico está alterando los aspectos físicos de la seguridad hídrica, lo que agrava las vulnerabilidades preexistentes relacionadas con el agua generadas por otros factores socioeconómicos. Cerca de 500 millones de personas residen en áreas húmedas impredecibles, donde la precipitación media a largo plazo es tan alta como la registrada anteriormente en solo uno de cada seis años. Alrededor de 163 millones de personas habitan actualmente en áreas secas impredecibles.

La intensidad de las precipitaciones intensas ha aumentado en muchas regiones desde la década de 1950, con un alto nivel de confianza. Un número considerablemente mayor de personas (~709 millones) reside en regiones donde la precipitación máxima anual en un día ha aumentado que en aquellas donde ha disminuido (~86 millones), con un nivel de confianza medio. Al mismo tiempo, desde la década de 1950, más personas (~700 millones) también experimentan períodos de sequía más prolongados que períodos de sequía más cortos.

La disponibilidad física de agua incluye el equilibrio del agua disponible de diversas fuentes, incluidas las aguas subterráneas, la calidad del agua y la demanda de agua. Las evaluaciones globales de salud mental y desplazamiento reflejan solo las regiones evaluadas. Los niveles de confianza reflejan la evaluación de la atribución del impacto observado al cambio climático. [14]

### 2.2.6. Impacto en las infraestructuras

El aumento del riesgo vinculado al cambio climático se ha vuelto más pronunciado en todas las ciudades y áreas urbanas, donde residen la mayoría de los habitantes del mundo, aproximadamente 4.200 millones de personas en la actualidad. La urbanización conlleva una mayor vulnerabilidad y exposición a los peligros climáticos, lo que resulta en riesgos y repercusiones para la población y los activos. Este incremento de la vulnerabilidad y exposición es más notable en ciudades y asentamientos con capacidades limitadas de adaptación, especialmente en áreas informales y no planificadas de países de ingresos bajos y medianos, así como en centros urbanos de menor tamaño. Entre 2015 y 2020, la población urbana mundial aumentó en más de 397 millones de personas, siendo más del 90% de este crecimiento registrado en regiones menos desarrolladas.

### Cities, settlements and infrastructure

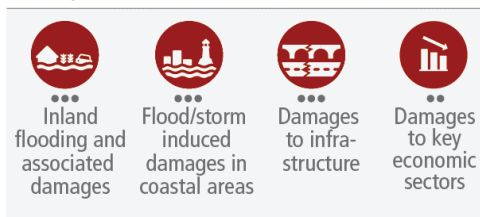


Figura 2-23. Ciudades, asentamientos e infraestructura

La recopilación de datos sobre eventos relacionados con el clima y las consiguientes pérdidas humanas y económicas ha aumentado desde el quinto Informe de Evaluación del IPCC para áreas urbanas y asentamientos humanos. Las pérdidas observadas pueden ser el resultado de eventos individuales, compuestos, en cascada y sistémicos. Las pérdidas por eventos individuales incluyen el impacto directo del estrés por calor en la salud humana. Por otro lado, las pérdidas por eventos compuestos surgen de la interacción de peligros climáticos únicos con al menos otro factor de riesgo, como el calor junto con la mala calidad del aire (por ejemplo, debido a la contaminación del tráfico o los incendios forestales), o inundaciones combinadas con la mala calidad del agua (por ejemplo, por aguas pluviales contaminadas o agua de inundación). Los impactos en cascada se observan cuando los daños en un lugar o sistema reducen su resiliencia y generan impactos en otros lugares (por ejemplo, cuando las inundaciones dañan la infraestructura energética, provocando apagones y teniendo repercusiones en términos financieros y humanos). Las pérdidas se vuelven sistémicas cuando afectan a sistemas completos e incluso pueden propagarse de un sistema a otro (por ejemplo, la sequía que afecta la producción rural de alimentos y contribuye a la inseguridad alimentaria urbana). En algunos casos, las respuestas mal adaptadas a las amenazas han exacerbado la desigualdad en la distribución de los impactos, como trasladar el riesgo de una comunidad a otra. [14]

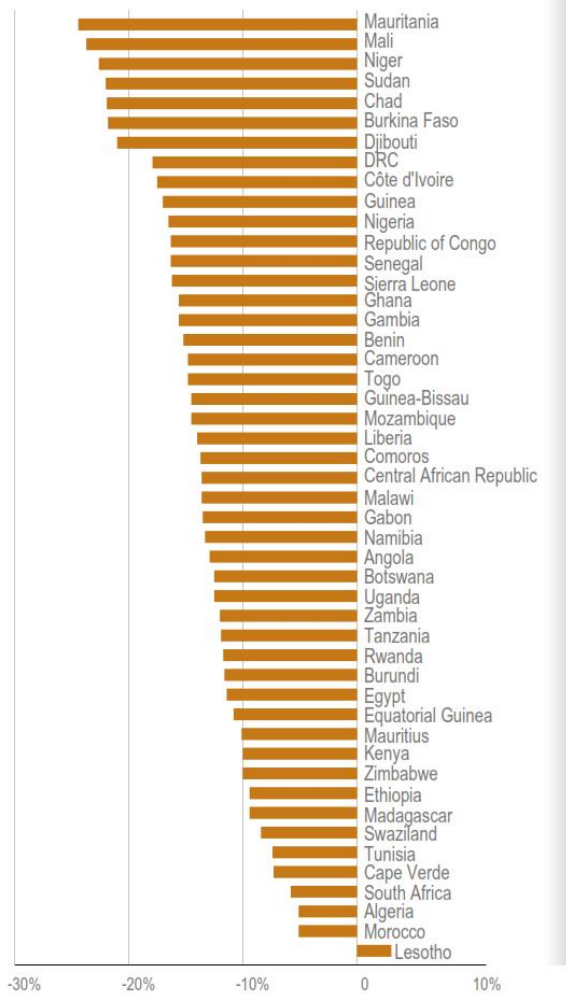
#### 2.2.7. Impacto en la economía

El incremento de las temperaturas medias y la disminución de las precipitaciones han ocasionado una merma en la producción y el crecimiento económico en África, con efectos negativos más significativos que en otras partes del mundo. Según estimaciones, el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita en promedio es un 13,6% más bajo para los países africanos de lo que sería sin el calentamiento global causado por la actividad humana desde 1991, si bien los impactos varían considerablemente entre naciones, (observar figura 2-24). Como resultado, el calentamiento global ha exacerbado la disparidad económica entre los países del hemisferio norte templado y los africanos. Además, el calentamiento ha generado perjuicios económicos dispares dentro de África, siendo los más significativos observados en la República Centroafricana, la República Democrática del Congo y Zimbabwe, donde un aumento de 1°C en la temperatura media durante 20 años ha reducido el crecimiento del PIB en 0,67 puntos porcentuales.

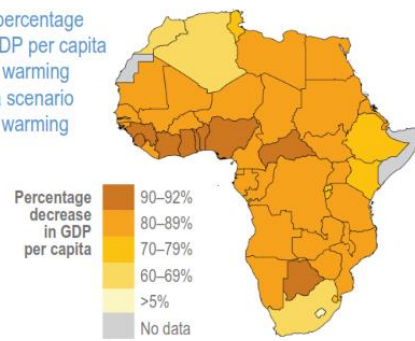


### Observed aggregate economic impacts and projected risks from climate change in Africa

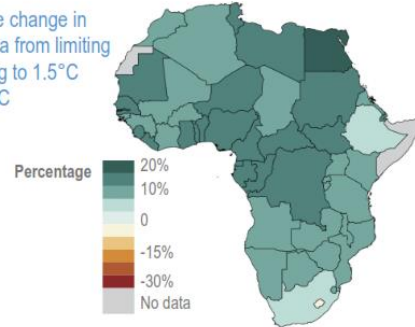
(a) Percentage change in GDP per capita due to observed climate change (1991–2010)



(b) Projected percentage decrease in GDP per capita for 4°C global warming compared to a scenario with no global warming after 2010



(c) Percentage change in GDP per capita from limiting global warming to 1.5°C rather than 2°C



(d) Probability of economic benefits from limiting global warming to 1.5°C rather than 2°C

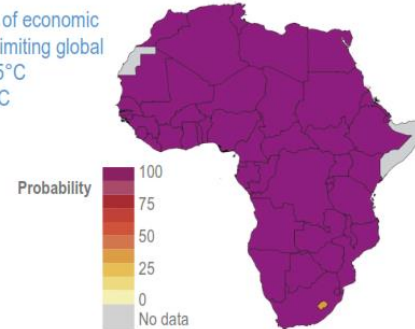


Figura 2-24. Impactos económicos acumulados observados y riesgos proyectados del cambio climático en África.

- a) Estimación del efecto del cambio climático atribuido a la actividad humana en el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita de 48 países africanos durante el periodo de 1991 a 2010.
- b) Proyección del efecto en el PIB per cápita debido al calentamiento global de aproximadamente 4°C para el año 2100 en comparación con el crecimiento económico que ocurriría sin un mayor calentamiento global después de 2010.
- c) Incremento porcentual proyectado en el PIB per cápita si el calentamiento global se mantiene en 1,5°C en lugar de alcanzar los 2°C por encima del nivel preindustrial.
- d) Probabilidad de obtener algún beneficio económico al mantener el calentamiento global en 1,5°C en lugar de 2°C. Fuentes de datos: Burke et al. (2015b); (2018a) [15]

Las modificaciones en los patrones de lluvias también impactan en los ingresos a nivel individual y nacional. Si las precipitaciones totales no hubieran disminuido entre 1960 y 2000, la brecha entre el PIB africano y el de otras regiones en desarrollo sería entre un 15% y un 40% menor que en la actualidad, con los mayores impactos en naciones altamente dependientes de la agricultura y la energía hidroeléctrica. Los efectos macroeconómicos se manifiestan a través de diversos canales. La evidencia macroeconómica sugiere que las pérdidas en la agricultura, con un papel secundario para la industria manufacturera, han sido los principales impulsores de los impactos agregados. Los análisis sectoriales confirman que la disminución de la productividad en cultivos alimentarios, cultivos básicos y la productividad general del suelo contribuyen a un menor desempeño macroeconómico frente al aumento de las temperaturas. Además, se han observado reducciones en la oferta de mano de obra y la productividad en la manufactura, industria, servicios y trabajo asalariado en otras regiones, lo que contribuye a las caídas económicas agregadas, contrarrestando las estrategias de reducción de la pobreza y otros Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En un estudio de caso en una ciudad rural de Sudáfrica, más del 80% de las empresas, tanto formales como informales, perdieron más del 50% de sus empleados e ingresos debido a la sequía agrícola. Además, las sequías y olas de calor extremo han disminuido los ingresos del turismo en África. Los daños a la infraestructura y las interrupciones del transporte debido a eventos climáticos adversos también han reducido el acceso a servicios y oportunidades de crecimiento. Conjuntos de datos globales, incluyendo a África, han demostrado que los ciclones tropicales tienen impactos negativos significativos y duraderos en el crecimiento del PIB.

### 2.2.8. Biodiversidad y ecosistemas

En 2022, el calor contenido en los océanos alcanzó su punto máximo, según los datos disponibles más recientes de un registro de observaciones que abarca 65 años. Desde 1971, aproximadamente el 90% de la energía acumulada en el sistema Tierra se ha almacenado en los océanos, lo que ha resultado en un aumento en su temperatura y en el contenido total de calor. De acuerdo con un análisis consolidado basado en siete conjuntos de datos individuales, durante el año 2022 (el último año completo para el cual disponemos de datos), los 2000 metros superiores del océano continuaron experimentando un aumento de temperatura. Se proyecta que este calentamiento persistirá, representando un cambio irreversible en escalas temporales de siglos y milenios.

El contenido de calor del océano alcanzó su nivel máximo registrado en 2022, superando en  $17 \pm 9 \text{ ZJ}$  el valor de 2021. Todos los conjuntos de datos coinciden en que las tasas de calentamiento de los océanos han experimentado un incremento particularmente notable en las últimas dos décadas. Entre 1971 y 2000, la tasa de calentamiento del océano para la capa de 0 a 2000 metros fue de  $0,7 \pm 0,1 \text{ W/m}^2$ , mientras que entre 2006 y 2022 (el período cubierto por el programa Argo) fue de  $1,2 \pm 0,2 \text{ W/m}^2$ . Se estima que el calentamiento global de los océanos profundos por debajo de los 2000 metros de profundidad será de  $0,07 \pm 0,1 \text{ W/m}^2$  entre 1992 y 2022.

A pesar del notable aumento en el contenido de calor del océano en toda su columna de agua, el ritmo de calentamiento no ha sido uniforme en todas las regiones. Se observó un calentamiento más pronunciado en los 2000 metros superiores del Océano Austral ( $60^{\circ}\text{S}$ - $35^{\circ}\text{S}$ ), el Atlántico Norte ( $20^{\circ}\text{N}$ - $50^{\circ}\text{N}$ ) y el Atlántico Sur ( $60^{\circ}\text{S}$ - $0^{\circ}\text{S}$ ). El Océano Austral es la principal reserva de calor, representando aproximadamente el 36 % del aumento global del contenido de calor en los 2000 metros superiores desde 1958, seguido por el Océano Atlántico con alrededor

del 33 % y el Océano Pacífico con cerca del 20 %. Se están observando enfriamientos en algunas regiones relativamente pequeñas, como en el Océano Atlántico Norte subpolar, que se extiende desde cerca de la superficie hasta una profundidad de más de 800 metros (y es también la única área que muestra un enfriamiento centenario en la superficie). Este patrón contrastante de enfriamiento (entre 50°N-70°N) y calentamiento (entre 20°N-50°N) en el Atlántico Norte ha sido asociado con una desaceleración en la Circulación de Inversión Meridional del Atlántico. [11]

## **2.3. MEDIDAS PARA MITIGAR LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL**

Ante los múltiples problemas previamente mencionados, se hace imperativo que la sociedad abrace una transformación de gran envergadura, optando por un estilo de vida que refleje respeto hacia nuestro entorno. A nivel mundial, se han ejecutado diversas iniciativas con el objetivo de modificar la presente trayectoria de nuestro modo de vida. Es innegable que la urgencia de este cambio radica en la necesidad apremiante de salvaguardar nuestro planeta y mitigar los impactos negativos que hemos infligido sobre él. La complejidad de los retos actuales, desde la crisis climática hasta el agotamiento de recursos naturales, demanda una respuesta concertada y colectiva por parte de la sociedad. Es esencial que nos desprendamos de prácticas y hábitos que perpetúan la degradación ambiental, y en su lugar, optemos por un paradigma sostenible que promueva la conservación y la regeneración de nuestro entorno. Por ello, en este apartado se detallará principalmente lo que se ha estado realizando y se tratará de enfocarlo desde una perspectiva de las centrales convencionales.

### **2.3.1. Agenda 2030 y los ODS**

La Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) representa un enfoque global para promover la prosperidad de manera respetuosa con el medio ambiente y sus habitantes. Aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en septiembre de 2015, consta de 17 ODS y 169 metas. Estos objetivos abarcan áreas cruciales como la eliminación de la pobreza y el hambre, la educación, la salud, la igualdad de género, el acceso a agua y energía, el crecimiento económico sostenible, la lucha contra el cambio climático, la paz y la justicia. La meta de los ODS es alcanzar un desarrollo sostenible inclusivo, comprometiéndose a los Estados miembros de la ONU a trabajar colaborativamente para su implementación. [16][17].

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible surgieron como una continuación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio que abarcaron el período de 2000 a 2015. Aunque no se lograron todos los objetivos originales, los ODS representan un avance en la cooperación internacional para abordar los desafíos globales. La Agenda 2030 tiene como objetivo mantenerse resiliente frente a la crisis climática, las variaciones económicas, los conflictos y las secuelas de pandemias. Se espera que los líderes mundiales intensifiquen sus esfuerzos para lograr los ODS antes de 2030. [18]. En este trabajo se considera que los estudios de impacto ambiental, debido a que abarcan numerosos detalles que involucran gran número de factores que afectan directa o indirectamente en todos los aspectos de la sociedad, medio ambiente, política, economía, etc. Se debe presentar una breve explicación de cada una de ellas así, al realizar las valoraciones y extracción de información de las acciones y medidas correctoras (que se verán en los anexos, y capítulo 8) se pueda realizar una adecuada evaluación más amplia y aplicada adecuadamente a la metodología que se aplica en este trabajo:

### 2.3.1.1. Fin de la pobreza

El principal objetivo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es eliminar la pobreza extrema en todo el mundo para el año 2030. Para alcanzar esta meta, se han establecido diversas acciones y políticas que buscan fomentar oportunidades de empleo, generar ingresos para las mujeres, mejorar el acceso a la protección social y garantizar la igualdad de derechos a los recursos económicos, servicios básicos, propiedad y control de tierras, herencia, entre otros, especialmente para aquellos en situación de pobreza y vulnerabilidad [18]. Asimismo, se pretende establecer marcos normativos sólidos a nivel nacional, regional e internacional, basados en estrategias de desarrollo que consideren cuestiones de género, con el fin de respaldar inversiones aceleradas para erradicar la pobreza [20]. En España, se han desarrollado planes nacionales de acción para la inclusión social, evaluando la pobreza a través del indicador "Riesgo de Pobreza Relativa" [16]. En resumen, la lucha contra la pobreza requiere cooperación internacional, proyectos de desarrollo, educación inclusiva y equitativa, así como acceso a la protección social, entre otras medidas. [19].



Figura 2-25. Fin de la pobreza.

### 2.3.1.2. Hambre cero

La Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluye el Objetivo 2, conocido como Hambre Cero, que busca poner fin al hambre y asegurar la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición hasta el año 2030 [17]. Este objetivo pretende erradicar el hambre y la desnutrición, especialmente en los grupos más vulnerables, como los niños y las mujeres. Para lograrlo, se deben abordar varios aspectos, como la promoción de la agricultura sostenible, la reducción de la pérdida de alimentos y la mejora de la distribución de los recursos alimenticios [16]. Algunos de los retos para lograr Hambre Cero incluyen la expansión de las prácticas agrícolas sostenibles, el fortalecimiento de las capacidades para generar información que permita mejores políticas y la mejor difusión de conocimientos, y la colaboración entre gobiernos, organizaciones no gubernamentales y el sector privado [18]. Además, es importante prestar atención a las causas subyacentes del hambre, como los conflictos armados, la migración forzada y el cambio climático [19].

Actualmente, se estima que cerca de 690 millones de personas sufren hambre en el mundo, aunque este número puede aumentar si no se toman medidas efectivas para lograr Hambre Cero [19].



Figura 2-26. Hambre cero.

### 2.3.1.3. Salud y bienestar

La Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluye varios objetivos específicos relacionados con la salud y el bienestar. El Objetivo 3, "Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades" [17][18]. es el objetivo principal relacionado con la salud. Algunos de los aspectos clave de este objetivo incluyen:

- Reducir la mortalidad materna y neonatal.
- Garantizar el acceso universal a servicios de salud, incluyendo servicios de salud sexual y reproductiva, vacunación y medicamentos esenciales.
- Reducir las muertes por enfermedades no transmisibles y promover la salud mental.
- Fortalecer la prevención y el tratamiento del abuso de sustancias adictivas.

Además, otros objetivos también están relacionados con la salud y el bienestar, como el Objetivo 2, que busca "poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición", y el Objetivo 6, que apunta a "garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos".

Estos objetivos específicos buscan abordar diferentes aspectos de la salud y el bienestar a nivel global, con el fin de promover sociedades más sanas y sostenibles para todos.



Figura 2-27. Salud y bienestar.

#### 2.3.1.4. Educación de calidad

El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 4 (ODS 4) de la Agenda 2030 es "Educación de calidad". Este objetivo busca garantizar el acceso universal a una educación de calidad, equitativa e inclusiva, promoviendo la alfabetización, la formación técnica y profesional y el aprendizaje a lo largo de toda la vida. La educación es la clave para poder alcanzar otros muchos ODS. Cuando las personas pueden acceder a una educación de calidad, pueden escapar del ciclo de la pobreza. De esta manera, la educación contribuye a reducir las desigualdades y a lograr la igualdad de género. También empodera a las personas de todo el mundo para que lleven una vida más saludable y sostenible. La educación es también fundamental para fomentar la tolerancia entre las personas, y contribuye a crear sociedades más prácticas [16].

Para lograr el ODS 4, se requiere una acción coordinada a nivel mundial, incluyendo la inversión en infraestructuras educativas, la formación del personal docente, la eliminación de barreras de género y la promoción de la educación para el desarrollo sostenible. Además, es fundamental garantizar el acceso a educación de calidad a las comunidades más vulnerables y marginadas. En América Latina y el Caribe, se han producido importantes avances con relación a la mejora en el acceso a la educación a todos los niveles y al incremento de las tasas de escolarización en las escuelas, sobre todo en el caso de las mujeres y las niñas. Ha aumentado en gran medida el nivel mínimo de alfabetización, si bien es necesario redoblar los esfuerzos para conseguir mayores avances en el logro de los objetivos de la educación universal [20].

La educación de calidad es la mejor inversión que podemos hacer para alcanzar los ODS y todos los derechos humanos. Para cumplir el ODS 4, la financiación de la educación debe convertirse en una prioridad nacional. Además, son esenciales medidas como la gratuidad y obligatoriedad de la enseñanza, el aumento del número de profesores, la mejora de las infraestructuras escolares básicas y la transformación digital. También es fundamental garantizar el derecho a la educación de las personas vulnerables, en erradicar el analfabetismo y en promover una educación para el desarrollo sostenible, basada en los derechos humanos y en pautas de vida sostenibles. Además, solo a través de la educación se conseguirá expandir el mensaje de los ODS a todas las esferas de la sociedad y hacer que la discriminación y la pobreza no mantengan a muchas personas alejadas de la oportunidad de obtener una educación.

Las empresas también juegan un papel protagonista en el fomento e inversión en educación. Éstas pueden contribuir al ODS 4 introduciendo criterios de sostenibilidad a nivel interno, apoyando y realizando workshops y eventos donde se difundan buenas prácticas, tecnología e innovaciones en materia de sostenibilidad, creando programas de becas para estudiantes con falta de recursos económicos y llevando a cabo donaciones a fundaciones y organizaciones, cuyo objeto se base en la educación, especialmente en relación con grupos desfavorecidos [18].

En resumen, el ODS 4 busca garantizar el acceso universal a una educación de calidad, equitativa e inclusiva, promoviendo la alfabetización, la formación técnica y profesional y el aprendizaje a lo largo de toda la vida. Para lograr este objetivo, se requiere una acción coordinada a nivel mundial, incluyendo la inversión en infraestructuras educativas, la formación del personal docente, la eliminación de barreras de género y la promoción de la educación para el desarrollo sostenible. Además, es fundamental garantizar el acceso a educación de calidad a las comunidades más vulnerables y marginadas. Las empresas también pueden contribuir al ODS 4 introduciendo criterios de sostenibilidad a nivel interno y apoyando programas de educación.



Figura 2-28. Educación de calidad.

#### 2.3.1.5. Igualdad de género

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 5 se concentra en la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres y las niñas. Este objetivo busca promover la igualdad de género y eliminar las barreras legal, social y económica que impidan el empoderamiento de las mujeres y las niñas. Para lograr este objetivo, se requiere una acción coordinada a nivel mundial, incluyendo la promoción de políticas y leyes que protegen los derechos de las mujeres y las niñas, la eliminación de barreras de género en la educación y el empleo, y la promoción de la participación de las mujeres en la toma de decisiones y el liderazgo [17][18].

Algunos puntos claves del ODS 5 incluyen:

- Promoción de la igualdad de género en la educación, trabajando para eliminar las disparidades de género en la accesibilidad, retención y rendimiento académico [19].
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo y remuneración para las mujeres, y la eliminación de la brecha salarial entre hombres y mujeres.
- Fortalecimiento de la participación de las mujeres en la toma de decisiones y el liderazgo, incluyendo la representación de las mujeres en posiciones de poder y liderazgo en el sector privado y público.
- Prevención y combate de la violencia contra las mujeres y las niñas, incluyendo la mutilación genital femenina y el matrimonio infantil.

El ODS 5 es crucial para lograr la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres y las niñas, y es fundamental para lograr otros ODS, como la erradicación de la pobreza y la promoción de la salud y el bienestar. Para lograr éxito en este objetivo, es necesario un liderazgo político, unas inversiones y unas reformas políticas integrales para dismantelar las barreras sistémicas que impiden alcanzar la igualdad de género [18].



Figura 2-29. Igualdad de género

### 2.3.1.6. Agua limpia y saneamiento

El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 (ODS 6) se centra en el acceso a agua limpia y saneamiento adecuado para todos. Este objetivo busca garantizar el acceso universal a agua potable y saneamiento adecuado, promoviendo la gestión sostenible de los recursos hídricos y la prevención de la contaminación. Para lograr este objetivo, se requiere una acción coordinada a nivel mundial, incluyendo la inversión en infraestructuras de agua y saneamiento, la promoción de prácticas sostenibles de gestión de los recursos hídricos, la prevención de la contaminación y la promoción de la higiene y el saneamiento básico [16].

Algunos puntos claves del ODS 6 incluyen:

- Garantizar el acceso universal a agua potable y saneamiento adecuado, especialmente para las poblaciones más vulnerables y marginadas.
- Promover la gestión sostenible de los recursos hídricos, incluyendo la prevención de la contaminación y la protección de los ecosistemas acuáticos.
- Fomentar la higiene y el saneamiento básico, incluyendo la promoción de prácticas de higiene adecuadas y la eliminación de barreras culturales y de género.
- Fortalecer la cooperación internacional y la participación de las comunidades locales en la gestión de los recursos hídricos.

El ODS 6 es fundamental para lograr la salud y el bienestar, así como para la erradicación de la pobreza y la promoción de la igualdad de género. Para lograr éxito en este objetivo, es necesario un liderazgo político, unas inversiones y unas reformas políticas integrales para dismantelar las barreras sistémicas que impiden alcanzar el acceso universal a agua limpia y saneamiento adecuado [1]. Además, es esencial que las empresas colaboren con el sector del agua y saneamiento, ofreciendo críticas y prácticas de sostenibilidad, y llevando a cabo donaciones a fundaciones y organizaciones dedicadas al acceso al agua y saneamiento [17].

#### Metas y actividades relativas al ODS6



Figura 2-30. Agua limpia y saneamiento.

### 2.3.1.7. Energía asequible y no contaminante

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 7 se centra en garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Este objetivo busca reducir la pobreza y las desigualdades, mejorar la calidad de vida y promover el desarrollo sostenible mediante la expansión del acceso a fuentes de energía limpia y asequible [16][17].



Las fuentes de energía asequible y no contaminante incluyen:

- Energía hidroeléctrica
- Energía eólica
- Energía solar
- Energía geotérmica
- Biomasa

Estos tipos de energía se consideran fundamentales para la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y para cumplir con los objetivos de reducción del cambio climático [3]. En 2020, la energía hidroeléctrica fue la principal fuente de energía renovable, seguida de la eólica y la solar [3].

La transición energética hacia fuentes de energía limpia y asequible es esencial para reducir la contaminación atmosférica, combatir el cambio climático y mejorar la calidad de vida de miles de millones de personas que ahora no tienen acceso a la electricidad. Para lograr este objetivo, es fundamental que los gobiernos coloquen la energía asequible y no contaminante como una prioridad política, y que las empresas colaboren con el sector público para promover la inversión en infraestructuras y tecnologías limpias.



Figura 2-31. Energía asequible y no contaminante.

#### 2.3.1.8. Trabajo decente y crecimiento económico

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 8 se centra en promover un crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos. Este objetivo busca abordar los desafíos del desempleo, la informalidad y la falta de protección social, promoviendo un entorno laboral justo y favorable para todos.

Algunos puntos claves del ODS 8 incluyen:

- Promover un crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, fomentando la productividad y la innovación tecnológica.
- Lograr el empleo pleno y productivo, así como el trabajo decente para todos, incluyendo la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor.
- Erradicar todas las formas de trabajo forzoso, la esclavitud moderna y la trata de seres humanos.
- Reducir significativamente la proporción de jóvenes que no están empleados ni reciben educación o formación.

El ODS 8 es fundamental para lograr el desarrollo sostenible, la reducción de la pobreza y la promoción de la igualdad de género. Para lograr éxito en este objetivo, es necesario un liderazgo político, unas inversiones y unas reformas políticas integrales para dismantelar las barreras sistémicas que impiden alcanzar el empleo pleno y productivo. Además, es esencial que las empresas colaboren con el sector público para promover prácticas laborales justas y favorables, ofreciendo oportunidades de empleo dignas y respetando los derechos laborales fundamentales.



Figura 2-32. Trabajo decente y crecimiento económico.

### 2.3.1.9. Industria innovación e infraestructura

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 9 se centra en la industria, la innovación e infraestructura. Este objetivo busca promover una industrialización inclusiva y sostenible, fomentar la innovación y desarrollar infraestructuras resilientes y sostenibles. Algunos aspectos clave del ODS 9 incluyen:

- Desarrollar infraestructuras sostenibles y resilientes, especialmente en países en desarrollo.
- Promover una industrialización inclusiva y sostenible, con un mayor empleo y un menor impacto ambiental.
- Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo.
- Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios.

Para lograr este objetivo, es fundamental que los gobiernos coloquen la industria, la innovación e infraestructura como una prioridad política, y que las empresas colaboren con el sector público para promover prácticas industriales sostenibles y la innovación. Además, es esencial que los países en desarrollo reciban apoyo financiero, tecnológico y técnico para desarrollar infraestructuras sostenibles y resilientes [18].



Figura 2-33. Trabajo decente y crecimiento económico.

### 2.3.1.10. Reducción de las desigualdades

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 10 se centra en la reducción de las desigualdades, tanto dentro de los países como entre ellos. Este objetivo busca abordar las desigualdades económicas, sociales y políticas, promoviendo la inclusión y la igualdad de oportunidades para todos.

Algunos puntos claves del ODS 10 incluyen:

- Promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, género, discapacidad, raza, etnia, origen, religión o situación económica.
- Reducir la desigualdad económica, incluyendo la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor y la promoción de políticas fiscales y sociales progresivas.
- Empoderar y promover la participación de las personas en situación de vulnerabilidad, incluyendo las personas con discapacidad, los pueblos indígenas y las comunidades marginadas.
- Mejorar la regulación y el control de los flujos financieros y tecnológicos internacionales, para reducir la desigualdad entre los países.

El ODS 10 es fundamental para lograr el desarrollo sostenible, la reducción de la pobreza y la promoción de la igualdad de género. Para lograr éxito en este objetivo, es necesario un liderazgo político, unas inversiones y unas reformas políticas integrales para dismantelar las barreras sistémicas que impiden alcanzar la inclusión y la igualdad de oportunidades. Además, es esencial que las empresas colaboren con el sector público para promover prácticas empresariales responsables y la inclusión social y económica de todas las personas.



Figura 2-34. Reducción de las desigualdades.

### 2.3.1.11. Ciudades y comunidades sostenibles

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 11 se centra en las ciudades y comunidades sostenibles. Este objetivo busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Algunos aspectos clave del ODS 11 incluyen:

- Asegurar el acceso a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles.
- Proporcionar sistemas de transporte seguros, accesibles, sostenibles y asequibles, poniendo especial atención al transporte público.
- Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible, protegiendo y salvaguardando el patrimonio cultural y natural del mundo.
- Mejorar la planificación y gestión urbana de manera que sea participativa e inclusiva.

El rápido crecimiento de las ciudades proporciona oportunidades, bienestar y prosperidad para muchas personas, pero también genera desigualdades económicas, sociales y medioambientales. Por lo tanto, es necesario transformar radicalmente la forma en que construimos y administramos las ciudades para lograr un desarrollo sostenible. Las empresas tienen un papel clave para lograr estas metas, introduciendo criterios de movilidad sostenible a nivel interno, fomentando las infraestructuras y procesos sostenibles, impulsando el respeto a la cultura y valores locales y protegiendo los espacios naturales en las comunidades cercanas. Además, es importante realizar inversiones comunitarias y donaciones financieras o en especies, y crear alianzas público-privadas con ONG, universidades, ayuntamientos y otras empresas para realizar proyectos que contribuyan a mejorar la sostenibilidad de las ciudades y comunidades.



Figura 2-35. Ciudades y comunidades sostenibles.

#### 2.3.1.12. Producción y consumo responsables

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 12 se centra en la producción y consumo responsables. Este objetivo busca cambiar el modelo actual de producción y consumo para garantizar un uso eficiente de los recursos y la energía, la construcción de infraestructuras sostenibles, la mejora del acceso a servicios básicos y la creación de empleos ecológicos y decentes [19]. Algunos aspectos clave del ODS 12 incluyen:

- Reducir a la mitad el desperdicio de alimentos en la venta al por menor y en las cadenas de producción y suministro.
- Implementar prácticas eficientes en la producción y consumo de bienes y recursos, incluyendo la reducción de la huella ecológica.
- Impulsar el uso de recursos naturales de manera sostenible y reducir la degradación ambiental.
- Fortalecer la capacidad científica y tecnológica de los países en desarrollo para avanzar hacia patrones sostenibles de consumo.
- Promover prácticas de contratación pública sostenible y transparencia en la información sobre la sostenibilidad.

Las empresas tienen un papel clave para lograr estas metas, debiendo incorporar en sus modelos de producción y consumo criterios de economía circular, colaborar entre sí y participar en eventos relacionados con el "reporting" en materia de sostenibilidad. Además, es esencial que las empresas colaboren con el sector público para promover prácticas empresariales responsables y la inclusión social y económica de todas las personas [18].



Figura 2-36. Producción y consumo responsables.

### 2.3.1.13. Acción por el clima

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 13 se centra en la acción por el clima. Este objetivo busca implementar medidas urgentes para combatir el cambio climático y lograr una economía baja en carbono. Algunos aspectos clave del ODS 13 incluyen: [16]

- Gestionar la transición hacia una economía baja en carbono y lograr que el aumento de las temperaturas se mantenga por debajo de los 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales.
- Establecer objetivos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se alinee con el consenso de "The Ambition Loop".
- Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales.
- Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional sobre el cambio climático, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.
- Incluir medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.
- Colaborar con el sector privado para que las empresas establezcan estrategias para reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> y apoyen las energías renovables en lugar de las fósiles en sus actividades.

Los países desarrollados deben tomar medidas significativas para reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> y apoyar a los países en desarrollo en su lucha contra el cambio climático. Además, es esencial que las empresas colaboren con el sector público y las organizaciones civiles para promover prácticas empresariales sostenibles y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> [20].



Figura 2-37. Acción por el clima.

#### 2.3.1.14. Vida submarina

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 14 se centra en la vida submarina y busca conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y sus recursos [17]. Algunos aspectos clave del ODS 14 incluyen:

- Prevenir y reducir la contaminación marina de todo tipo, incluida la producida por actividades realizadas en tierra.
- Gestionar y proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos importantes.
- Reglamentar eficazmente la explotación pesquera y conservar al menos el 10% de las zonas costeras y marinas.
- Apoyar la pesca artesanal y facilitar el acceso de los pescadores a los recursos marinos y los mercados.
- Crear códigos de buenas prácticas que permitan a los pescadores tener una visión a largo plazo.
- Incentivar la investigación marina y marítima a través de programas de investigación y transferencia de tecnologías.
- Mejorar la conservación y el uso sostenible de los océanos y sus recursos aplicando el derecho internacional reflejado en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.

Empresas y gobiernos pueden contribuir a la consecución de este objetivo mediante la implementación de prácticas sostenibles en la industria pesquera, la reducción de la contaminación marina y la promoción de la investigación y la innovación en materia de oceanografía y gestión marina.



Figura 2-38. Vida submarina.

#### 2.3.1.15. Vida de ecosistemas terrestres

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 15 se centra en la vida de ecosistemas terrestres y busca proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los mismos, gestionar sosteniblemente los bosques, detener e invertir la degradación de las tierras, combatir la desertificación y frenar la pérdida de biodiversidad [16][20]. Algunas características clave de este ODS incluyen:

- Conservación, restablecimiento y uso sostenible de ecosistemas terrestres y de agua dulce, incluyendo bosques, humedales, montañas y zonas áridas [18].

- Lucha contra la desertificación e impulso de la rehabilitación de tierras y suelos degradados.
- Protección de ecosistemas montañosos y conservación de la biodiversidad.
- Financiamiento de proyectos de conservación y restauración de la biodiversidad.
- Investigación, conservación, educación y sensibilización en materia de biodiversidad [19].

La protección de los ecosistemas terrestres es crucial para la continuidad de la vida humana, ya que estos sistemas proveen de servicios esenciales para el sostenimiento de la vida, la economía y la cultura. Sin embargo, la pérdida de bosques y la degradación de los ecosistemas causan graves problemas para el desarrollo sostenible y la vida de millones de personas [20].



Figura 2-39. Vida de ecosistemas terrestres.

#### 2.3.1.16. Paz, justicia e instituciones sólidas

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 16 se centra en la paz, la justicia e instituciones sólidas. Este objetivo busca promover sociedades pacíficas e inclusivas, facilitar el acceso a la justicia para todas las personas y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles [19]. Algunos aspectos clave del ODS 16 incluyen:

- Garantizar la igualdad de acceso a la justicia, la adopción de decisiones inclusivas, participativas y representativas y el acceso público a la información [18].
- Establecer instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles, incluyendo gobiernos, organismos multilaterales y entidades de la sociedad civil.
- Promover el respeto a los derechos humanos y el estado de derecho.
- Luchar contra la corrupción y el soborno.
- Facilitar la participación en la toma de decisiones de todas las partes interesadas, incluyendo trabajadores y comunidades locales.
- Crear mecanismos que permitan la participación en la toma de decisiones de todos los trabajadores y comunidades locales.

Empresas y gobiernos pueden contribuir a la consecución de este objetivo mediante la implementación de prácticas sostenibles en la gobernanza, la justicia y la promoción de instituciones eficaces y responsables.



Figura 2-40. Paz, justicia e instituciones sólidas.

### 2.3.1.17. Alianzas para lograr los objetivos

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 17 se centra en fortalecer las alianzas para lograr los ODS. Este objetivo busca ampliar y mejorar las alianzas entre gobiernos, empresas, organizaciones civiles y otros actores para lograr los objetivos de desarrollo sostenible. Algunos aspectos clave del ODS 17 incluyen:

- Construir y fortalecer alianzas entre gobiernos, empresas, organizaciones civiles y otros actores para lograr los objetivos de desarrollo sostenible.
- Promover la participación activa y constructiva de todas las partes interesadas en la toma de decisiones y la implementación de soluciones para lograr los objetivos de desarrollo sostenible.
- Fomentar la cooperación regional, subregional y global para compartir experiencias, conocimientos y recursos para lograr los objetivos de desarrollo sostenible.
- Establecer mecanismos de monitoreo y evaluación conjunta para medir el progreso en la logro de los objetivos de desarrollo sostenible.
- Identificar y superar las barreras que impiden la cooperación entre diferentes actores para lograr los objetivos de desarrollo sostenible.

Empresas y gobiernos pueden contribuir a la consecución de este objetivo mediante la implementación de prácticas sostenibles en la cooperación, la colaboración y la articulación de soluciones para lograr los objetivos de desarrollo sostenible.



Figura 2-41. Alianzas para lograr los objetivos.



## 2.3.2. Acuerdos internacionales

### 2.3.2.1. Acuerdo de París sobre el cambio climático (2015)

El Acuerdo de París sobre el cambio climático, alcanzado en la COP21 en 2015, es un tratado internacional jurídicamente vinculante adoptado por 196 Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Este acuerdo histórico tiene como objetivo combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sostenible y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Reconoce la importancia de la adaptación, la movilización de recursos financieros y de los medios de implementación, y establece un objetivo cualitativo mundial para fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático. El Acuerdo también busca limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2°C, y se esfuerza por no superar los 1,5°C. Además, reconoce la importancia de la educación, formación y sensibilización del público, así como el acceso público a la información y la cooperación a todos los niveles en los asuntos relacionados con el cambio climático. [23]

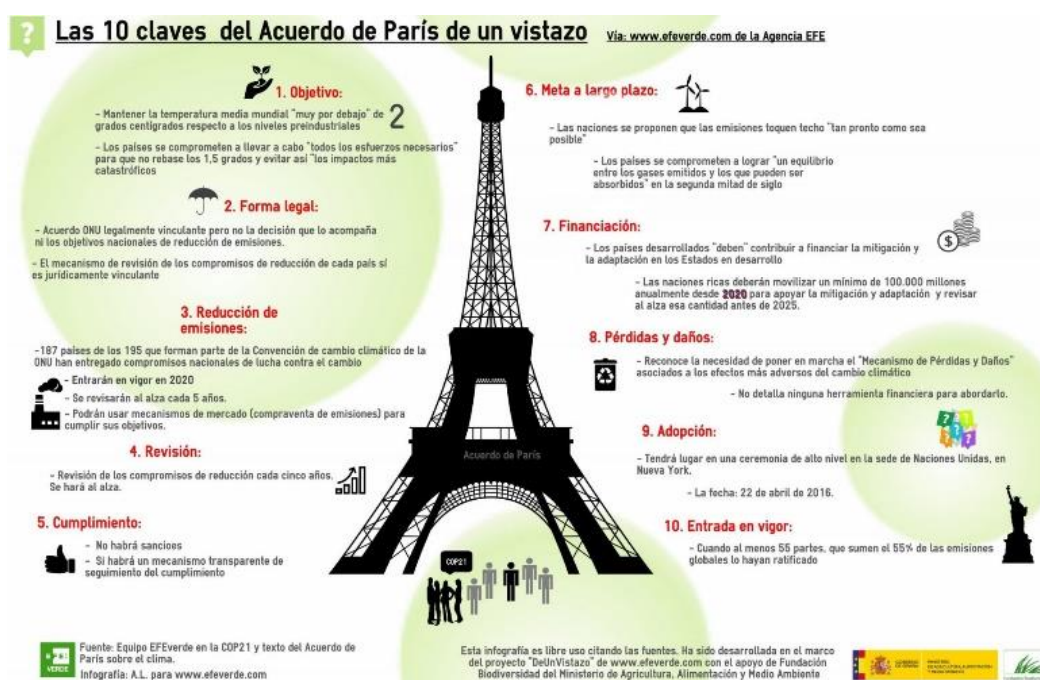


Figura 2-42. Acuerdos COP21.

### 2.3.2.2. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015)

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible es un plan de acción global adoptado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en septiembre de 2015. Ya se ha detallado cada objetivo en el apartado anterior de este trabajo. En resumen, este plan tiene como objetivo erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos. La Agenda 2030 busca lograr un desarrollo sostenible que no deje a nadie atrás, y los Estados miembros de las Naciones Unidas se han comprometido a trabajar juntos para su implementación. La Agenda 2030 es una herramienta de planificación y seguimiento para los países, tanto a nivel nacional como local, y representa un consenso multilateral entre gobiernos y actores diversos, capaz de tornar compatibles las políticas nacionales a favor del empleo con derechos y el desarrollo con la expansión del comercio internacional y la prevención de conflictos. Aunque no se ha evidenciado que los objetivos marcados sigan un curso adecuado y probablemente no se lleguen a cumplir para el 2030. [16]



Figura 2-43. Logo representativo de la Asamblea General de las Naciones Unidas 2015.

### 2.3.2.3. Acuerdo de Escazú (2018)

El Acuerdo de Escazú es un tratado regional en materia de medio ambiente y derechos humanos, adoptado en marzo de 2018 por 24 países de América Latina y el Caribe. Este acuerdo busca garantizar el acceso a la información, la participación pública y la justicia en asuntos ambientales, así como proteger a los defensores del medio ambiente y promover la cooperación regional en materia ambiental. El Acuerdo de Escazú es el primer tratado regional en materia de medio ambiente y derechos humanos, y se considera un pacto de esperanza para los líderes ambientales de la región. El acuerdo entró en vigor en abril de 2021, después de que México y Argentina lo ratificaran en el último momento, y otros 10 países de la región lo hayan ratificado hasta la fecha. Sin embargo, algunos países de la región, como Brasil, Colombia y Perú, aún no lo han ratificado. [24]



Figura 2-44. Logo emblemático Acuerdo de Escazú.

### 2.3.2.4. Pacto Verde Europeo (2019)

El Pacto Verde Europeo es una estrategia lanzada por la Unión Europea en diciembre de 2019 con el objetivo de convertirla en una economía moderna, eficiente en el uso de recursos y competitiva, mientras mantiene una huella de carbono cero en 2050. Esta iniciativa incluye la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55% respecto a los niveles de 1990, y busca impulsar la creación de empleos verdes y la transición justa para todas las regiones y grupos sociales. El Pacto Verde Europeo también implica la movilización de grandes cantidades de recursos públicos y privados para financiar proyectos sostenibles, la educación y la formación, y la investigación y la innovación. [25]



Figura 2-45. Logo The European Green Deal.

### 2.3.2.5. Acuerdo Global de Cooperación Ambiental (AGCA) (2021):

Este acuerdo busca fortalecer la cooperación internacional en materia ambiental y proteger la biodiversidad en México, Estados Unidos y Canadá. Estos acuerdos y compromisos son esenciales para lograr un desarrollo sostenible y abordar los desafíos globales que enfrenta el mundo, incluida la protección del medio ambiente, la lucha contra el cambio climático y la aplicación de normas sociales y laborales reconocidas internacionalmente. Este acuerdo se basa en el Acuerdo de París del 2015 y tiene como objetivos principales fomentar la cooperación en diversos ámbitos, como intercambios de información, desarrollo de recursos humanos, diálogo global y promoción de relaciones duraderas entre comunidades científicas, centros de investigación, universidades e industria. Asimismo, se enfoca en promover una mayor cooperación entre las partes en todos los sectores de interés, abordando aspectos ambientales y sociales relevantes [21]



Figura 2-46. Infografía AGCA.

### 2.3.2.6. ULTIMAS CONFERENCIAS DE LAS PARTES (COP)

- La Conferencia de las Partes (COP) 27 se celebró en Sharm el-Sheijk, Egipto, entre el 6 y 18 noviembre de 2022. Su énfasis principal fue la acción climática y la adaptación a los cambios climáticos. Algunos de los principales resultados de la COP 27 incluyeron el establecimiento de un fondo para enfrentar los avances en los cuatro pilares de la ambición (mitigación, adaptación, capacidad de respuesta y transferencia de tecnología). Otro logro significativo fue el acuerdo para crear un fondo de compensación por pérdidas y daños, conocido como Plan de Implementación de Sharm El Sheik. [26]



Figura 2-47. Imagen del evento COP 27.

- La COP 15 se refiere a la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, que se celebró en Montreal, Canadá, desde el 7 hasta el 19 de diciembre de 2022 (empezó de manera virtual en Kuning, China). La COP 15 tuvo como objetivo establecer un nuevo marco mundial para la biodiversidad posterior a 2020, con un plan ambicioso para transformar la relación de la sociedad con la biodiversidad y garantizar que, para 2050, se cumpla la visión compartida de vivir en armonía con la naturaleza. La COP 15 adoptó un paquete integral de seis artículos, incluyendo la conservación y gestión efectiva de al menos el 30% de las zonas terrestres y marinas, la reducción del desperdicio de alimentos en un 50%, y la protección del conocimiento tradicional. Además, se acordó un fondo fiduciario especial para asegurar flujos financieros suficientes para la biodiversidad. La COP 15 fue presidida por China y organizada por Canadá. [27]



Figura 2-48. Logo del evento COP 15- Kuning - Montreal.

- La COP 15 de Abidjan se refiere a la 15ª sesión de la Conferencia de las Partes (COP15) de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), que tuvo lugar en Abidjan, Côte d'Ivoire, del 9 al 20 de mayo de 2022. El tema de esta conferencia fue "Tierra. Vida. Legado: De la escasez a la prosperidad", y se centró en la acción para asegurar que la tierra, el sustento de este planeta, continúe beneficiando a las generaciones presentes y futuras. Durante la COP 15, se abordaron temas clave como la desertificación, la degradación de la tierra y la sequía, y se buscó impulsar el progreso en la gestión sostenible del suelo. Se adoptaron 38 decisiones para invertir en la restauración de la tierra y la mitigación de la sequía. Además, se presentó el Programa Legado de Abiyán, un enfoque integral e innovador de cinco años con un presupuesto de 1.5 mil millones de dólares, que busca la prosperidad a través de la lucha contra la deforestación y la restauración forestal, la mejora de la productividad agrícola, la sostenibilidad de las cadenas de valor actuales y la identificación de futuras cadenas de valor resistentes al cambio climático. [28]



Figura 2-49. Infografía COP 15-Abidjan.

## 2.4. USO DE LAS CENTRALES CONVENCIONALES DE ENERGÍA

Este apartado empieza explicando brevemente algunos conceptos que se considera necesarios para entender la importancia de las centrales.

- Un vatio-hora representa la cantidad de energía entregada por un vatio de potencia durante una hora. Equivale a 3600 julios de energía, ya que un vatio equivale a un julio por segundo. Para expresar múltiplos de esta unidad, se emplean prefijos métricos como: kilovatios-hora (kWh), equivalentes a mil vatios-hora; megavatios-hora (MWh), correspondientes a un millón de vatios-hora; gigavatios-hora (GWh), que son mil millones de vatios-hora; y teravatios-hora (TWh), equivalentes a un billón de vatios-hora.
- La energía primaria constituye la energía disponible como recurso, como los combustibles utilizados en las centrales eléctricas, antes de ser transformados. Esto incluye, por ejemplo, el carbón previo a su combustión, el uranio o los barriles de petróleo. Además de las ineficiencias y las pérdidas de energía que ocurren durante la transformación de los recursos brutos en formas utilizables, la energía primaria abarca la energía requerida por el usuario final en electricidad, transporte y calefacción.
- Los investigadores emplean el "método de sustitución" para ajustar el consumo de energía primaria considerando las pérdidas de eficiencia inherentes a los combustibles fósiles. Este método busca equiparar las fuentes de energía no fósiles con los insumos necesarios si se generaran a partir de combustibles fósiles. Se asume que la electricidad generada mediante energía eólica y solar presenta la misma ineficiencia que la generada a partir de carbón o gas. Por ello, la generación de energía proveniente de fuentes no fósiles se divide por un "factor de eficiencia térmica" estándar, usualmente en torno a 0,4. Incluso la energía nuclear se ajusta, a pesar de que también experimenta pérdidas térmicas en la central eléctrica. Dado que su informe se basa en la producción de electricidad, es necesario realizar este ajuste para calcular su equivalente en términos de entrada.

La principal fuente de emisiones de dióxido de carbono proviene de la quema de carbón, petróleo y gas en centrales eléctricas, vehículos y plantas industriales. El CO<sub>2</sub> es el principal culpable del calentamiento global. Aunque los volcanes, la descomposición de las plantas y los incendios forestales liberan naturalmente dióxido de carbono, la mayoría se equilibra gracias a los sistemas naturales de la Tierra, como la absorción por parte de las plantas y los océanos. Sin embargo, las enormes cantidades de CO<sub>2</sub> emitidas anualmente, especialmente de la quema de combustibles fósiles, superan estos procesos naturales, resultando en una acumulación creciente en la atmósfera y provocando cambios globales.

Actualmente, liberamos más de 42.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, siendo el 77% CO<sub>2</sub>, 14% CH<sub>4</sub>, 8% N<sub>2</sub>O y 1% otros gases. Cada persona emite en promedio más de 11 kg al día, y el ciudadano estadounidense promedio multiplica esta cantidad por cinco, emitiendo 55 kg de CO<sub>2</sub> diariamente. Si no se implementan cambios significativos en la forma en que usamos y producimos energía, la temperatura atmosférica podría aumentar entre 1,9°C y 3,9°C para mediados de siglo, lo cual representa el mayor aumento en los últimos mil años.

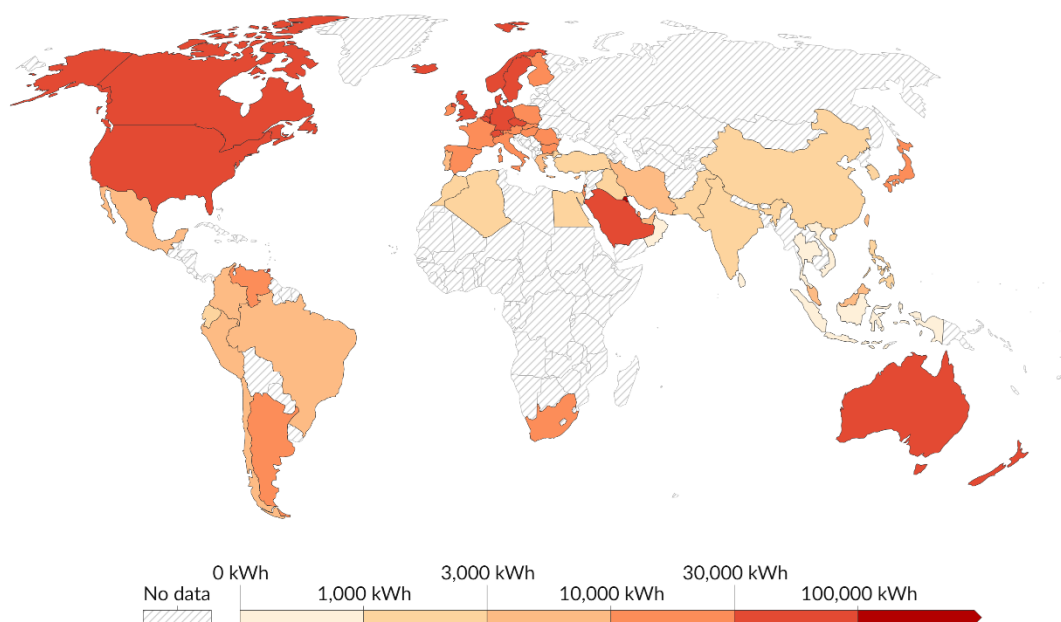
Este aumento podría tener consecuencias graves a nivel mundial, incluyendo sequías severas, huracanes más intensos, inundaciones en áreas de baja altitud, extinción de especies y un deterioro significativo en la producción global de alimentos. [29]

### 2.4.1. Energía a nivel mundial

En la figura 2-50, podemos observar el uso de energía por persona, equivale a toda la energía que usa en transporte, comodidad térmica, y producción, desde 1965 hasta el año 2022, donde el canadiense se ha hecho el mayor consumidor, y luego la mayoría de los países nórdicos. Siguiendo con la figura, actualmente España se sitúa como un país de consumo energético alto, aunque la tendencia de consumo del español ha ido disminuyendo desde el 2008, estando actualmente en 33.615 kWh por año, habiendo países que superan los 100,000 kWh/año, demostrando estar reduciendo su línea de consumo. Las imágenes son tomadas del U.S. Energy Information Administration (2023); Energy Institute – Statistical Review of World Energy (2023); Population based on various sources (2023). [31]

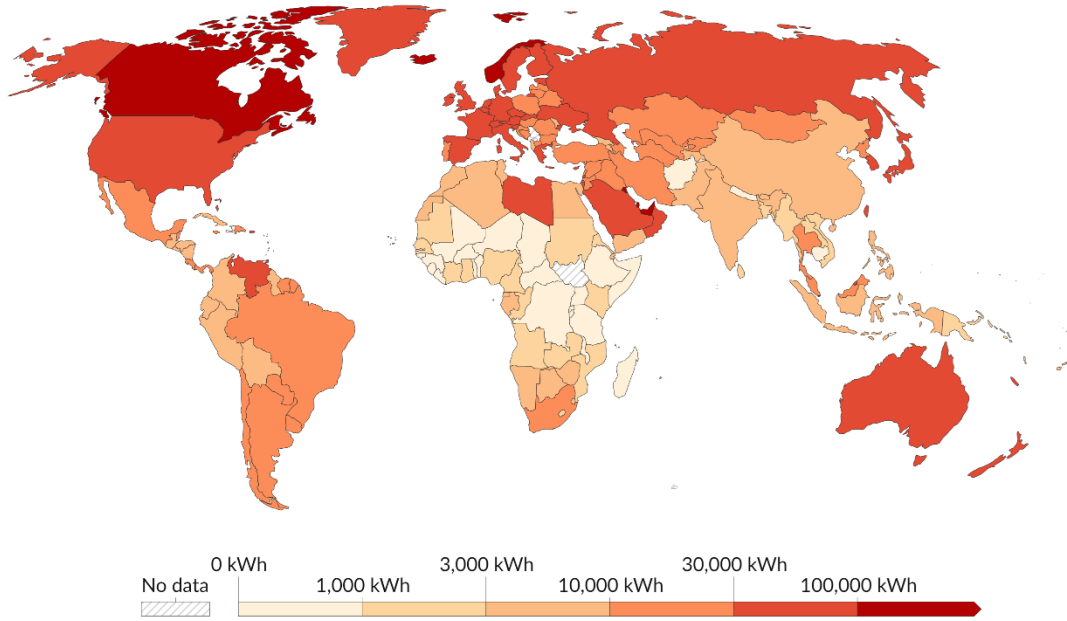
#### Energy use per person, 1965

Measured in kilowatt-hours<sup>1</sup> per person. Here, energy refers to primary energy<sup>2</sup> using the substitution method<sup>3</sup>.



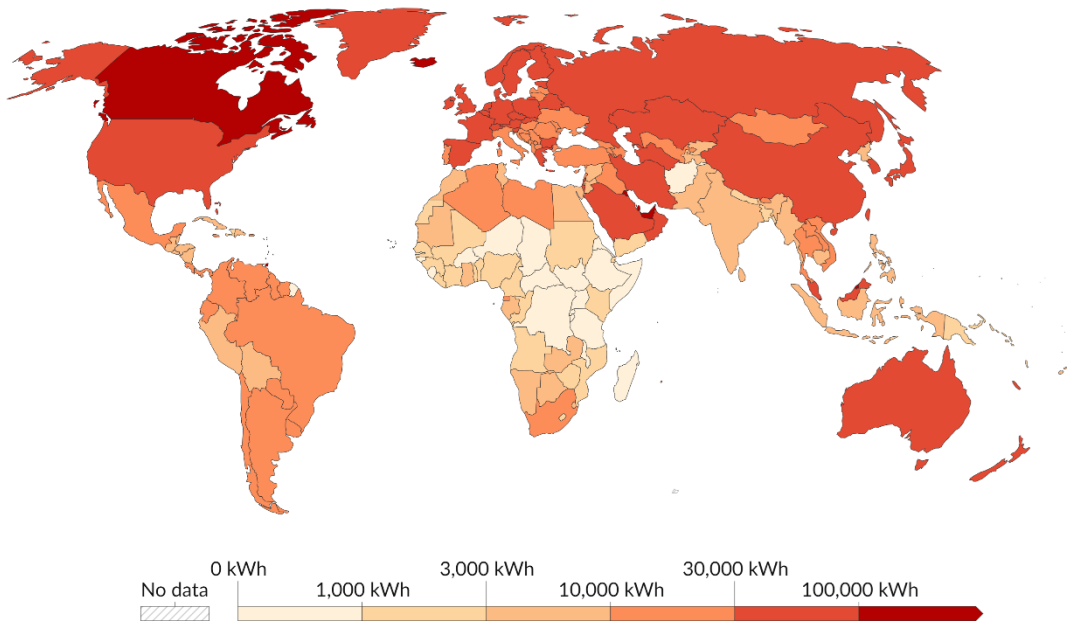
## Energy use per person, 2000

Measured in kilowatt-hours<sup>1</sup> per person. Here, energy refers to primary energy<sup>2</sup> using the substitution method<sup>3</sup>.



## Energy use per person, 2022

Measured in kilowatt-hours<sup>1</sup> per person. Here, energy refers to primary energy<sup>2</sup> using the substitution method<sup>3</sup>.



### Energy use per person

Measured in kilowatt-hours<sup>1</sup> per person. Here, energy refers to primary energy<sup>2</sup> using the substitution method<sup>3</sup>.



Figura 2-50. Energía usada en el mundo por persona desde 1963 hasta el 2022.

La figura 2-51 nos da un panorama claro del uso de las energías, habiendo crecido la producción de energías renovables, pero también la de las energías de combustibles fósiles casi en la misma proporción, lo cual se interpreta como que no estamos evolucionando en la transformación de la matriz energética. Las energías nucleares prácticamente se han mantenido, y como las demás crecieron, entonces ahora su participación ha disminuido, actualmente se tienen 8469 TWh de energías renovables, 2632 TWh de energía nuclear y 17560 TWh de combustibles, el porcentaje respecto al total de las energías producidas para el año 2022 sería: energías renovables el 25.55%, energía nuclear el 9.18% y las de combustibles fósiles el 61.27%, siendo muy importante la participación de los combustibles fósiles de las dos terceras partes para la producción de energía. Imagen tomada de Ember - Yearly Electricity Data (2023); Ember - European Electricity Review (2022); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023)

### Electricity production from fossil fuels, nuclear and renewables, World

Measured in terawatt-hours<sup>1</sup>.

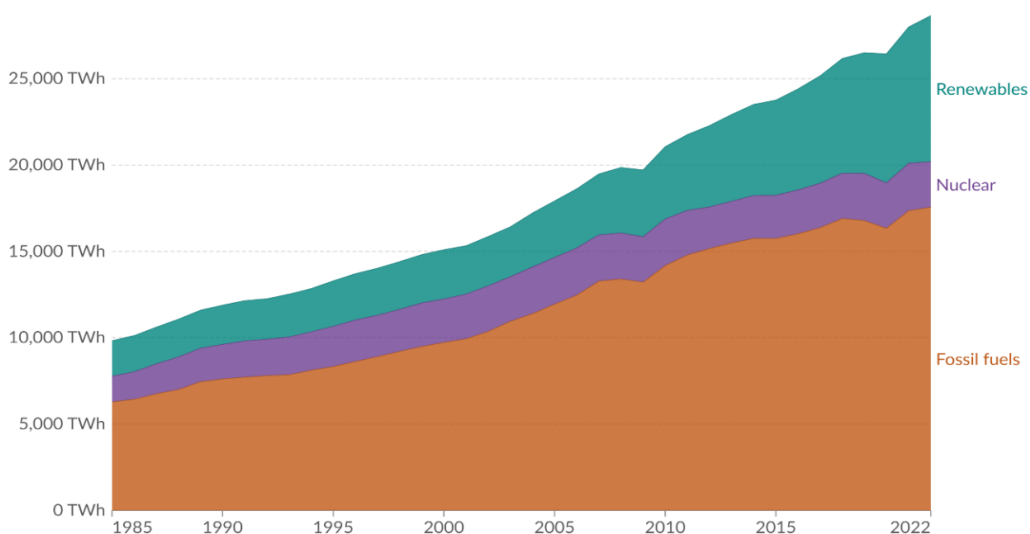


Figura 2-51. Generación eléctrica con combustibles fósiles nucleares y renovables



La figura 2-52 muestra la participación más detallada de componentes primarios para la producción de energía a nivel mundial, la mayor fuente de energía primaria es el carbón con 10 212.22 TWh (35.63%), seguida del gas con 6 443.60 (22.48%), la hidráulica con 4 288.59 TWh (14.96%), luego la nuclear con 2632.06 (9.18%), y asomando tímidamente la energía del viento con 2098.46 TWh (7.32%). El petróleo contribuye con apenas 904.15 TWh (3.15%), el porcentaje está referido al total de la energía producida en el año, que es de 28660.98 TWh (100%).  
 Fuente de Data source: Ember - Yearly Electricity Data (2023); Ember - European Electricity Review (2022); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023).

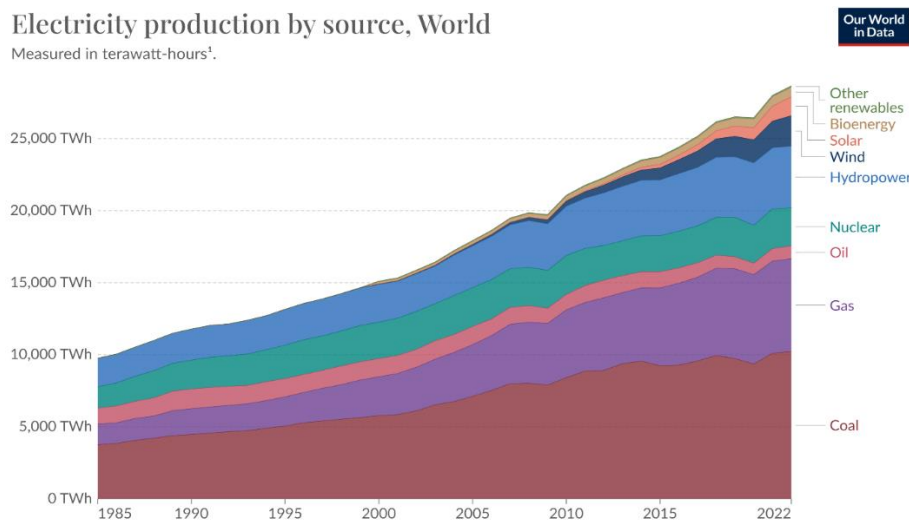


Figura 2-52. Generación eléctrica por cada fuente primaria de energía en TWh.

En la figura 2-53 se tiene el uso de la energía primaria que suma todas sus aplicaciones incluidas las de generación de energía eléctrica y la usada en transportes, la quema de leña, etc. la tabla, nombrada como figura 2-53 muestra el porcentaje de uso de ellos en el año 2021, donde el petróleo es el que más se quema, seguido del carbón y el gas natural, siendo las otras energías de menor uso de muy lejos, y son estas tres primeras las que precisamente contribuyen de manera importante al cambio climático. Es necesario apuntar que entre los datos se trabaja sobre el supuesto de que, desde el 2015 el consumo de biomasa convencional es constante.  
 Fuente de la imagen: Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023); Smil (2017).

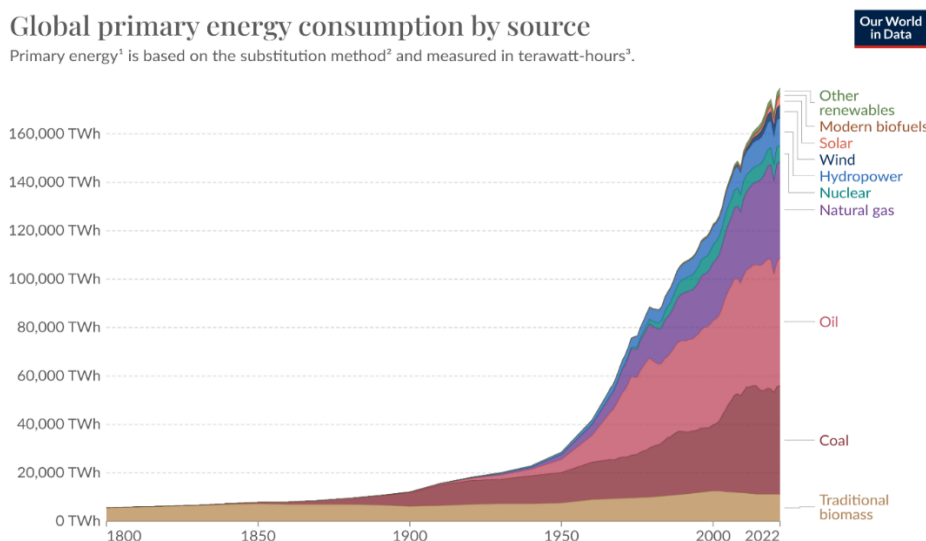


Figura 2-53: Evolución del consumo de energía primaria global por tipo de energía.

TIPO DE ENERGÍA PRIMARIA	TWh	%
Petróleo	51350	29
Carbón	44565	25.17
Gas Natural	40671	22.97
Biomasa Tradicional	11111	6.28
Hidráulica	11222	6.34
Nuclear	7037	3.97
Solar	2772	1.57
Viento	4852	2.74
Biocombustibles (Moderno)	1143	0.65
Otras Renovables	2335	1.32
TOTAL	177057	100

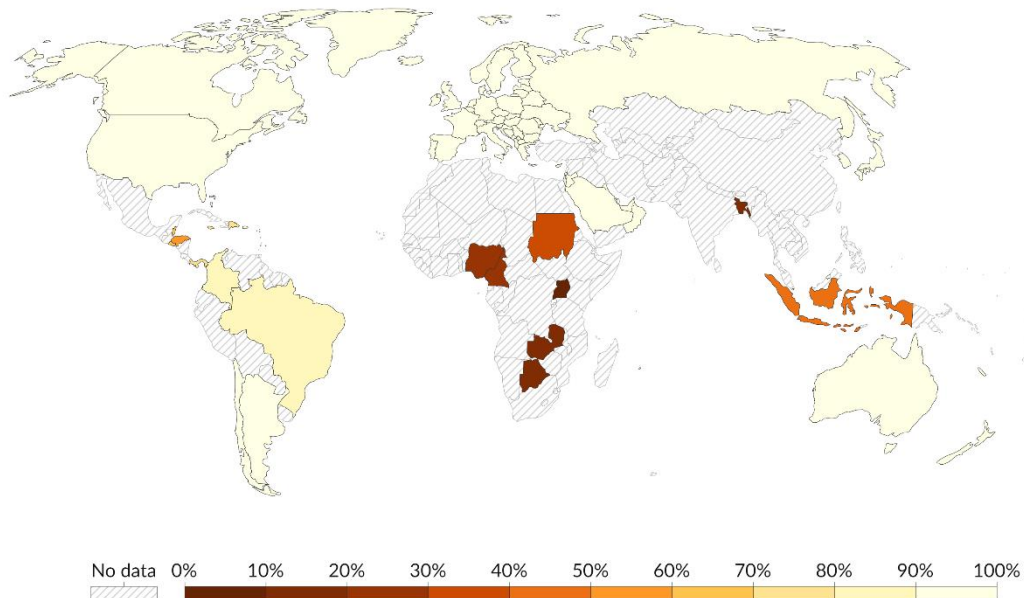
Figura 2-54. Porcentaje de uso de la energía primaria en el año 2021

La figura 2-55, muestra la evolución de la población que puede acceder al servicio eléctrico desde 1990 hasta el 2020, donde España siempre ha tenido el 100% de sus pobladores cubiertos, pero son los países africanos los que tienen más déficit de atención. Pero es justamente debido a esta atención que cada vez hay más demanda de fuentes energéticas primarias que finalmente se traduce en mucha contaminación ambiental. Además, se toma en cuenta un punto crítico que es La India como país emergente con mayor población mundial y usos masivos de fuentes convencionales. Las imágenes son datos compilados de múltiples fuentes por el Banco Mundial.

### Share of the population with access to electricity, 1990



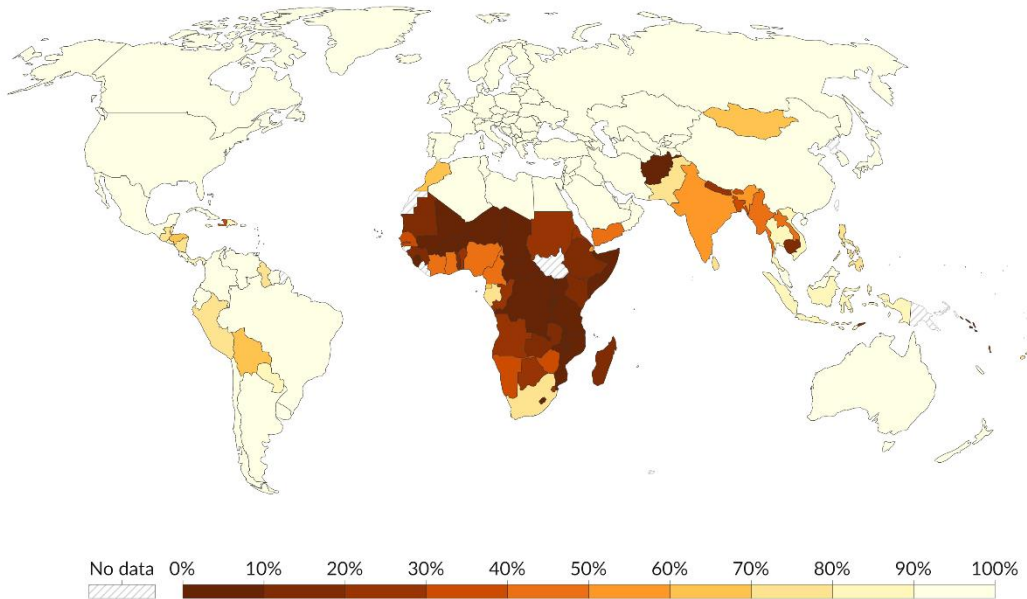
Having access to electricity is defined in international statistics as having an electricity source that can provide very basic lighting, and charge a phone or power a radio for 4 hours per day.



## Share of the population with access to electricity, 2000

Our World in Data

Having access to electricity is defined in international statistics as having an electricity source that can provide very basic lighting, and charge a phone or power a radio for 4 hours per day.



## Share of the population with access to electricity, 2020

Our World in Data

Having access to electricity is defined in international statistics as having an electricity source that can provide very basic lighting, and charge a phone or power a radio for 4 hours per day.

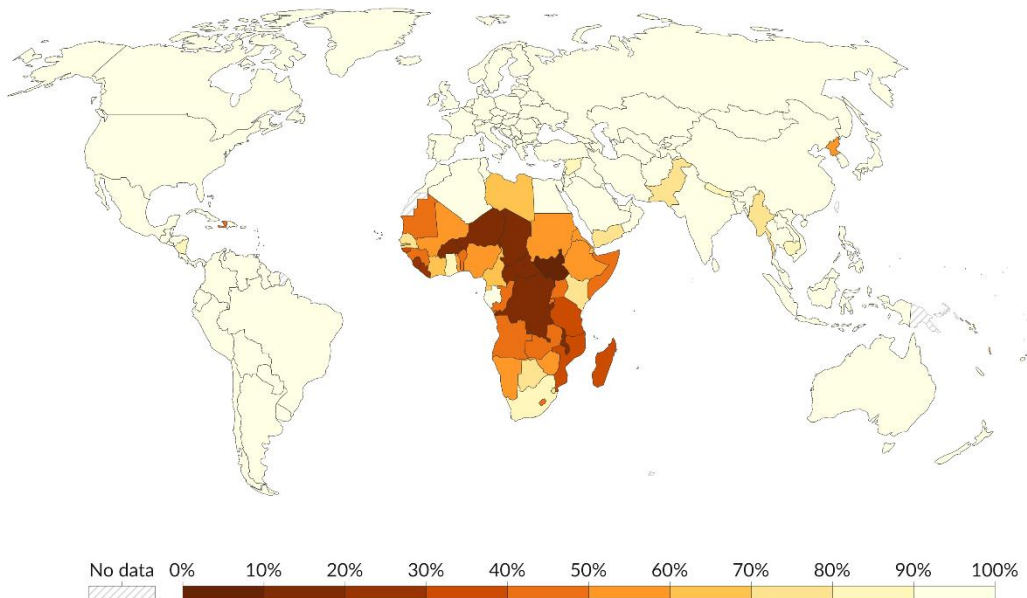


Figura 2-55. Evolución de la población que puede acceder al servicio eléctrico, desde 1990 hasta el año 2020.

La figura 2-56 muestra el grado de contaminación que producen los países en su matriz de generación de electricidad, siendo las de mayor proporción las sudafricanas, pero que son no tan significativas en valores absolutos por la poca generación de electricidad, siendo en cambio si muy significativas las producidas por La India, Japón, Australia, China, Estados Unidos y el Reino Unido. Es bueno destacar el beneficio al medio ambiente global en su producción de electricidad de los países como Noruega, Suecia, Brasil, Francia y Canadá, en ese orden. Fuente: Ember-Yearly Electricity Data (2023); Ember-European Electricity Review (2022); Energy Institute-Statistical Review of World Energy (2023)

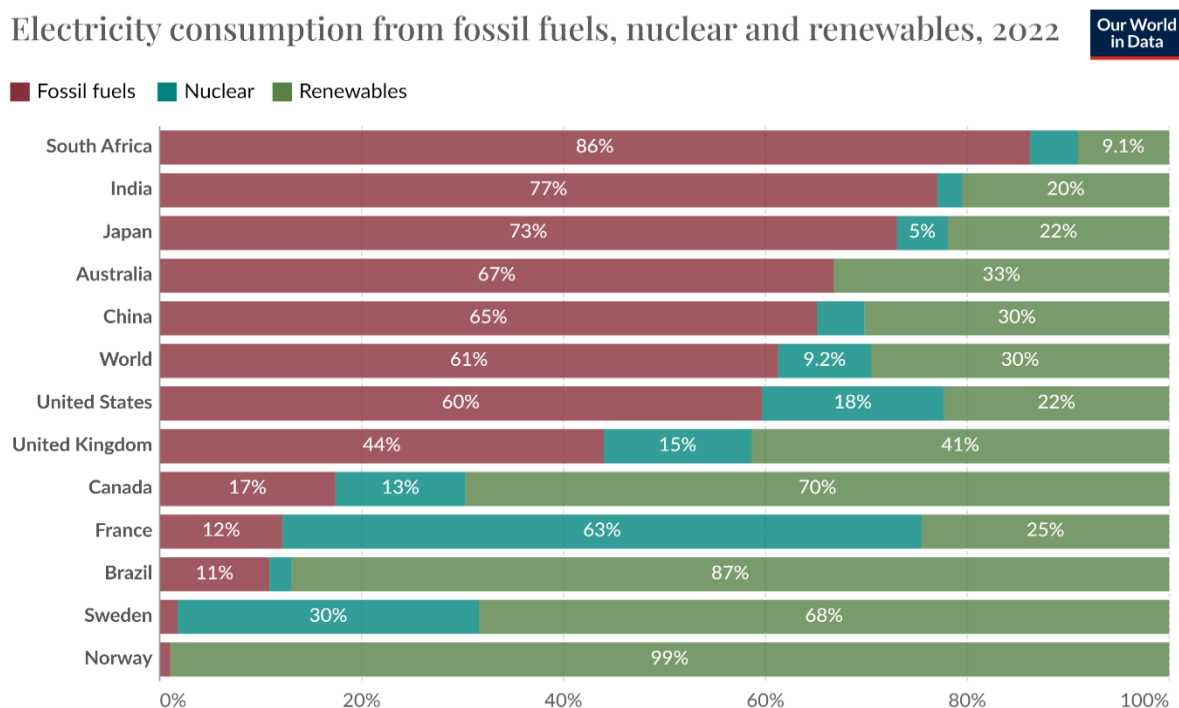


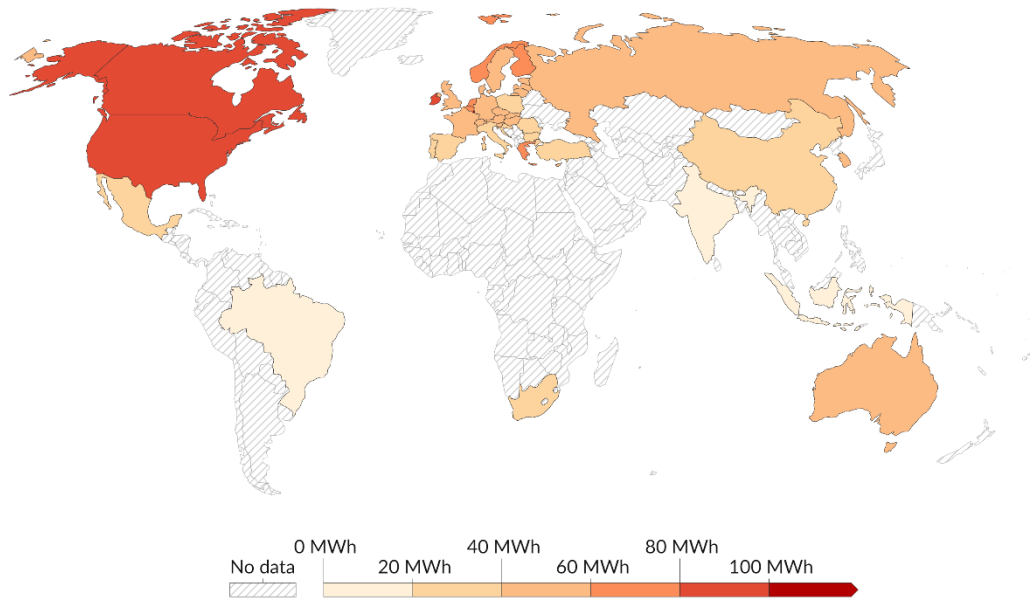
Figura 2-56. Generación eléctrica a partir de los combustibles fósiles, nuclear y renovables, gráfico en barras, por países de mayor consumo.

Es importante destacar el uso de energía por persona a nivel mundial o sea el promedio de lo que consume por el hecho de existir con todas sus demandas: El consumo energético ajustado al comercio es una medida que considera el uso nacional de energía, excluyendo la energía empleada en la producción de bienes destinados a la exportación, e incluyendo la energía utilizada en la fabricación de bienes importados. Figura 2-57. Este aspecto nos da un panorama del grado de contaminación generado por cada habitante y de la eficiencia de su gestión, en España para el año 2020 el consumo por persona ha sido de 35 MWh, un consumo considerado moderado. Fuente: Calculated by Viktoras Kulionis, based on the EXIOBASE v3.8.2

## Consumption-based energy use per person, 2020

Our World in Data

Consumption-based (or trade-adjusted) energy use measures domestic energy use minus energy used to produce exported goods, plus energy used to produce imported goods. Measured in megawatt-hours<sup>1</sup>.



Data source: Calculated by Viktoras Kulionis, based on the EXIOBASE v3.8.2 database  
[OurWorldInData.org/energy/](https://OurWorldInData.org/energy/) | CC BY

1. Watt-hour: A watt-hour is the energy delivered by one watt of power for one hour. Since one watt is equivalent to one Joule per second, a watt-hour is equivalent to 3600 Joules of energy. Metric prefixes are used for multiples of the unit, usually: - kilowatt-hours (kWh), or a thousand watt-hours. - Megawatt-hours (MWh), or a million watt-hours. - Gigawatt-hours (GWh), or a billion watt-hours. - Terawatt-hours (TWh), or a trillion watt-hours.

## Consumption-based energy use per person

Our World in Data

Consumption-based (or trade-adjusted) energy use measures domestic energy use minus energy used to produce exported goods, plus energy used to produce imported goods. Measured in megawatt-hours<sup>1</sup>.

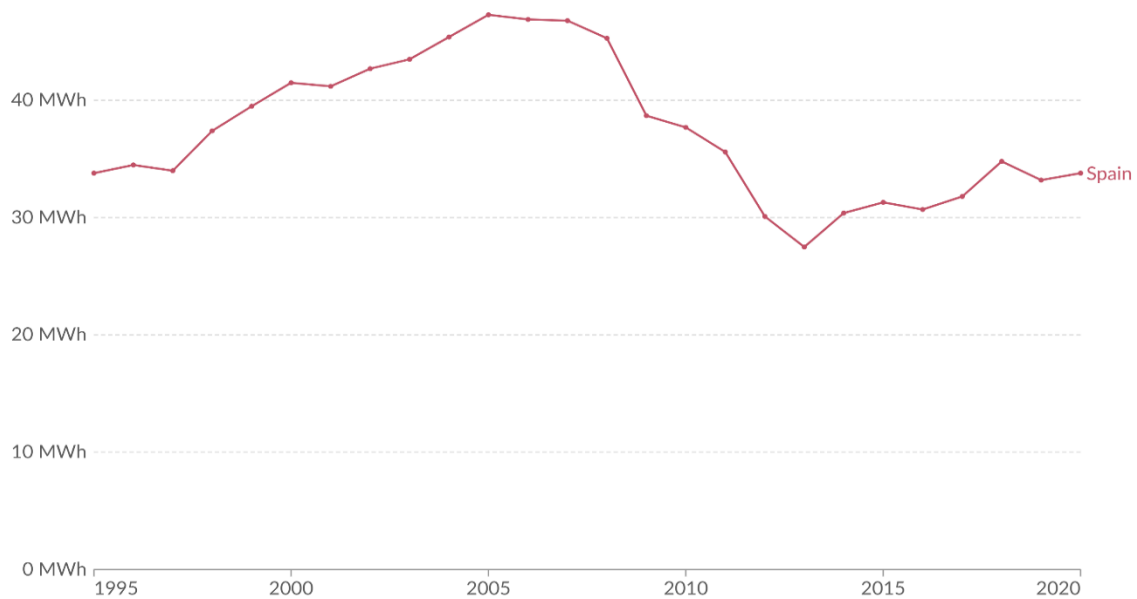


Figura 2-57. Energía consumida por cada persona.

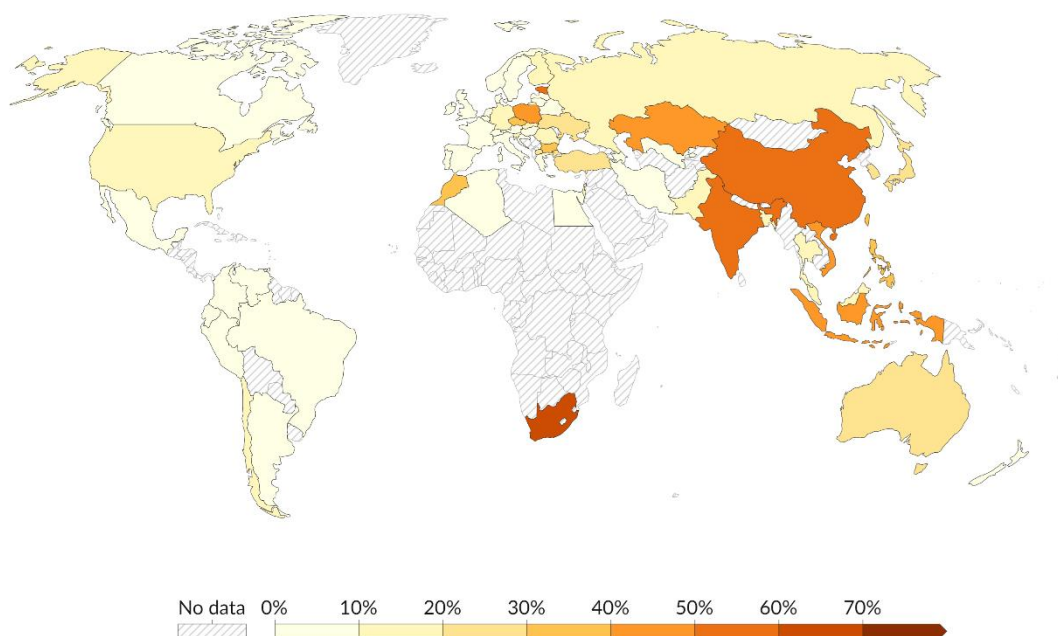
### 2.4.2. Consumo de carbón

A pesar de sus preocupantes impactos ambientales, el carbón continúa siendo una fuente importante de energía en muchos países, representando más del 40% de la generación global de energía. Aunque se espera que su participación disminuya en los próximos años, el consumo absoluto de carbón seguirá creciendo, especialmente en economías en desarrollo como China. El acceso a la energía es crucial para el desarrollo y la erradicación de la pobreza, y el carbón sigue siendo una opción asequible y disponible para muchos países, especialmente en Asia y el sur de África. A pesar de los esfuerzos por promover fuentes de energía alternativas, el carbón seguirá desempeñando un papel clave en el suministro de electricidad y el crecimiento económico en estas regiones. Se usa carbón principalmente porque está distribuido ampliamente en todo el mundo, además por ser una fuente ya usada desde antaño, sus costos son ya estándares y fáciles de calcular, y se han hecho importantes avances tecnológicos para mejorar su eficiencia. Pero su reemplazo es urgente debido a sus altas emisiones de CO<sub>2</sub> y más contaminantes además de la polución de partículas. [30].

La figura 2-58 nos muestra el carbón consumido como consumo directo, sin entrar en la generación de electricidad, y donde España tiene un consumo 2.93 % de su consumo total y con una tendencia histórica a la baja, lo cual es un consumo menor y por debajo del consumo en Estados Unidos o Rusia. Sin embargo, China, India y sobre todo Sudáfrica tienen grandes consumos de carbón como fuente primaria de energía. Fuente: Instituto de Energía - Revisión estadística de la energía mundial (2023).

### Share of primary energy consumption from coal, 2022

Measured as a percentage of primary energy<sup>1</sup>, using the substitution method<sup>2</sup>.



## Share of primary energy consumption from coal

Measured as a percentage of primary energy<sup>1</sup>, using the substitution method<sup>2</sup>.



Figura 2-58. Evolución del uso del Carbón del consumo de energía dado.

### 2.4.3. Consumo de petróleo

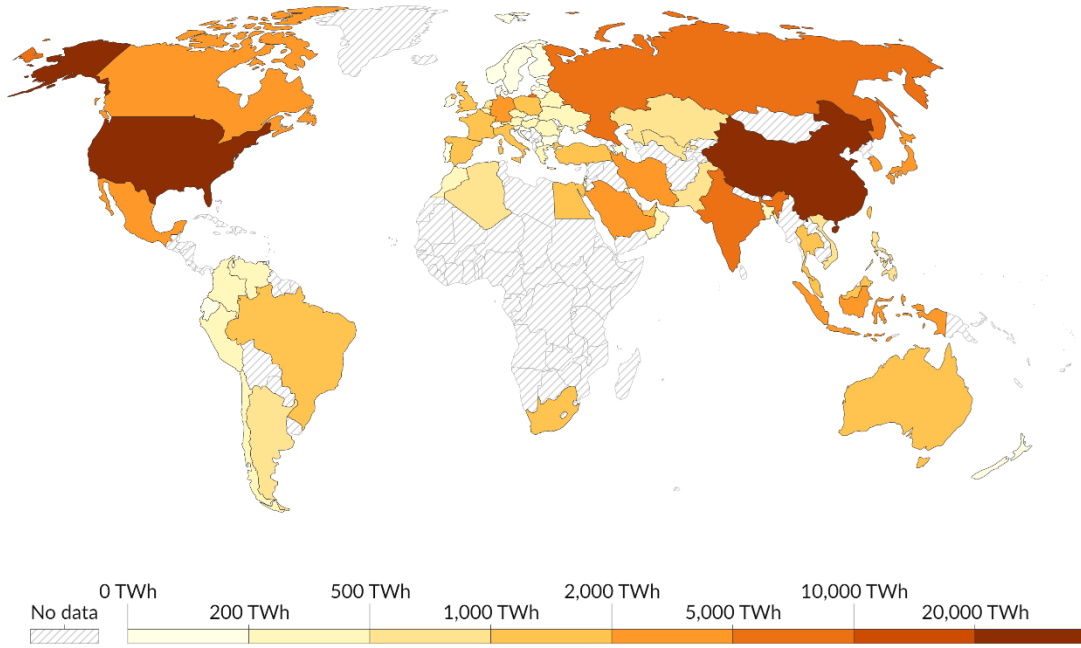
En las décadas de los 70 y 80, las crisis petroleras causaron largas filas en las gasolineras y precios del petróleo en alza. Sin embargo, con la inclusión de recursos no convencionales como el esquisto bituminoso y arenas petrolíferas, las reservas mundiales de petróleo podrían ser cuatro veces mayores que las convencionales. Aunque el petróleo sigue siendo un recurso energético clave, su uso principal se centra en el transporte y la petroquímica. A pesar de los desafíos planteados por competidores como el gas natural, las reservas petroleras han aumentado constantemente, principalmente debido a reclasificaciones y revisiones en países como Canadá, Irán, Venezuela y Qatar. La industria petrolera global ofrece oportunidades lucrativas, pero el equilibrio entre la rentabilidad y los intereses nacionales es un tema delicado, con algunos países limitando el acceso de empresas internacionales por motivos políticos.

A pesar de ser uno de los principales contaminantes a nivel mundial, aún no se la puede reemplazar como fuente de energía en los vehículos automotores (aunque ahora ya se está en ese proceso y otros mercados como los vehículos eléctricos pueden desplazarlo) además de ya existir una infraestructura muy costosa a nivel mundial y lidera el mercado económico mundial y de la bolsa de valores, y también está pendiente la resolución de grandes conflictos en los sitios con mayores reservas. [30]

La figura 2-59 nos muestra el consumo de combustibles fósiles a nivel mundial, donde China y Estados Unidos son los países con mayores contribuciones a la contaminación. España viene a estar situado en un nivel medio con 1115.83 TWh. Fuente de datos: Instituto de Energía - Revisión estadística de la energía mundial (2023)

## Fossil fuel consumption, 2022

Measured in terawatt-hours<sup>1</sup>.



## Fossil fuel consumption

Measured in terawatt-hours<sup>1</sup>.

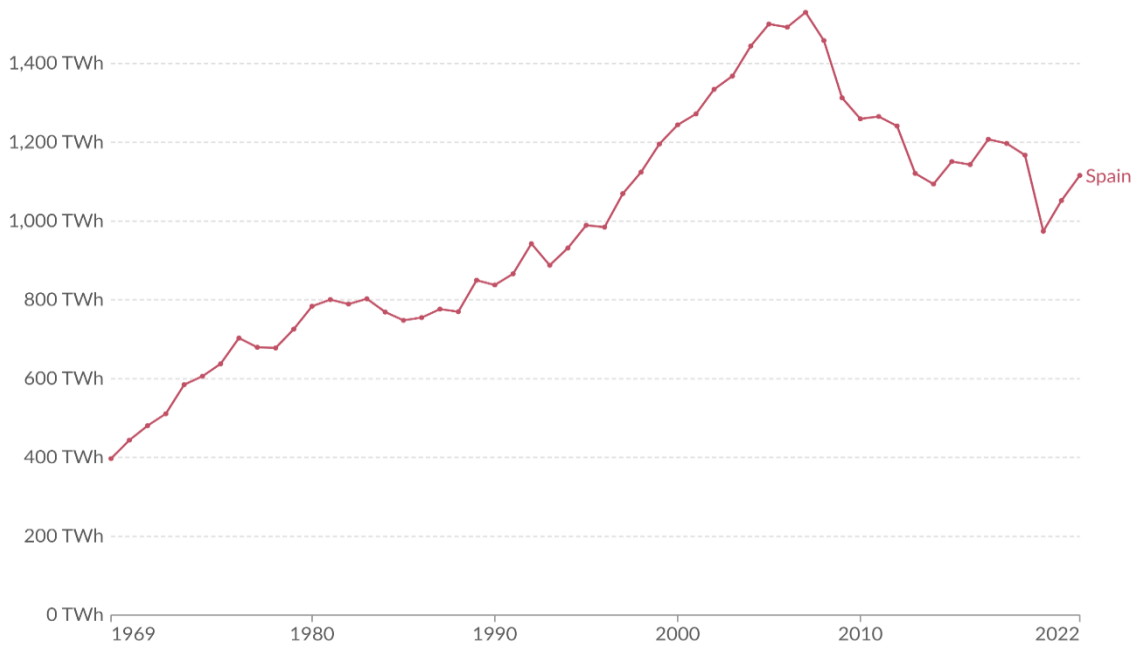


Figura 2-59: Uso de petróleo en países y en España.



#### 2.4.4. Consumo de gas natural

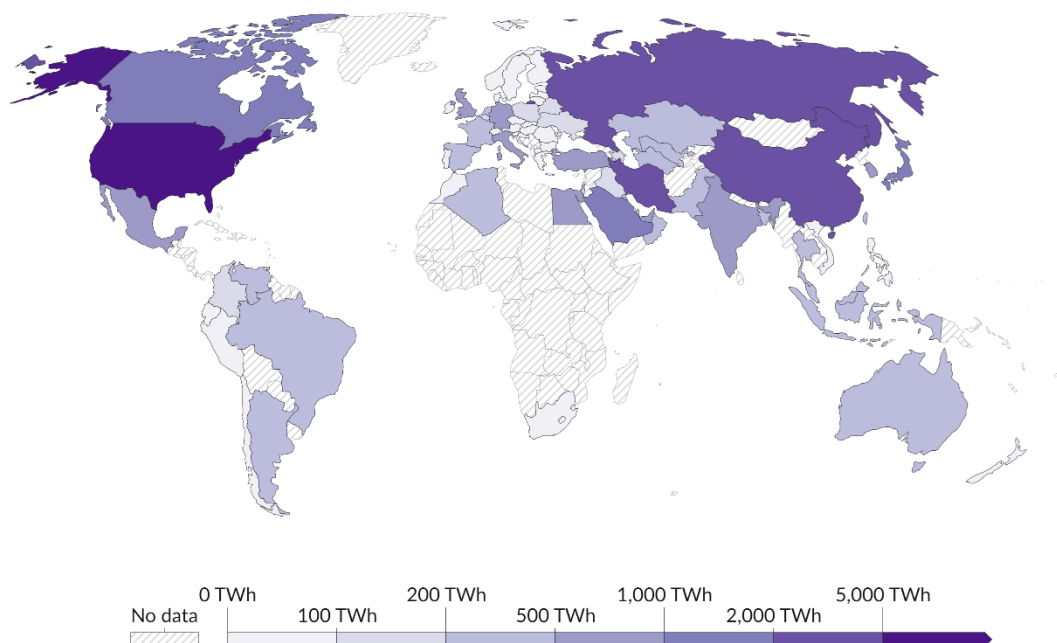
El gas natural, el combustible fósil más limpio y flexible, seguirá siendo un importante contribuyente a la economía mundial de la energía. Con un crecimiento notable en las reservas y la producción en las últimas décadas, se utiliza cada vez más en tecnologías de generación de energía eficientes, como el Ciclo Combinado de Turbinas de Gas (CCGT). Sin embargo, su exploración y desarrollo requieren inversiones considerables, y se necesita coordinación entre las infraestructuras de gas y electricidad. La atención mundial se centra en fuentes de energía no convencionales, como el gas de esquisto, que ha transformado los mercados de gas en Norteamérica y está expandiéndose en otras regiones. Con enormes reservas potenciales, especialmente en América del Norte, el gas de esquisto tiene el potencial de reconfigurar los mercados globales de gas y gas natural licuado (GNL), con implicaciones geopolíticas y para la industria energética.

Es el combustible contaminante de menor impacto en los gases de efecto invernadero, aunque las nuevas ubicaciones son cada vez menos accesibles, y principalmente tiene aplicación en la generación de energía eléctrica y ya tiene un sistema de transporte y distribución implementado a nivel mundial pero aún le queda más por expandirse, aún este combustible tiene muchas reservas probadas, además de la repotenciación del gas esquisto. [30]

En la figura 2-60 se ve el consumo de gas natural como fuente primaria de energía a nivel mundial, donde nuevamente se ve que estados Unidos y China son grandes consumidores, y se suman Rusia, Medio Oriente y algunos países asiáticos. España se sitúa en un nivel medio con un consumo de 331 TWh. Fuente: Instituto de Energía - Revisión estadística de la energía mundial (2023).

### Gas consumption, 2022

Natural gas consumption, measured in terawatt-hours<sup>1</sup>.



## Gas consumption

Natural gas consumption, measured in terawatt-hours<sup>1</sup>.

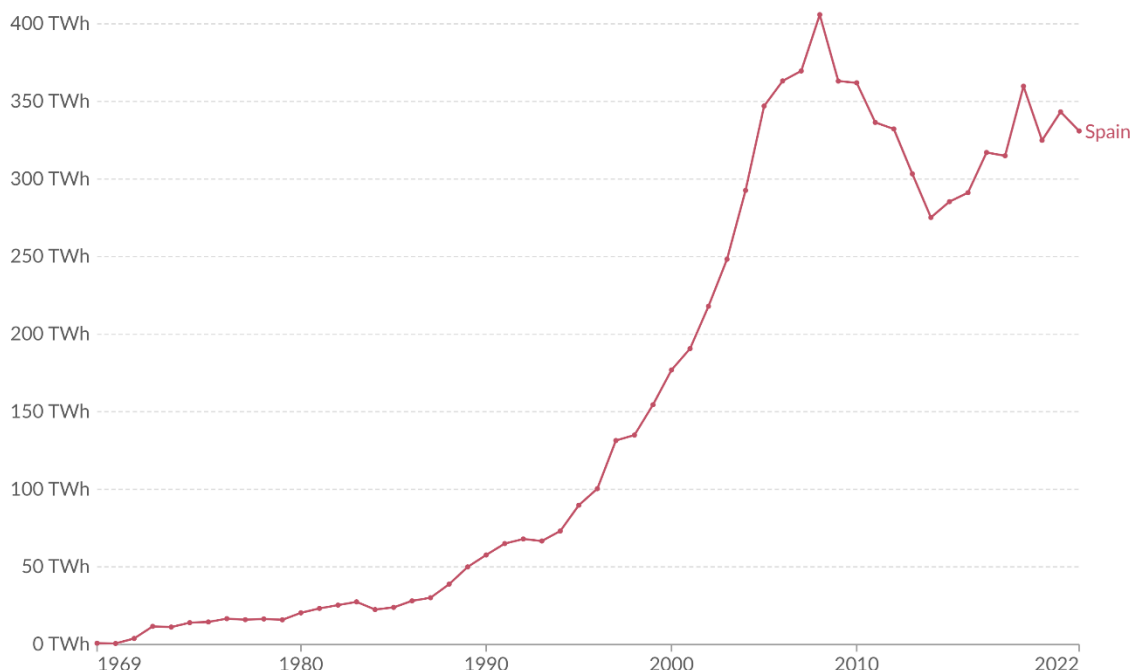


Figura: 2-60. Uso de gas en los países y en España

### 2.4.5. Consumo de uranio

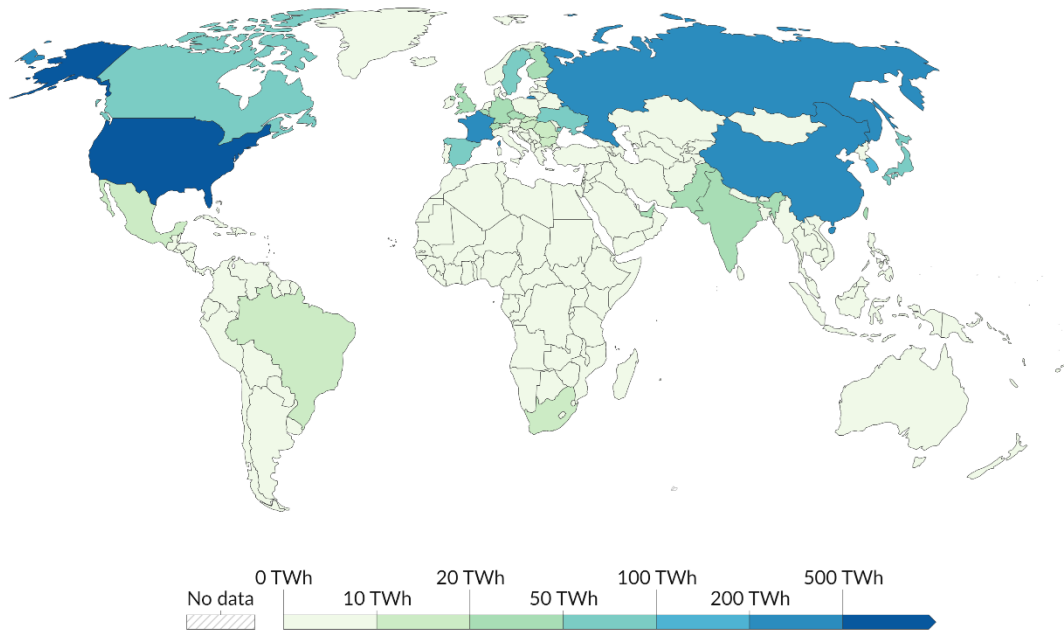
La industria nuclear, surgida en 1954, se basa principalmente en el uranio como combustible. Aunque la producción mundial de uranio ha experimentado altibajos, recientemente ha aumentado, con suficientes recursos identificados para más de 100 años. La producción de electricidad nuclear ha crecido en las últimas décadas, pero los accidentes han frenado su avance, especialmente el de Fukushima, lo que ha reducido su participación en la generación de energía a nivel mundial. Japón, anteriormente con alta dependencia nuclear, ha paralizado sus reactores debido a costos crecientes y largos procesos de aprobación. Sin embargo, otros países, especialmente en Medio Oriente y Asia, continúan con planes para desarrollar la energía nuclear.

Es una energía considerada altamente eficiente, con un costo módico y claro de producción eléctrica, además de no existir emisiones contaminantes en su ciclo de vida. Sus grandes desventajas son dos: El riesgo alto debido sobre todo al desarrollo de un poco más de tecnología, y la disposición de los residuos una vez cumplido su ciclo de vida. [30]

De acuerdo con la figura 2-61, a partir de los años 1970 se impulsó el consumo energético de la energía nuclear a nivel mundial, siendo Estados Unidos uno de los grandes generadores, actualmente Rusia, China y Francia tienen un consumo importante de esta fuente de energía, que es más amigable con el medio ambiente en su proceso de generación. España se encuentra en el nivel medio con 58.53 TWh de consumo anual. En España se impulsó el uso de la Energía Nuclear a partir del año 1980, llegando a su máximo desarrollo el año 1989, manteniéndose en ese margen hasta la actualidad. Fuente: Datos anuales de electricidad de Ember; la Revista Europea de Electricidad de Ember; Instituto de Energía

## Nuclear power generation, 2022

Measured in terawatt-hours.



## Nuclear power generation

Measured in terawatt-hours.



Figura 2-61. Uso de energía nuclear en los países y en España.

### 2.4.3. Consumo de agua para hidroeléctrica.

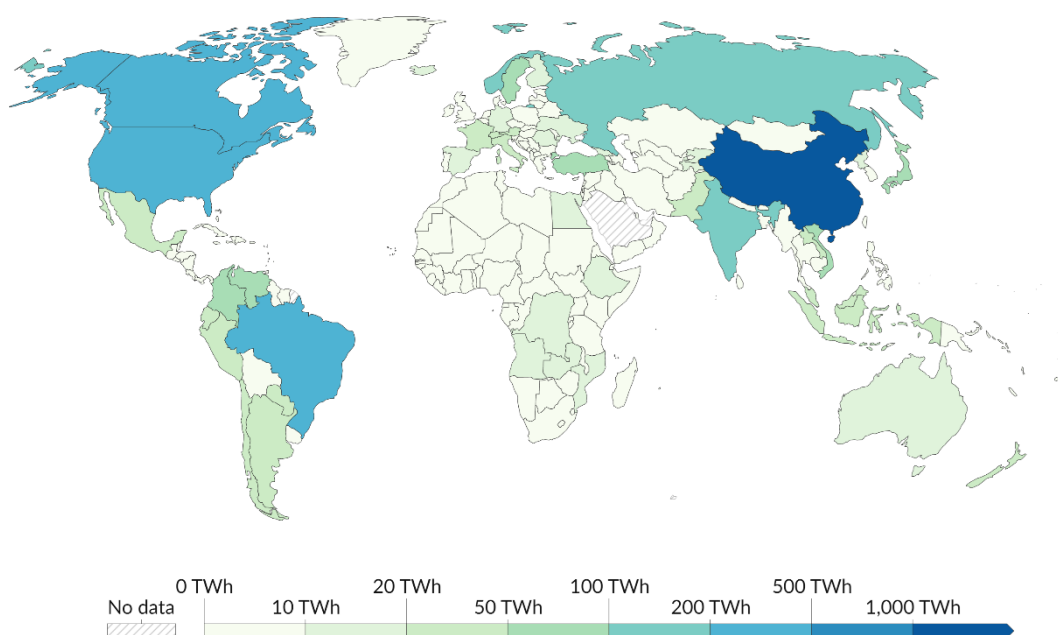
La energía hidráulica, considerada también en muchos documentos como fuente de energía convencional, es una importante fuente de energía en más de 100 países, contribuyendo aproximadamente con el 15% de la producción mundial de electricidad. China lidera con el 24% de la capacidad instalada global. Varios países, como Islandia, Nepal y Mozambique, obtienen más del 50% de su electricidad de la hidroelectricidad. Se estima que en 2012 se añadieron entre 27-30GW de nueva potencia hidroeléctrica y 2-3GW de capacidad de almacenamiento por bombeo. El crecimiento de la hidroelectricidad ha sido impulsado por políticas de apoyo a las energías renovables y penalizaciones por emisiones de CO<sub>2</sub>, pero la generación real ha disminuido en un 21% debido a la escasez de agua.

Es de las energías más estables para generación, de tecnología asequible, sin emisiones tóxicas y solo costos de mantenimiento y operación que son muy bajos, la disponibilidad hídrica es la que le da incertidumbre hacia el futuro, además de grandes costos sociales y ecológicos si se hacen grandes centrales que lleva generalmente a conflictos, pero considerándose como muy amigable con el ecosistema para pequeñas centrales. [30]

En la figura 6-62 podemos ver que China es el que principalmente genera electricidad a partir de la energía hidráulica, tiene mega centrales de hasta 22.5 GW de potencia, seguidas de Brasil, estados Unidos y Canadá principalmente por su gran disposición de energía hidráulica. España está limitada por su disposición hídrica e históricamente se ha mantenido entre 20 y 40 TWh, rara vez rebasado, el año 2022 fue uno de los puntos bajos, llegando a solo 19.79 TWh. Fuente: Datos anuales de electricidad de Ember; la Revista Europea de Electricidad de Ember; Instituto de Energía.

### Hydropower generation, 2022

Annual hydropower generation is measured in terawatt-hours (TWh).



## Hydropower generation

Annual hydropower generation is measured in terawatt-hours (TWh).

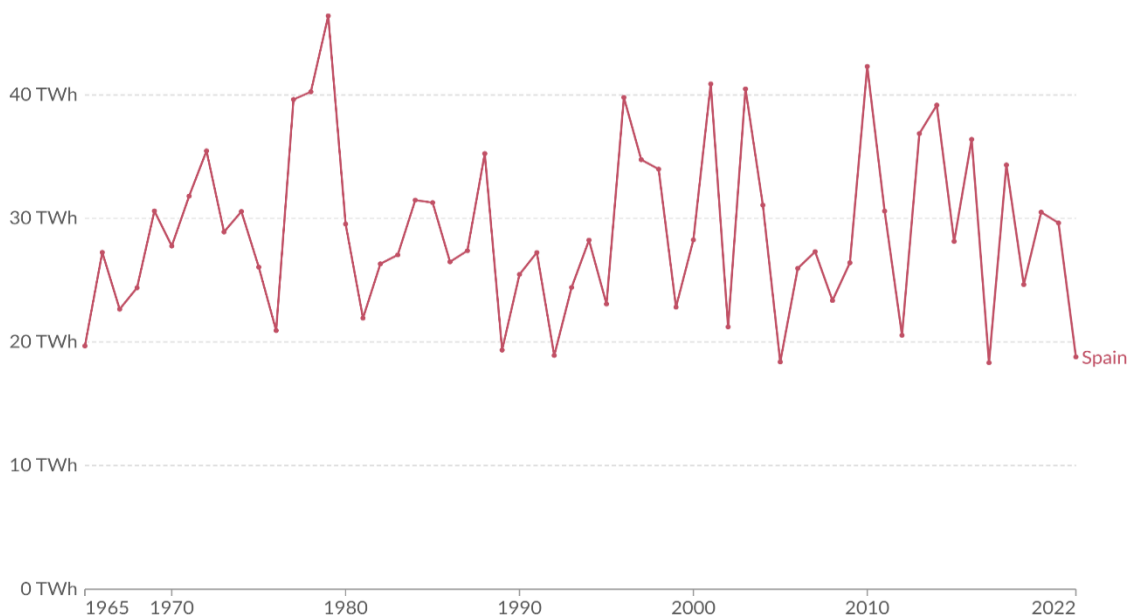


Figura 6-2. Uso de energía hidráulica en países y en España.

### 3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO

El principal objetivo es estudiar la metodología rápida propuesta para energías renovables para posteriormente aplicarla en análisis de centrales convencionales y obtener resultados. Este proceso requiere un enfoque multidimensional que demanda un conocimiento profundo de las centrales de energía. La metodología, acompañada de la investigación, resultarán en una guía práctica para los intereses de personas que deseen realizar estudios de impacto ambiental en sus proyectos destinados a centrales que tiene como fin brindar electricidad. También, resultará en un instrumento teórico y conceptual para comprender mejor las interconexiones dentro del panorama energético, económico y sociocultural.

Para el proceso analítico se despliegan interpretaciones que buscan desglosar textos académicos complejos y discernir la información relevante para el trabajo (como son las etapas de construcción, funcionamiento y desmantelamiento de las centrales). Además, entender la estructura lógica de la metodología y su potencial para nuevas aplicaciones sirve para estandarizarla con el fin de que su alcance sea mayor.

En segundo lugar, se tiene el objetivo de categorizar y organizar todo el contenido para enfocarlo en el estudio de impacto ambiental. Al simplificar las interacciones y automatizar el proceso, se debe asegurar una estructura coherente y accesible para la mayoría de los profesionales implicados en temáticas de sostenibilidad. Los archivos Excel, específicamente diseñados para respaldar algunas fases y pasos del estudio de impacto ambiental centrado en las industrias convencionales de energía, proporcionan el recurso complementario ideal, ofreciendo una visión más visual y manejable.

Realizar estudios de impacto ambiental puede representar un desafío debido a las inversiones significativas de tiempo, recursos, expertos, trabajo multidisciplinario y conflictos de intereses. Por ello, la metodología aplicada en este trabajo tiene también como objetivo disminuir en gran medida la inversión de tiempo y recursos, teniendo como meta que esta herramienta se siga mejorando y retroalimentando para obtener mejores resultados en el futuro. Además, de manera indirecta, planea también disminuir los problemas de obtención de información, dado que es un punto de partida para empezar con el estudio de impacto ambiental.

En cuanto al alcance del trabajo, se centrará en España y se enfocará en centrales de energía térmicas convencionales, que en total tienen una capacidad instalada de más de 30 000 MW [32]. Concretamente, en las siguientes: gas natural, carbón y biomasa. No se ha querido dejar de lado la producción que realizan las centrales nucleares, que si bien, hoy en día son motivo de noticia y posiciones muy opuestas, siguen funcionando en España; por ejemplo, en el 2021 representaron aproximadamente el 20,8% de la electricidad producida [33]. Además, este trabajo complementa un anterior trabajo de máster enfocado en las energías renovables; por ello, el alcance total engloba prácticamente todas las fuentes de energía que existen hoy en día en el mundo. Así, al tener un compendio aplicado al estudio del impacto ambiental de las centrales de energía, se logra un alcance importante para cualquier proyecto que dese usar la herramienta diseñada.

A lo largo de la realización del trabajo, la información de calidad ha sido una limitante, dado que en su mayoría no es pública o no está enfocada necesariamente a temáticas del ambiente, correcciones o acciones preventivas. Por ello, el alcance del trabajo se ha centrado en información concreta y explícita para cada tipo de central estudiada. Definitivamente, si las empresas e industrias compartieran el conocimiento interno de sus centrales y su impacto ambiental, los resultados del trabajo tendrían más exactitud y cantidad de información a evaluar por parte del interesado en aplicar la metodología. En este sentido, el alcance del trabajo tiene resultados confiables, pero se puede seguir complementado con más información conforme esta pueda estar al alcance.

Por último, el trabajo ha englobado cuatro diferentes tipos de centrales ya mencionadas y se ha priorizado abarcar la mayor cantidad de centrales de cada tipo para los resultados; así, las características únicas o especiales de alguna central que no aplica al resto, no tendrá una importancia significativa; por el contrario, las características comunes han sido consideradas sin excepción en la metodología. Sin embargo, partiendo de los resultados ya existentes se puede crear más archivos que alimenten el compendio global y así empoderar cada vez más la metodología. Bajo el mismo prisma, existen más tipos de centrales que están en etapas de reconversión, ampliación, cierre parcial, etc. Todo ello, es un campo de estudio que se puede explorar.

## 4. BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO

La relevancia de los estudios de impacto ambiental se ha incrementado significativamente, respaldada tanto por gobiernos como por entidades comprometidas con la preservación del medio ambiente. La conciencia de las consecuencias derivadas de la omisión de un análisis exhaustivo durante la ejecución de proyectos centrados en la conversión de energía en electricidad impulsa esta creciente importancia. La complejidad de dicho estudio está directamente vinculada a las metas específicas que se busquen alcanzar, y se recomienda que profesionales especializados sean los encargados de llevar a cabo estas evaluaciones para obtener resultados óptimos sobre la viabilidad y sostenibilidad de las acciones propuestas. Un estudio de impacto ambiental bien ejecutado no solo se traduce en el cumplimiento de normativas y leyes cada vez más rigurosas, sino que también contribuye a la mitigación y, en algunos casos, a la prevención de problemas ambientales, evidenciando así su eficacia y utilidad.

Alcanzar los objetivos mencionados en el párrafo anterior representa un desafío significativo y complejo. En primer lugar, el sector energético en España se caracteriza por ser una amalgama de entidades tanto públicas como privadas. Un ejemplo destacado es la red de transporte de electricidad, bajo la gestión de Red Eléctrica de España, una entidad cotizada en bolsa que, de manera evidente, busca maximizar los beneficios para sus accionistas, a pesar de contar con la participación del Estado como accionista de referencia [34]. En este escenario, las decisiones y la gestión se centran en la obtención de mayores ganancias, donde a menudo se priorizan los intereses económicos. También se puede mencionar al OMIE o al OMIP donde claramente se ve cómo funciona muy similar a la cotización en bolsa.

En cuanto a la red de distribución, que también opera en manos del sector privado, se enfrenta al mismo dilema, y esta dinámica se manifiesta claramente en los precios reflejados en las facturas de electricidad para los hogares. Un aspecto crítico para considerar es la falta de incentivos para fomentar la eficiencia energética o dar prioridad a fuentes renovables, incluso si ello implica una disminución en la rentabilidad. Como era de esperar, los generadores de energía eléctrica están estrechamente vinculados tanto a la red de transporte como a la de distribución, y se ven influenciados por las directrices que emanan de estos nodos centrales. En consecuencia, no siempre se dará prioridad a la realización de estudios de impacto ambiental en comparación con la producción directa de energía eléctrica. Este entramado complejo de factores y relaciones en el sector energético español presenta un desafío sustancial para alinear las prácticas industriales con las metas de sostenibilidad y preservación ambiental.

En segundo lugar, cabe destacar que la realización de un estudio de impacto ambiental, cuando se lleva a cabo de manera correcta y meticulosa, puede extenderse por meses e incluso años, dependiendo de la complejidad y el entorno específico en el que se desarrollará. Este proceso, generalmente llevado a cabo por equipos multidisciplinarios que incluyen expertos en diversas disciplinas como biología, geología, hidrología, ingenierías, entre otras, demanda una significativa inversión de recursos humanos y horas de trabajo considerable [35]. La integración eficaz de todos estos factores para obtener resultados coherentes y confiables representa un desafío considerable, y son pocas las empresas o entidades que pueden asumir exitosamente estos retos.

Como es de comprender, la realización de un estudio de esta magnitud implica una serie de procesos complejos y coordinación interdisciplinaria, lo cual puede resultar difícil de lograr sin contratiempos significativos. Es común que cualquier proyecto, independientemente de su

envergadura, enfrente retrasos por diversas razones como fechas de entrega, rediseños, problemas técnicos, entre otros motivos. Ninguna empresa tiene la intención de incrementar estos factores considerados como márgenes de error. No obstante, la realización de un estudio de impacto ambiental no solo no alivia estos desafíos, sino que, por el contrario, introduce nuevas medidas, límites y requisitos que deben ser rigurosamente cumplidos. Esta dinámica puede generar cierto grado de resistencia en cualquier entorno, ya que implica una adaptación a estándares más estrictos y puede interpretarse como una carga adicional para el desarrollo del proyecto. Además, la gestión eficaz de los riesgos ambientales es fundamental para proteger la reputación y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las empresas y especialmente de aquellas que se dedican a la producción de energía eléctrica; de lo contrario el incumplimiento de las normativas ambientales puede acarrear sanciones legales y dañar la reputación de las empresas.

Todo lo anteriormente descrito evidencia que la metodología aplicada en este trabajo combatirá los problemas del tiempo y la economía destinada; siendo así de gran ayuda. Además, al ser un trabajo con miras a cumplir objetivos de desarrollo sostenible, representa un esfuerzo académico significativo para influenciar positivamente en la sociedad. Genera conocimiento dado que se ha investigado y comprendido cómo funcionan las centrales convencionales de energía y su implicancia en el medio ambiente. Asimismo, se ha realizado el trabajo orientado a la innovación proponiendo el método aplicado a las industrias convencionales mencionadas. Bajo el mismo prisma, el trabajo contribuye a la aplicación de prácticas y acciones que se pueden realizar en todas las áreas que pueden verse influenciadas.

Finalmente, el trabajo muestra un avance en el análisis de impactos ambientales y es una base importante para continuar mejorando el método y su base de información. Se pretende que el trabajo se siga mejorando con futuros profesionales que vuelvan más eficiente y completo el método aplicado. La intención final, desde el punto de vista del autor de este trabajo, es que el trabajo final sea una guía confiable para minimizar en aproximadamente un 5% el tiempo empleado en definir acciones y medidas correctoras, y en un 2.5% en la inversión económica cuando se realicen estudios de impacto ambiental, que como ya sabemos, son cada vez más comunes, necesarios e importantes para la humanidad.



## 5. MARCO LEGAL

En esta sección, se busca compilar y describir las normativas y legislaciones de mayor relevancia que han sido promulgadas o adoptadas tanto a nivel mundial, estatal español y en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Además, se procederá a ofrecer un análisis general de los aspectos más destacados de dichas normativas y legislaciones. En este sentido, se abordará la naturaleza y alcance de las normativas más relevantes para proporcionar una comprensión de su contenido y aplicación.

### 5.1. ACUERDOS INTERNACIONALES

#### 5.1.1. La Directiva 2008/50/CE

Del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, se refiere a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Esta directiva establece normas para la calidad del aire ambiente con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos adversos resultantes de la contaminación atmosférica. La directiva aborda la evaluación y gestión de la calidad del aire, establece valores límite para ciertos contaminantes en el aire, y define medidas para reducir la contaminación atmosférica. Puedes acceder al texto completo de la directiva en el siguiente enlace. [36]

#### 5.1.2. La Directiva 2009/147/CE

Del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres, es una normativa fundamental para la protección de las aves en la Unión Europea. Esta directiva establece un marco para la conservación de todas las especies de aves silvestres en el territorio europeo, así como la protección de sus hábitats. Entre los aspectos más relevantes de esta directiva se encuentran: [37]

- Zonas de Especial Protección: La directiva establece la creación de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) con el fin de garantizar la supervivencia y reproducción de las especies en estado salvaje.
- Protección de Especies: Se enfoca en la protección estricta de determinadas especies, prohibiendo su captura, tenencia o comercio, así como cualquier forma de deterioro o destrucción de sus lugares de reproducción y descanso.
- Gestión Sostenible: Promueve la gestión sostenible de las poblaciones de aves, asegurando que se tomen medidas para mantener sus hábitats en un estado favorable.
- Cooperación Internacional: Establece la cooperación entre los Estados miembros para garantizar la protección efectiva de las aves migratorias.
- En resumen, esta directiva busca garantizar la conservación a largo plazo de las poblaciones de aves silvestres en Europa, así como la protección y gestión sostenible de sus hábitats.

#### 5.1.3. La Directiva 2011/92/UE

Del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, se refiere a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Esta directiva establece un marco comunitario para la evaluación de impacto ambiental de determinados proyectos con el fin de prevenir los efectos adversos significativos en el medio ambiente. La directiva aborda aspectos como la definición de proyectos que requieren

evaluación, los contenidos mínimos del informe de evaluación, la participación pública, entre otros aspectos relevantes. Puedes acceder al texto completo de la directiva en el siguiente enlace. [38]

#### 5.1.4. La Directiva 2014/52/UE

Del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, introduce varias modificaciones significativas en la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Algunas de las principales modificaciones son las siguientes: [39]

- Ampliación del ámbito de aplicación: La directiva amplía el ámbito de aplicación para abarcar proyectos relacionados con la agricultura, la silvicultura y la pesca, así como proyectos relacionados con la energía, la industria, el transporte, la gestión de residuos y la gestión del agua.
- Evaluación de riesgos y medidas preventivas: Se enfatiza la evaluación de riesgos y se introducen disposiciones para garantizar que se tomen medidas preventivas adecuadas en los proyectos que presenten riesgos significativos para el medio ambiente.
- Participación pública: Se refuerza la participación pública en el proceso de evaluación de impacto ambiental, asegurando que las opiniones del público sean tenidas en cuenta en mayor medida.
- Estas modificaciones buscan mejorar la efectividad y la exhaustividad de la evaluación de impacto ambiental en la Unión Europea, así como promover una mayor transparencia y participación pública en este proceso.

#### 5.1.5. El Convenio de Minamata

Sobre el Mercurio es un tratado internacional diseñado para proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio. Fue adoptado en 2013 en la Conferencia de Plenipotenciarios en Kumamoto, Japón, y entró en vigor en agosto de 2017. El convenio abarca todo el ciclo de vida del mercurio e incluye disposiciones en materia de información pública, educación ambiental, fomento de la participación y fortalecimiento de capacidades. Se centra en minimizar el mercurio que se libera como consecuencia de actividades humanas, no el que existe o se libera de forma natural. El año 2020 marcó un hito para el acuerdo, ya que las partes debían dejar de fabricar, importar y exportar muchos productos con mercurio enumerados en el tratado. El convenio regula todo el ciclo de vida del mercurio: su suministro, comercio, uso, emisiones y liberaciones, gestión y almacenamiento de residuos. Además, establece medidas para prohibir o restringir la producción, importación y exportación de los productos incluidos en el Anexo A, prohibir o restringir los procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio incluidos en el Anexo B, reducir o minimizar las emisiones o liberaciones al aire, al agua y al suelo, asegurar la gestión ambientalmente racional del mercurio y de los residuos que lo contengan, entre otras medidas. El convenio también establece obligaciones sobre todo el ciclo de vida del mercurio e incluye medidas para prohibir o restringir la producción, importación y exportación de los productos incluidos en el Anexo A, prohibir o restringir los procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio incluidos en el Anexo B, reducir o minimizar las emisiones o liberaciones al aire, al agua y al suelo, asegurar la gestión ambientalmente racional del mercurio y de los residuos que lo contengan. [40]

### 5.1.6. El Acuerdo de Escazú

Oficialmente conocido como el "Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe", es un tratado internacional que busca garantizar los derechos de acceso a la información, participación pública y acceso a la justicia en asuntos ambientales en la región de América Latina y el Caribe. Fue adoptado el 4 de marzo de 2018 en Escazú, Costa Rica, y entró en vigor el 22 de abril de 2021. El acuerdo tiene como objetivo promover la toma de decisiones transparente, inclusiva y democrática en asuntos ambientales, así como la protección de defensores del medio ambiente. Además, busca fomentar la cooperación y fortalecer las capacidades en temas ambientales. Este tratado es considerado un instrumento pionero en la región, ya que reconoce y protege los derechos de acceso a la información, participación pública y acceso a la justicia en asuntos ambientales, y establece mecanismos para su implementación y cumplimiento. [41]

### 5.1.7. Los protocolos internacionales sobre evaluación del impacto ambiental

Incluyen el Convenio de Espoo y el Protocolo sobre Evaluación Estratégica del Medio Ambiente (Protocolo SEA). El Convenio de Espoo, también conocido como el Convenio sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo, tiene como objetivo garantizar que los Estados realicen una evaluación del impacto ambiental en determinados proyectos que puedan tener efectos transfronterizos significativos. El Protocolo SEA, también conocido como el Protocolo sobre Evaluación Estratégica del Medio Ambiente, tiene como objetivo promover el desarrollo sostenible mediante la identificación de las consecuencias sobre el medio ambiente de determinados planes o programas que es probable que produzcan importantes efectos sobre el medio ambiente. Estos protocolos establecen un marco jurídico internacional para fomentar la planificación transparente y la evaluación del impacto ambiental en proyectos y planes que puedan afectar a varios países [42]

## 5.2. ACUERDOS NACIONALES

La legislación estatal se refiere al conjunto de normas jurídicas que son promulgadas por el gobierno central de un país, es este caso España, y que se aplican en todo su territorio. En el contexto de los estudios de impacto ambiental, la legislación estatal establece las normativas y procedimientos generales que rigen la evaluación de los posibles impactos ambientales de proyectos específicos. En muchos países, incluyendo España, la legislación estatal proporciona un marco legal para la evaluación de impacto ambiental de proyectos. En este sentido, las leyes estatales suelen establecer los siguientes aspectos relacionados con los estudios de impacto ambiental:

- **Ámbito de Aplicación:** Define qué proyectos están sujetos a la evaluación de impacto ambiental. Pueden incluir proyectos de construcción, infraestructuras, industrias, entre otros, que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente.
- **Procedimientos de Evaluación:** Establece los procedimientos y pasos que deben seguirse para llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental. Esto incluye la presentación de estudios, consultas públicas, revisión por parte de autoridades competentes, y la emisión de declaraciones o informes de impacto ambiental.
- **Contenido del Estudio de Impacto Ambiental:** Especifica los elementos que deben incluirse en los estudios de impacto ambiental, como la descripción del proyecto, la identificación y evaluación de impactos, medidas preventivas y correctoras, entre otros.

- Participación Pública: Regula la participación de la comunidad y de otras partes interesadas en el proceso de evaluación, permitiendo que expresen sus opiniones y aporten información relevante.
- Autoridades Competentes: Designa las autoridades responsables de llevar a cabo la evaluación y tomar decisiones basadas en los resultados de los estudios de impacto ambiental.
- Seguimiento y Cumplimiento: Puede establecer requisitos para el seguimiento de proyectos después de su aprobación, para garantizar que se cumplan las condiciones y medidas establecidas en la evaluación de impacto ambiental.

### 5.2.1.- Convenio de Barcelona.

También conocido como Convenio de Barcelona para la Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible en el Mar Mediterráneo". fue adoptado en 1976 y revisado en 1995. Lo que indica que desde hace aproximadamente 30 años atrás ya existía una preocupación de España en cuanto al impacto ambiental. Su objetivo es proteger el medio ambiente marino y costero del Mar Mediterráneo y promover el desarrollo sostenible en la región. Algunos de los elementos clave del convenio incluyen: [43]

- Prevención de la Contaminación: El convenio aborda la prevención y control de la contaminación marina, incluida la contaminación por hidrocarburos, desechos y sustancias nocivas.
- Conservación de la Diversidad Biológica: Se centra en la conservación de la diversidad biológica marina y costera, incluidas las áreas protegidas y la gestión sostenible de los recursos biológicos.
- Desarrollo Sostenible: Busca integrar la protección del medio ambiente marino con el desarrollo sostenible, fomentando prácticas que equilibren la conservación con el uso responsable de los recursos.
- Cooperación Internacional: Promueve la cooperación entre los países ribereños del Mar Mediterráneo para abordar los problemas ambientales de manera conjunta y eficiente.
- Participación Pública: Fomenta la participación pública en la toma de decisiones relacionadas con el medio ambiente, reconociendo la importancia de la concienciación y la responsabilidad compartida.

### 5.2.2. Real Decreto 1131/1988

De evaluación de impacto ambiental: regula la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, que establece el marco general para la evaluación de impacto ambiental en España. Este reglamento establece los procedimientos y las normas específicas para llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental de determinados proyectos, con el objetivo de prevenir, corregir o compensar los posibles efectos adversos significativos sobre el medio ambiente. A continuación, se describen los aspectos más importantes del Real Decreto 1131/1988: [44]

- Ámbito de Aplicación: El reglamento establece el ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental, especificando los proyectos y actividades que deben someterse a este proceso.

- **Autoridad Competente:** Designa a la autoridad competente para la tramitación y resolución de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental. Esta autoridad puede variar dependiendo del tipo de proyecto y su ubicación geográfica.
- **Contenido de la Evaluación de Impacto Ambiental:** Establece los elementos y criterios que deben incluirse en el estudio de impacto ambiental que acompaña al proyecto, como la descripción del proyecto, la identificación de los posibles impactos, las medidas preventivas y correctoras propuestas, etc.
- **Consultas y Participación Pública:** Regula los procedimientos de consulta a otras administraciones y la participación pública en el proceso de evaluación de impacto ambiental.
- **Evaluación Simplificada:** Define las circunstancias en las que se puede llevar a cabo una evaluación de impacto ambiental simplificada para proyectos de menor envergadura o que no se consideren significativos en términos de impacto ambiental.
- **Resolución del Proceso:** Establece los plazos y los criterios para la resolución de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental, incluyendo la emisión de la declaración de impacto ambiental.
- **Registro de Evaluaciones de Impacto Ambiental:** Establece la obligación de llevar un registro de todas las evaluaciones de impacto ambiental realizadas, facilitando así la transparencia y el acceso a la información.

### **5.2.3. Ley 9/2006, del 28 de abril**

Sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. A continuación, se proporciona una breve descripción: [45]

- La Ley 9/2006 tiene como objetivo establecer las normas para la evaluación ambiental de planes y programas en el contexto del ordenamiento jurídico español. A continuación, se detallan algunos aspectos clave de esta ley:
- **Ámbito de Aplicación:** La ley se aplica a determinados planes y programas que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente. Estos pueden incluir planes sectoriales, urbanísticos, de ordenación del territorio, de desarrollo económico, entre otros.
- **Evaluación Ambiental Estratégica:** La normativa establece la obligación de realizar una evaluación ambiental estratégica para aquellos planes y programas que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente. Esta evaluación busca identificar, describir y evaluar los posibles efectos ambientales de dichos planes y programas.
- **Contenido de la Evaluación:** Se establecen los contenidos mínimos que deben incluirse en el informe de evaluación ambiental estratégica, como una descripción del plan o programa, la evaluación de sus efectos ambientales, las medidas preventivas y correctoras propuestas, etc.
- **Participación Pública:** Se promueve la participación pública en el proceso de evaluación ambiental estratégica, permitiendo que los ciudadanos, organizaciones y otras entidades interesadas expresen sus opiniones y aporten información relevante.
- **Coordinación con Otras Evaluaciones:** La ley establece la coordinación entre la evaluación ambiental estratégica y otras evaluaciones existentes, como la evaluación de impacto ambiental de proyectos concretos.

- Seguimiento y Revisión: Se prevé la necesidad de realizar un seguimiento de la aplicación de los planes y programas evaluados y la posibilidad de realizar revisiones en caso de que se identifiquen cambios sustanciales.

#### 5.2.4. Real decreto 1/2008, del 11 de enero

Tiene como finalidad establecer el marco normativo para la evaluación de los posibles impactos ambientales de determinados proyectos en España. A continuación, se detallan los aspectos más relevantes de esta legislación: [46]

- **Ámbito de Aplicación:** La ley se aplica a una amplia gama de proyectos, incluyendo obras, instalaciones y otras actividades susceptibles de causar impactos significativos en el medio ambiente. También abarca proyectos de carácter público y privado.
- **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):** La ley establece el proceso de evaluación de impacto ambiental como un instrumento preventivo que busca identificar, prevenir y corregir los posibles impactos ambientales adversos de los proyectos.
- **Contenido de la Evaluación:** Se especifican los requisitos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que debe contener información detallada sobre el proyecto, su ubicación, los posibles impactos ambientales, las medidas preventivas y correctoras, entre otros aspectos.
- **Participación Pública:** La normativa promueve la participación pública en el proceso de evaluación, permitiendo que la ciudadanía, organizaciones y entidades interesadas expresen sus opiniones y aporten información relevante.
- **Autoridades Competentes:** Se designan las autoridades competentes para la tramitación y resolución de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental, dependiendo del ámbito territorial y la naturaleza del proyecto.
- **Categorización de Proyectos:** La ley establece criterios para determinar la categoría de los proyectos, dividiéndolos en función de su magnitud e impacto potencial, lo que influye en el procedimiento de evaluación a seguir.
- **Declaración de Impacto Ambiental (DIA):** En función de la evaluación, se emite la Declaración de Impacto Ambiental que resume los resultados del proceso y establece las condiciones y medidas que deben aplicarse para garantizar la protección del medio ambiente.
- **Revisión y Seguimiento:** Se contempla la posibilidad de revisar y modificar las condiciones de la Declaración de Impacto Ambiental, así como realizar un seguimiento de la ejecución del proyecto.

#### 5.2.5. El Real Decreto 445/2023

Publicado en el Boletín Oficial del Estado el 14 de junio de 2023, modifica los anexos I, II y III de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Este es hasta la fecha del trabajo, la publicación más actual sobre los temas de impacto ambiental. Esta modificación tiene como objetivo garantizar una adecuada transposición a la normativa europea y mejorar la protección del medio ambiente. El decreto entró en vigor el 15 de junio de 2023 e introduce varias novedades, entre las que se incluyen: [47]

- Nuevas tipologías de proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental ordinaria, con énfasis en el sector industrial y minero.
- Inclusión de instalaciones para la producción de energía eléctrica a partir de energía solar para autoconsumo en la evaluación de impacto ambiental.
- Incorporación de instalaciones de almacenamiento energético stand-alone con tecnología distinta a la electroquímica en la evaluación de impacto ambiental.
- Sujeción a evaluación de impacto ambiental de todos los parques eólicos ubicados en espacios protegidos como la Red Natura 2000, Convenio Ramsar, Convenio OSPAR, Convenio ZEPIM o Reservas de la Biosfera.
- Inclusión de ciertas instalaciones para la extracción de amianto en la evaluación de impacto ambiental.
- Estas modificaciones buscan fortalecer la evaluación del impacto ambiental de diversos proyectos, abarcando sectores como la energía, la industria y la minería, con el fin de garantizar una mayor protección del medio ambiente en España.

### 5.3. LEGISLACIÓN EN EL PAÍS VASCO

Como se ha visto en el apartado anterior, en territorio Español, el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, aprueba el Texto Refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, y establece el marco normativo estatal para la evaluación de impacto ambiental. Sin embargo, también pueden existir normativas autonómicas que complementen o detallen aspectos específicos del proceso de evaluación a nivel regional. Por ello se presenta a continuación estos aspectos en el territorio del País Vasco:

#### 5.3.1. La Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco

Es una expresión jurídica positiva de la política ambiental autonómica, en desarrollo de las competencias reconocidas a la Comunidad Autónoma vasca en virtud de su Estatuto de Autonomía. Esta ley nace de la necesidad de concretar una voluntad colectiva de entender el medio ambiente, jerarquizando objetivos comunes de la política ambiental, articulando competencias y diseñando procedimientos e instrumentos adecuados. Entre sus disposiciones, se destacan las siguientes: [48] [49]

- Derecho al medio ambiente saludable: Todas las personas tienen derecho al uso y disfrute de un medio ambiente saludable, correspondiendo a las Administraciones públicas promover una política que garantice la sostenibilidad.
- Participación ciudadana: Se reconoce el derecho de todas las personas a participar en las decisiones que afecten al medio ambiente, directamente o a través de asociaciones de defensa ambiental.
- Principios rectores: La ley se basa en principios como el aprovechamiento sostenible de los recursos, la cautela y la acción preventiva, el principio de corrección de los daños en la fuente, y el principio de que quien contamina paga y quien daña responde.
- Ordenación de actividades con incidencia en el medio ambiente: Se introduce el principio de control integrado de la contaminación, estableciendo un enfoque integrado y efectivo de las condiciones de autorización de actividades con incidencia en el medio ambiente.

- Evaluación de impacto ambiental: Se diseña un sistema que permite estimar los efectos que sobre el medio ambiente puedan derivarse de la ejecución de determinados proyectos públicos y privados.
- La ley también regula aspectos como la protección del suelo, la gestión sostenible del agua, la lucha contra el ruido y las vibraciones, entre otros aspectos relevantes para la protección del medio ambiente en el País Vasco.

### **5.3.2. El Decreto 211/2012, de 16 de octubre**

Regula el procedimiento de evaluación ambiental estratégica de planes y programas en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Esta normativa tiene como objetivo principal integrar la protección del medio ambiente y la promoción del desarrollo sostenible en la elaboración y aprobación de planes y programas. Algunos aspectos relevantes de este decreto son: [50]

- **Ámbito de aplicación:** Se aplica a los planes y programas sectoriales, territoriales y de ámbito supramunicipal, así como a aquellos planes y programas que, sin tener carácter normativo, determinen el marco para la futura autorización de proyectos sujetos a evaluación de impacto ambiental.
- **Contenido de la evaluación:** Establece los requisitos que deben cumplir los planes y programas en materia de evaluación ambiental estratégica, incluyendo aspectos como la descripción del plan o programa, la evaluación de sus efectos previsibles en el medio ambiente, la exposición de los motivos y objetivos, y las alternativas estudiadas.
- **Procedimiento de evaluación:** Define las fases del procedimiento de evaluación ambiental estratégica, que incluyen la determinación de la necesidad de someter un plan o programa a evaluación, la elaboración del informe ambiental estratégico, la consulta a las administraciones afectadas y al público, y la adopción de la decisión sobre la viabilidad ambiental del plan o programa.
- Este decreto es fundamental para garantizar que los planes y programas en el País Vasco se elaboren considerando su impacto en el medio ambiente y promoviendo un desarrollo sostenible.

### **5.3.3. La Ley 10/2021, de 9 de diciembre**

De Administración Ambiental de Euskadi, aprobada por el Parlamento Vasco, establece el marco normativo para la protección, conservación y mejora del medio ambiente en la comunidad autónoma. Entró en vigor el primer día del año 2022 y tiene como objetivo principal impulsar iniciativas en línea con la estrategia ambiental sostenible del País Vasco, integrando y actualizando la legislación previa. Algunos aspectos relevantes de esta ley son los siguientes: [51] [52] [53]

- **Protección ciudadana:** La ley busca proteger a la ciudadanía frente a las presiones y riesgos medioambientales.
- **Gestión eficiente de recursos:** Promueve la gestión eficiente de los recursos dentro de una economía circular sostenible y baja en carbono, limitando la incidencia del impacto ambiental.
- **Participación pública:** Establece una nueva sistemática en la relación entre la Administración pública ambiental y la ciudadanía, fomentando la participación efectiva de las personas en los procedimientos de evaluación ambiental.



- Coordinación y consulta: Modifica la composición y las funciones del Consejo Asesor de Medio Ambiente, configurándolo como un órgano consultivo y de cooperación entre las administraciones públicas y los sectores que representan consulta y seguimiento de las políticas ambientales.
- Registro de Personas Interesadas: Crea el Registro de Personas Interesadas en los Procedimientos de Evaluación Ambiental, que dependerá administrativamente del órgano ambiental de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Compra pública verde: Contempla instrumentos para impulsar la mejora ambiental, como acuerdos medioambientales y la compra pública verde.
- Esta ley también establece medidas para reducir los gases de efecto invernadero, regular la responsabilidad por daños ambientales y el régimen sancionador, así como promover la corresponsabilidad público-privada en la protección del medio ambiente

#### 5.3.4. Diversas leyes y normativas

Reflejan el compromiso del País Vasco con la protección del medio ambiente y la conservación de su patrimonio natural y biodiversidad [54] [55].

- Ley de Conservación del Patrimonio Natural: Esta ley tiene como objetivo la protección, conservación y mejora del patrimonio natural y la biodiversidad en el País Vasco. Se encuentra detallada en el Boletín Oficial del País Vasco.
- Decreto Legislativo 1/2014: Aprueba el texto refundido de la Ley de Conservación de la Naturaleza del País Vasco. Esta normativa regula la conservación de la naturaleza en la región.

## 6. DESCRIPCIÓN DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación ambiental y los estudios de impacto ambiental son procesos fundamentales en la gestión ambiental que buscan evaluar y prevenir los posibles efectos adversos de proyectos y actividades humanas sobre el medio ambiente. Estos procedimientos tienen como objetivo principal identificar, analizar y mitigar los impactos ambientales que podrían surgir durante la planificación, desarrollo o ejecución de proyectos, programas o planes.

La Evaluación/Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o (EsIA) es un enfoque sistemático que implica la evaluación integral de las posibles consecuencias ambientales de una propuesta, considerando factores como la calidad del aire, agua, suelo, biodiversidad, así como aspectos sociales y económicos. La EIA generalmente implica la participación de expertos multidisciplinarios y consulta pública para garantizar una evaluación completa y objetiva. Dependiendo del país, puede tener pequeñas variaciones o diferentes requisitos, pero su objetivo final es compartido mundialmente.

Los estudios de impacto ambiental se centran específicamente en la recopilación y análisis detallado de datos relevantes para determinar los impactos específicos de un proyecto o actividad. Suelen incluir información detallada sobre las características del proyecto, el entorno afectado, los posibles impactos ambientales y las medidas propuestas para mitigar o compensar

dichos impactos. Ambos procesos, la evaluación ambiental y los estudios de impacto ambiental, son herramientas cruciales para promover el desarrollo sostenible al garantizar que las decisiones y acciones humanas consideren y minimicen su impacto en el entorno natural, contribuyendo así a la conservación de los recursos naturales y la preservación de la biodiversidad.

En España, la evaluación ambiental y los estudios de impacto ambiental están regulados por la legislación nacional y autonómica para garantizar una gestión adecuada de los proyectos que puedan afectar al medio ambiente. A nivel nacional, la principal normativa que regula estos procesos es la Ley 21/2013, del 9 de diciembre de Evaluación Ambiental. La Ley de Evaluación Ambiental establece los principios y procedimientos para llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental de proyectos públicos y privados que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente. Esta ley también incorpora la evaluación estratégica ambiental, que aborda la integración de aspectos ambientales en planes y programas. [56]

A nivel autonómico, las comunidades autónomas tienen competencias para desarrollar y gestionar la evaluación ambiental y los estudios de impacto ambiental dentro de sus territorios. Cada comunidad autónoma puede tener normativas específicas que complementan la legislación nacional, adaptándola a las características y necesidades particulares de la región. En el contexto de España, los promotores de proyectos deben presentar un estudio de impacto ambiental para obtener la autorización correspondiente antes de llevar a cabo la ejecución de proyectos que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente. Este estudio incluye la evaluación de los posibles impactos en aspectos como la calidad del aire, el agua, la biodiversidad y el paisaje, así como las medidas propuestas para minimizar o compensar dichos impactos. La participación pública y la consulta a las autoridades ambientales son elementos clave en estos procesos, buscando garantizar una toma de decisiones informada y transparente. La colaboración entre el gobierno central y las comunidades autónomas es esencial para una aplicación coherente de la evaluación ambiental en todo el país.

La Ley 21/2013 ha desempeñado un papel significativo en la promoción y fortalecimiento de los estudios de impacto ambiental en España. A lo largo del tiempo, esta legislación ha experimentado algunas modificaciones positivas que vale la pena destacar. A continuación, se detallan algunas de las variaciones que ha experimentado la mencionada ley, evidenciando su evolución y adaptación a las cambiantes necesidades y desafíos en el ámbito de la evaluación ambiental; teniendo en cuenta la experiencia acumulada, así como la retroalimentación de diversos actores, incluyendo expertos ambientales, entidades gubernamentales y la sociedad en general:

Ley 9/2018, del 5 de diciembre, modifica la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental. Entre las modificaciones más relevantes se encuentran. El Real Decreto-ley 23/2018, de 21 de diciembre, introdujo modificaciones en la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental. Algunas de las modificaciones más relevantes incluyen: [57] [58]

- Reordenamiento de los principios inspiradores de la evaluación ambiental, enumerados en el artículo 2 de la Ley 21/2013.
- Inclusión de la consideración del cambio climático en las evaluaciones ambientales.
- Modificación de la disposición adicional séptima, que regula la evaluación ambiental de los planes, programas o proyectos que puedan afectar a espacios de la Red Natura 2000.

- Inclusión de la posibilidad de que el órgano ambiental en el ámbito de la Administración General del Estado pueda ser el encargado de evaluar planes, programas o proyectos que deban ser adoptados, aprobados o autorizados por dicha administración.
- Estas modificaciones buscan, entre otros objetivos, la unificación y conciliación de trámites, la consideración del cambio climático en las evaluaciones ambientales y la adecuación a los preceptos básicos de la Ley 21/2013.

La Ley 11/2021, de 9 de julio, introduce modificaciones significativas en la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental. Si bien no modifica directamente la Ley 21/2013, esta ley introduce importantes cambios en el marco normativo relacionado con el medio ambiente y la evaluación de impacto ambiental, con el objetivo de impulsar la transición hacia una economía baja en carbono y adaptada al cambio climático. [59]

## 6.1. LEY 21/2013, DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

Antes de la creación de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental en España, existían diversos problemas y deficiencias en la gestión y evaluación de impacto ambiental de proyectos. Algunos de los problemas más destacados incluían:

- Fragmentación normativa: Antes de la ley mencionada, la normativa relacionada con la evaluación ambiental estaba dispersa en diferentes leyes y reglamentos, lo que generaba falta de coherencia y uniformidad en la aplicación de los procedimientos de evaluación ambiental.
- Falta de claridad y uniformidad: La ausencia de una legislación específica y consolidada en materia de evaluación ambiental conducía a la falta de claridad en los procedimientos y criterios a seguir. La interpretación y aplicación de las normativas existentes variaban considerablemente, lo que generaba incertidumbre tanto para los promotores de proyectos como para las autoridades responsables.
- Limitada participación ciudadana: Antes de la Ley 21/2013, la participación ciudadana en los procesos de evaluación de impacto ambiental no estaba suficientemente regulada ni fomentada. La falta de canales formales para la contribución de la sociedad en la toma de decisiones ambientales limitaba la transparencia y la legitimidad de los procedimientos.
- Débil consideración de aspectos estratégicos: Los instrumentos de evaluación ambiental previos a la Ley 21/2013 no abordaban de manera integral los aspectos estratégicos y de planificación, lo que dejaba vacíos en la consideración de los impactos ambientales a largo plazo asociados con planes y programas.
- Escasa incorporación de avances tecnológicos: La normativa existente antes de la Ley 21/2013 no siempre incorporaba de manera efectiva los avances científicos y tecnológicos en la evaluación de impacto ambiental, lo que podía resultar en análisis desactualizados, incompletos o carentes de sustento.

La creación de la Ley 21/2013 respondió a la necesidad de abordar estos problemas y mejorar la eficiencia, coherencia y transparencia en los procesos de evaluación ambiental. La normativa buscó establecer un marco legal más robusto y actualizado, considerando las lecciones aprendidas de experiencias anteriores y promoviendo una gestión ambiental más efectiva y sostenible. Consta de varios títulos y capítulos que abordan aspectos específicos de la evaluación ambiental. Entre los puntos más relevantes se encuentran: [60]

- Preliminar: Establece el objeto, ámbito de aplicación y principios generales que rigen la evaluación ambiental.
- Título I: Define los conceptos fundamentales y los instrumentos de la evaluación ambiental.
- Título II: Regula la evaluación ambiental estratégica y la evaluación de impacto ambiental, estableciendo los procedimientos, requisitos y trámites para llevar a cabo dichas evaluaciones.
- Título III: Establece las infracciones y sanciones en caso de incumplimiento de lo dispuesto en la ley.
- Disposiciones finales: adicionales y finales que complementan el contenido y establecen aspectos específicos relacionados con su aplicación e interpretación.
- Anexo I. Proyectos sometidos a la evaluación ambiental ordinaria regulada en el título II, capítulo II, sección 1ª.
- Anexo II. Proyectos sometidos a la evaluación ambiental simplificada regulada en el título II, capítulo II, sección 2ª.
- Anexo III. Criterios mencionados en el artículo 47.2 para determinar si un proyecto del anexo II debe someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria.
- Anexo IV. Contenido del estudio ambiental estratégico.
- Anexo V. Criterios mencionados en el artículo 31 para determinar si un plan o programa debe someterse a evaluación ambiental estratégica ordinaria.
- Anexo VI. Estudio de impacto ambiental, conceptos técnicos y especificaciones relativas a las obras, instalaciones o actividades comprendidas en los anexos I y II.

## 6.2. COMPONENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El estudio de impacto ambiental es una parte fundamental de la evaluación de impacto ambiental. En el contexto de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental en España, el estudio de impacto ambiental constituye un documento técnico que forma parte del procedimiento de EIA. Este estudio tiene como objetivo identificar, predecir e interpretar los impactos ambientales que un determinado proyecto, plan o programa pueda generar en su entorno.

El estudio de impacto ambiental debe contener información detallada sobre el proyecto, plan o programa, así como un análisis exhaustivo de sus posibles efectos en aspectos como el medio ambiente, la biodiversidad, los recursos naturales, la salud humana, entre otros. Además, debe incluir medidas preventivas, correctivas y compensatorias para mitigar los impactos negativos identificados. Proporciona así, una base técnica para la toma de decisiones informadas sobre la viabilidad y la gestión ambientalmente sostenible de proyectos, planes y programas. Se resumirá a continuación cada uno de los componentes, no se pretende reescribir lo mencionado en la ley; al contrario, se listará lo esencial que debe aparecer en un estudio de impacto ambiental de acuerdo con la interpretación del autor de este trabajo, para más detalle se debe consultar directamente la ley mencionada que es de acceso público.

### 6.2.1. Objeto y descripción del Proyecto

Debe incluir una descripción detallada del proyecto, plan o programa, que permita comprender su naturaleza, dimensiones, localización y fases de ejecución. Esta descripción debe ser clara y precisa, abordando aspectos como la tecnología a utilizar, los materiales a emplear, las fuentes de energía, los flujos de materiales, entre otros.

- **Justificación del Proyecto:** Se debe exponer de manera fundamentada las razones por las cuales se plantea la realización del proyecto, así como su importancia desde el punto de vista social, económico y ambiental.
- **Localización del Proyecto:** Debe indicarse la localización geográfica precisa del proyecto, plan o programa, incluyendo coordenadas geográficas y límites territoriales.
- **Relación con el Entorno:** Se debe analizar la relación del proyecto con el entorno en el que se va a desarrollar, considerando aspectos como el uso del suelo, la geología, la hidrología, la flora y fauna, entre otros.

### 6.2.2. Examen de alternativas del proyecto

El objetivo de este examen es garantizar que se haya realizado un análisis exhaustivo de las posibles alternativas al proyecto, plan o programa, con el fin de identificar la opción que genere menores impactos ambientales y sea más sostenible desde el punto de vista ambiental. Este enfoque contribuye a promover la toma de decisiones informada y la integración de consideraciones ambientales en la planificación y ejecución de proyectos.

- **Descripción de las Alternativas Consideradas:** Se debe presentar una descripción detallada de las alternativas al proyecto propuesto, incluyendo aquellas que puedan evitar o reducir los impactos ambientales significativos identificados durante la fase de planificación.
- **Justificación de la Alternativa Seleccionada:** En caso de que se haya seleccionado una alternativa específica, se debe justificar esta elección, explicando las razones técnicas, económicas y ambientales que la respaldan.
- **Comparación de Alternativas:** Se debe realizar una comparación objetiva de las alternativas consideradas, evaluando sus ventajas e inconvenientes en términos de impacto ambiental, viabilidad técnica y económica.

### 6.2.3. Inventario Ambiental

El inventario ambiental tiene como objetivo proporcionar una visión integral y detallada del entorno en el que se desarrollará el proyecto, plan o programa, permitiendo identificar los posibles impactos que estos puedan generar. Esta información es fundamental para la toma de decisiones informada y la adopción de medidas preventivas o correctivas que contribuyan a la protección y preservación del medio ambiente.

- **Descripción de los Componentes Ambientales:** Se debe realizar una descripción detallada de los componentes ambientales presentes en el área de influencia del proyecto, plan o programa, tales como el suelo, el agua, la atmósfera, la flora, la fauna, los paisajes, entre otros.
- **Estado Actual de los Componentes Ambientales:** Se debe evaluar el estado actual de los componentes ambientales descritos, identificando y cuantificando los impactos existentes derivados de actividades humanas u otros factores.
- **Interrelaciones entre Componentes Ambientales:** Se debe analizar las interrelaciones entre los diferentes componentes ambientales, considerando posibles efectos sinérgicos o acumulativos.

#### 6.2.4. Identificación y valoración de impactos

El objetivo de este proceso es evaluar de manera integral y rigurosa los posibles impactos ambientales derivados del proyecto, plan o programa, permitiendo identificar aquellos que son significativos y que requieren medidas específicas de prevención, mitigación o compensación. Esta información es fundamental para la toma de decisiones informada y la adopción de medidas que contribuyan a garantizar la sostenibilidad ambiental de las actividades a desarrollar.

- **Identificación de Impactos Directos e Indirectos:** Se debe identificar y describir los impactos ambientales directos e indirectos que el proyecto, plan o programa pueda generar en los diferentes componentes del medio ambiente, como el suelo, el agua, la atmósfera, la flora, la fauna, entre otros.
- **Valoración de Impactos Significativos:** Se debe realizar una valoración detallada de los impactos identificados, considerando su magnitud, extensión, duración, probabilidad de ocurrencia y reversibilidad, con el fin de determinar cuáles de ellos son significativos.
- **Interrelaciones entre Impactos:** Se debe analizar las interrelaciones entre los diferentes impactos identificados, considerando posibles efectos sinérgicos o acumulativos.

#### 6.2.5. Medidas preventivas, correctoras y compensatorias

La inclusión de estas medidas en el estudio de impacto ambiental es fundamental para garantizar que se adopten las acciones necesarias para prevenir, mitigar y compensar los posibles impactos adversos en el medio ambiente derivados del desarrollo del proyecto, plan o programa. Estas medidas contribuyen a promover la sostenibilidad ambiental y la integración de consideraciones ambientales en la toma de decisiones.

- **Medidas Preventivas:** Deben incluirse medidas destinadas a evitar, reducir o controlar los impactos ambientales significativos identificados durante la evaluación. Estas medidas buscan prevenir la generación de impactos negativos en el medio ambiente.
- **Medidas Correctoras:** Deben contemplarse medidas destinadas a corregir o mitigar los impactos ambientales adversos que no hayan podido ser evitados mediante medidas preventivas. Estas medidas buscan minimizar o eliminar los impactos negativos una vez que se han producido.
- **Medidas Compensatorias:** Deben establecerse medidas destinadas a compensar los impactos residuales que no hayan podido ser evitados, reducidos o corregidos. Estas medidas buscan restaurar, conservar o mejorar el medio ambiente afectado por el proyecto, plan o programa.

#### 6.2.6. Programa de vigilancia y seguimiento ambiental

El programa de vigilancia y seguimiento ambiental es fundamental para garantizar que se realice un monitoreo continuo y sistemático de los posibles impactos ambientales derivados del desarrollo del proyecto, plan o programa, permitiendo detectar desviaciones respecto a lo previsto y adoptar las medidas correctivas necesarias. Esta información es esencial para promover la sostenibilidad ambiental y la toma de decisiones informada.

- **Objetivos del Programa:** Debe establecer los objetivos específicos que se pretenden alcanzar a través del programa de vigilancia y seguimiento ambiental, tales como la detección temprana de posibles impactos adversos, la verificación del cumplimiento de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias, entre otros.
- **Parámetros e Indicadores para Vigilar:** Debe definir los parámetros e indicadores ambientales que serán objeto de vigilancia y seguimiento, considerando aquellos que

sean relevantes para la evaluación de los impactos identificados durante la fase de planificación.

- Metodología de Vigilancia y Seguimiento: Debe especificar la metodología que se utilizará para llevar a cabo la vigilancia y seguimiento ambiental, incluyendo los procedimientos de muestreo, análisis y registro de datos.
- Frecuencia y Duración: Debe establecer la frecuencia con la que se realizará la vigilancia y seguimiento ambiental, así como la duración del programa, considerando las diferentes fases del proyecto, plan o programa.

### **6.2.7. Vulnerabilidad del proyecto**

En el contexto de la evaluación de impacto ambiental, la vulnerabilidad del proyecto se refiere a la susceptibilidad que este tiene de sufrir o generar impactos negativos en el medio ambiente, ya sea como resultado de sus características intrínsecas o de su interacción con el entorno.

La evaluación de la vulnerabilidad del proyecto implica analizar y comprender los posibles riesgos ambientales asociados a su implementación, considerando aspectos como la localización, las características del terreno, la tecnología a emplear, los materiales utilizados, entre otros. Este análisis permite identificar las áreas o componentes ambientales que podrían ser más sensibles a los impactos del proyecto, así como las medidas necesarias para prevenir o mitigar dichos impactos.

### **6.2.8. Evaluación ambiental de repercusiones en espacios de la red natura 2000**

Esta evaluación se centra en el análisis de los posibles efectos que un proyecto, plan o programa pueda tener sobre estos espacios protegidos, que albergan tipos de hábitats naturales y especies que deben ser conservados en un estado de conservación favorable. La evaluación debe considerar la posible alteración permanente o de larga duración de un valor natural que motivó la designación del espacio y los objetivos de conservación de este. En caso de que un proyecto pueda afectar negativamente a un espacio de la Red Natura 2000, se podrían autorizar excepcionalmente, adoptando medidas compensatorias necesarias para cumplir con los objetivos de conservación de la Red. La evaluación de las repercusiones sobre la Red Natura 2000 es una parte específica dentro del procedimiento de evaluación ambiental, que se centra en el análisis de las posibles alteraciones previstas sobre los hábitats objeto de conservación de los espacios alterados. Este análisis se realiza mediante la aplicación de criterios y umbrales para valorar la gravedad de las alteraciones previstas sobre los hábitats objeto de conservación. [60]

Para contextualizar a cerca de la red natura 2000, es preciso detallar que es una red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad. Consta de Zonas Especiales de Conservación (ZEC) establecidas de acuerdo con la Directiva Hábitat y de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) designadas en virtud de la Directiva. Su finalidad es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat en Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad. Los espacios protegidos Red Natura 2000 son lugares de alto valor ecológico que contribuyen a la conservación de hábitats y especies de gran interés para la Unión Europea, con el fin de garantizar su supervivencia a largo plazo. La Red Natura 2000; por ejemplo, en Andalucía abarca, en el ámbito competencial de la Junta de Andalucía, 2,67 millones de hectáreas, de las que 2,59 millones son terrestres y 0,07 millones, marinas. Para su gestión y conservación, se encuentra incluida íntegramente en la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA), en virtud del Decreto 95/2003, de 8 de abril. Está integrada por 198 espacios protegidos: 63 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) 190 Lugares

de Interés Comunitario (LIC), de los que 176 están declarados Zonas Especiales de Conservación (ZEC). Una vez declarados estos territorios, para evitar el deterioro de sus hábitats o impedir cualquier alteración que pudiera repercutir en las especies que motivaron su protección, las administraciones competentes llevan a cabo una serie de medidas de evaluación y seguimiento de los espacios protegidos Red Natura 2000. [61]

### **6.2.9. Resumen no técnico**

El nombre completo de este apartado es resumen no técnico de la información en virtud de los epígrafes precedentes. Tiene como objetivo presentar de manera clara y accesible la información más relevante del estudio, evitando el uso de tecnicismos y lenguaje especializado. Debe incluir una descripción del proyecto, plan o programa, así como una síntesis de los principales impactos ambientales identificados y las medidas preventivas, correctoras y compensatorias propuestas. Además, debe destacar las conclusiones más relevantes derivadas del estudio, incluyendo las alternativas consideradas y los motivos de la elección del proyecto, plan o programa. El resumen no técnico es un instrumento de divulgación que busca facilitar la comprensión y participación pública en el proceso de evaluación ambiental, permitiendo que los ciudadanos interesados puedan conocer de forma clara y concisa los aspectos fundamentales del proyecto y sus posibles repercusiones en el medio ambiente.

### **6.2.10. Lista de referencias bibliográficas**

El nombre completo de este apartado es lista de referencias bibliográficas consultadas para la elaboración de los estudios y análisis y listado de la normativa ambiental aplicable al proyecto. Debe presentar las fuentes bibliográficas, normativas y documentos técnicos utilizados para fundamentar y respaldar la información presentada. La inclusión de una lista de referencias bibliográficas contribuye a la transparencia, credibilidad y rigor técnico del estudio, permitiendo a los lectores interesados acceder a las fuentes originales de la información presentada. Por lo tanto, aunque no sea una exigencia explícita de la ley, la inclusión de una lista de referencias bibliográficas es una práctica recomendable en el desarrollo de estudios de impacto ambiental.

El listado de la normativa ambiental aplicable a un proyecto sirve para identificar y recopilar la legislación relevante que debe ser considerada durante la evaluación de impacto ambiental. Esta recopilación incluye leyes, directivas, reglamentos y otras disposiciones legales a nivel nacional, regional e internacional que son pertinentes para el proyecto en cuestión. La inclusión de esta lista permite asegurar que la evaluación se realice conforme a los requisitos legales vigentes, garantizando el cumplimiento de las normativas ambientales aplicables y promoviendo la sostenibilidad en el desarrollo del proyecto. Además, proporciona transparencia al proceso al permitir a las partes interesadas conocer las bases legales en las que se fundamenta la evaluación.



## 7. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES CONVENCIONALES DE ENERGÍA APLICADA AL PROYECTO

Las centrales térmicas convencionales, también conocidas como centrales termoeléctricas convencionales, utilizan combustibles fósiles y uranio para producir energía eléctrica mediante un ciclo termodinámico de vapor. El término "convencional" se utiliza para distinguirla de otras centrales térmicas. Aunque si queremos ser más amplios, según la clasificación de las fuentes de energía basada en su grado de disponibilidad y participación en los balances energéticos de los países industrializados, las fuentes de energía convencionales son aquellas que tienen una participación importante en estos balances. En este contexto, el carbón, petróleo, gas natural, hidráulica y nuclear son ejemplos de fuentes de energía convencionales

En términos simples, en una central térmica convencional, el combustible se quema en una caldera para producir energía térmica que se utiliza para calentar agua, y esa energía térmica se convierte en vapor a muy alta presión. Este vapor hace girar una gran turbina, que convierte la energía térmica en energía mecánica, que luego un generador convierte en energía eléctrica. La corriente pasa por el transformador aumentando el voltaje y permitiendo su transporte, reduciendo las pérdidas por efecto Joule. El vapor que sale de la turbina se envía a un condensador donde se convierte en agua y regresa a la caldera para iniciar un nuevo ciclo de producción de vapor. El funcionamiento de una central térmica convencional es el mismo independientemente del combustible utilizado. Sin embargo, existen diferencias en el pretratamiento del combustible y el diseño del quemador de la caldera. Si el sistema va a funcionar con carbón, primero se debe triturar el combustible. En los sistemas de queroseno, el combustible se calienta, mientras que, en los sistemas de gas natural, el combustible llega directamente a través de la tubería de gas, eliminando la necesidad de almacenamiento aguas arriba. [62]

En la figura 7-1 se observa una central básica, formado por los siguientes elementos: Generador de Vapor, Turbina, Condensador y Bomba de agua de alimentación.

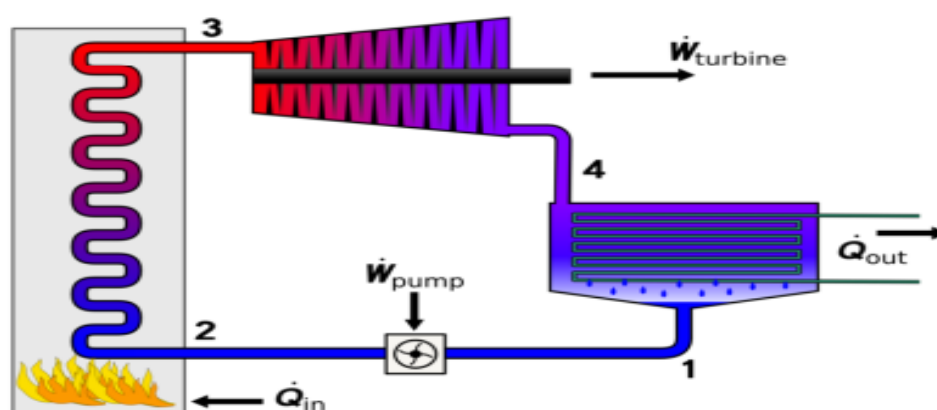


Figura 7-1. Esquema básico de una central térmica convencional.

Para la central térmica convencional básica, el ciclo que mejor la representa es el ciclo termodinámico Rankine ideal (figura 7-2), que convierte calor en trabajo y donde se observa que la condensación es total.

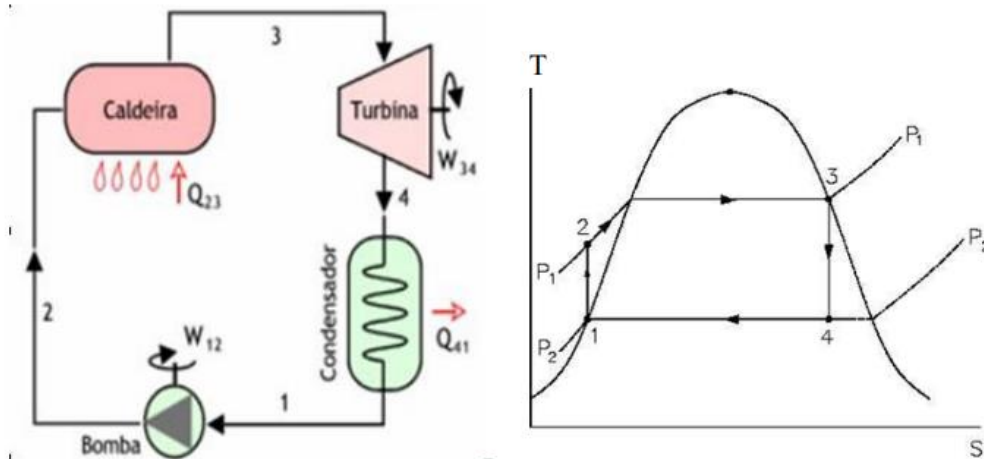


Figura 7-2. Ciclo de Rankine de una CTV básica.

- Etapa del ciclo Segmentos 1-2: Compresión adiabática del fluido mediante bomba de alimentación de la caldera (el fluido comprimido es líquido). Los puntos 1 y 2 están muy cerca uno del otro (esta distancia está muy exagerada en la Figura 2). Aquí es donde se realiza el trabajo en la bomba.
- Esta etapa del ciclo de Rankine es diferente de la etapa del ciclo de Carnot. Estrictamente hablando, lograr la máxima eficiencia requiere comprimir fluidos bifásicos, lo que implica dificultades técnicas.
- Segmento 2-3: El calentamiento y evaporación de un líquido a presión constante (isobárico) que ocurre en una caldera. Se añade calor al líquido.
- Segmento 3-4: Expansión adiabática de un fluido en una turbina de vapor realizando trabajo. Existe un límite práctico para el título  $x$  en el estado 4 ( $x$  debe ser  $> 0,9$  para evitar la presencia de muchas gotas que podrían erosionar los álabes de la turbina).
- Segmento 4-1: condensación isobárica en el condensador.
- El calor extraído se envía a una fuente fría (refrigerante). Por motivos prácticos la condensación se realiza hasta el final (líquido saturado). [62]

Los cuatro elementos básicos de la central térmica convencional simple son:

1. Caldera: Un sistema de presión que convierte agua en vapor como producto final transfiriendo calor desde una fuente de alta temperatura. El término caldera se refiere a baja presión de vapor.
2. Turbina de vapor: dispositivo que aprovecha la energía térmica del vapor y la convierte en energía mecánica rotacional.
3. Condensador: Dispositivo que consta de tubos por los que circula agua de refrigeración. Esto está justo después de la turbina. El vapor que se escapa se condensa al entrar en contacto con estas tuberías.  
CTV funciona mejor cuando el vapor de escape a la salida de la turbina es más frío. Este dispositivo también se utiliza para eliminar gases nocivos no condensables como el  $O_2$  mediante métodos físicos o químicos como la hidracina.
4. Bomba de Alimentación: Bomba encargada de transportar el agua producida por la condensación hasta la caldera.

Sin embargo, las centrales térmicas convencionales son una importante fuente de contaminación atmosférica y emisiones de gases de efecto invernadero, con impactos

significativos en la salud humana, el medio ambiente y el cambio climático. En el siguiente gráfico se muestra los 50 mayores emisores de CO<sub>2</sub> de España: [63]

### Los 50 mayores emisores de CO<sub>2</sub> en España

En millones de toneladas equivalentes

CT: central térmica. CCC: central de ciclo combinado.

Clasificación	Instalación	Compañía	Emisiones en 2018	Variación s/2017 (%)
1	CT As Pontes	Endesa	7,94	-2,2
2	CT Aboño	EDP	7,08	-13,6
3	CT Litoral	Endesa	6,27	14,3
4	ArcelorMittal España	ArcelorMittal España	5,65	6,4
5	CT Teruel	Endesa	3,13	-35,0
6	CT Los Barrios	Viesgo	2,84	-2,6
7	Refinería Cartagena	Repsol	2,54	5,3
8	CT Alcudia	Endesa	2,44	-8,4
9	Petronor	Repsol	2,27	2,5
10	Refinería de Tarragona	Repsol	2,27	-1,0
11	CT Meirama	Naturgy	2,24	-5,9
12	Vueling	Vueling	2,17	8,6
13	CT Compostilla	Endesa	1,87	-33,1
14	CT Granadilla	Endesa	1,87	-2,3
15	San Roque	Cepsa	1,64	5,6
16	CT Tirajana	Endesa	1,62	-3,0
17	Refinería La Rábida	Cepsa	1,58	-6,6
18	Refinería de Puertollano	Repsol	1,49	-5,6
19	CT Lada 3 y 4	Iberdrola	1,22	-20,4
20	BP Oil	BP Oil	1,20	18,3
21	Solvay I	Solvay I	1,14	4,4
22	Refinería de A Coruña	Repsol	1,09	-4,0
23	Cementos Molins	Cementos Molins	1,04	-0,7
24	Sta Margarida	Uniland Cementera	1,02	-0,8
25	CT Soto de Ribera	EDP	1,01	-28,9
26	CCC Sagunto	Naturgy	0,98	-4,5
27	La Pobra de Mafumet	Dow Chemical	0,98	-4,5
28	CT Puente Nuevo	Viesgo	0,96	-28,9
29	Iberia	Iberia	0,92	10,1
30	CT La Robla	Naturgy	0,86	-47,0
31	CCC Besos	Naturgy	0,85	-8,0
32	CCC Barcelona	Naturgy	0,83	29,5
33	CCC Cartagena	Naturgy	0,82	-6,9
34	CCC Málaga	Naturgy	0,81	19,9
35	Cementos Goliat	Sociedad Financiera y Minera	0,81	-0,2
36	El Morell Cogeneración	Repsol Química	0,78	-7,0
37	Carboneras	LafargeHolcim	0,75	8,4
38	La Robla	Cementos Tudela Veguin	0,73	1,3
39	Fábrica de Palos	Fertiberia	0,73	17,7
40	Alcanar	Cemex	0,71	-9,1
41	Villaluenga de la Sagra	LafargeHolcim	0,69	67,9
42	Sagunto	LafargeHolcim	0,67	-2,1
43	CCC Arcos	Iberdrola	0,66	85,6
44	Buñol	Cemex	0,65	17,6
45	San Ciprián	Alúmina Española	0,65	0,1
46	CCC Castellón	Iberdrola	0,63	9,0
47	Fábrica de Cal de Tudela Veguín	Fábrica de Cal de Tudela Veguín	0,60	0,3
48	Fábrica de Cementos de Aboño	Fábrica de Cementos de Aboño	0,60	-2,5
49	Alcalá de Guadaíra	Portland Valderrivas	0,60	-12,7
50	Morata de Tajuña	Portland Valderrivas	0,60	-3,1

Puente: Comisión Europea

ALEJANDRO MERAVIGLIA / CINCO DÍAS

Figura 7-3. Mayores emisores de CO<sub>2</sub> de España.

En general, las emisiones que expulsan estas centrales son:

- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Las centrales térmicas convencionales, especialmente las alimentadas por carbón y derivados, son una importante fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estas emisiones incluyen principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), generado durante la combustión de los combustibles fósiles. El CO<sub>2</sub> es el principal contribuyente al calentamiento global y al cambio climático como se vio en el capítulo 2.

- Emisiones Atmosféricas Contaminantes: Las centrales térmicas convencionales emiten una serie de contaminantes atmosféricos, incluyendo óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), material particulado (PM), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y metales pesados como mercurio, plomo y arsénico. Estos contaminantes pueden tener impactos adversos en la calidad del aire, la salud humana y el medio ambiente.
  - Óxidos de Azufre (SOx): Producidos por la oxidación del azufre presente en el combustible, los SOx pueden contribuir a la formación de lluvia ácida y a la contaminación del aire. También pueden causar problemas respiratorios y dañar los ecosistemas terrestres y acuáticos.
  - Óxidos de Nitrógeno (NOx): Generados durante la combustión a altas temperaturas, los NOx contribuyen a la formación de ozono troposférico y smog. También pueden causar problemas respiratorios, irritación ocular y reducir la calidad del aire.
  - Material Particulado (PM): Compuesto por partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, el PM puede tener diversos tamaños y composiciones. Las partículas más pequeñas pueden penetrar en los pulmones y causar problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares y otros efectos adversos para la salud.

Estas emisiones al ser expulsadas de las centrales causan diversos impactos, como: [64]

- Impactos en la Salud Humana: La contaminación atmosférica generada por las centrales térmicas convencionales puede tener graves impactos en la salud humana, incluyendo enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cáncer de pulmón, exacerbación de condiciones preexistentes como el asma, y muertes prematuras.
- Impactos Ambientales: Además de los impactos en la calidad del aire y la salud humana, las emisiones de las centrales térmicas convencionales pueden tener efectos adversos en los ecosistemas terrestres y acuáticos. La lluvia ácida, causada por la deposición de ácidos provenientes de las emisiones de SOx y NOx, puede acidificar suelos, lagos y ríos, dañando la vegetación y la vida acuática. Además, los metales pesados emitidos por las centrales térmicas pueden bioacumularse en los organismos y afectar a las cadenas alimentarias.

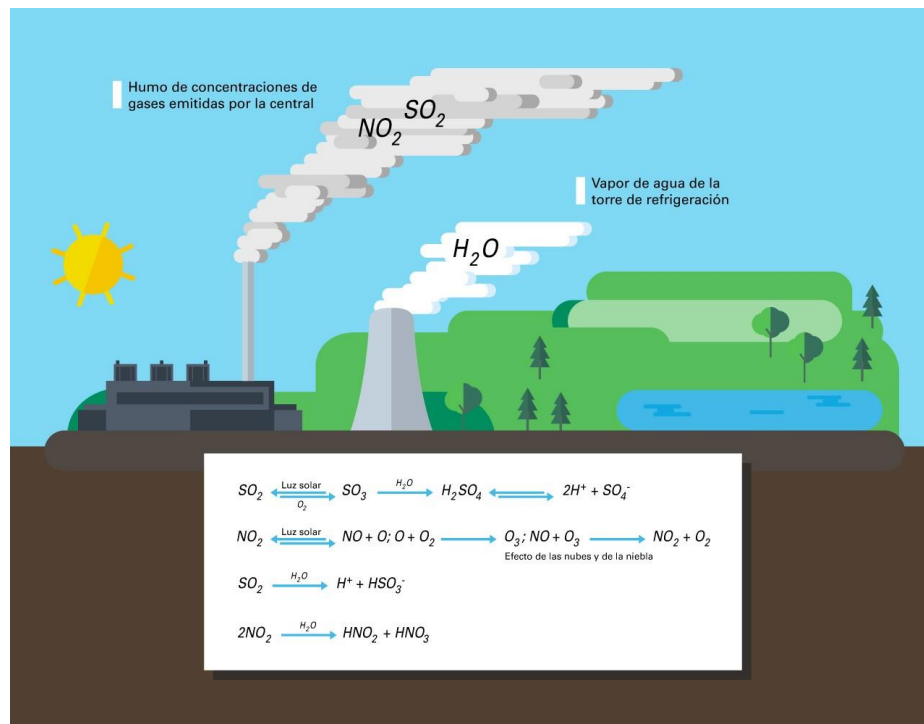


Figura 7-4. Concentración de gases emitidas.

## 7.1. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL CONVENCIONAL TÉRMICA DE GAS NATURAL

El transporte y almacenamiento de gas natural es más caro que el petróleo o el carbón, y el gas es volátil y requiere equipo especializado. Además, es bajo en [calorías/volumen]. El gas debe extraerse de mares profundos o de regiones con climas extremos, normalmente alejados de la demanda, y por tanto debe transportarse por gasoductos. También es posible obtener GNL (gas natural licuado) licuándolo (el volumen pasa a ser 1/600 a  $-161,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y transportándolo en un buque metanero (hasta 250000 metros cúbicos). Este enfriamiento se produce en una cascada de varias etapas. Existen otros procesos tecnológicos que reducen el número de etapas mediante la mezcla de refrigerantes.

El gas es el combustible que más crece en demanda. Este crecimiento está estrechamente relacionado con el uso de las centrales eléctricas (baja inversión por MWh, alto rendimiento), los sectores industrial y doméstico, y está disminuyendo en el sector del transporte. [62]

Componente	Símbolo	%
Dióxido de carbono	$\text{CO}_2$	1.98
Metano	$\text{CH}_4$	91.99
Etano	$\text{C}_2\text{H}_6$	3.99
Propano	$\text{C}_3\text{H}_8$	0.81
Iso Butano	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	0.13
N Butano	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	0.21
Pentano	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	0.05
Exano y >	$+\text{C}_6\text{H}_{14}$	0.09
Nitrógeno	N	0.75
Total		100.00

Figura 7-5. Composición general del Gas Natural (PCI - Poder calorífico inferior de 8400-9000 kcal/Nm<sup>3</sup>).

El proceso de generación de electricidad en una central térmica de gas natural es un proceso complejo que involucra varias etapas. A continuación, se detalla cada una de estas etapas:

1. **Combustión del Gas Natural:** El gas natural, compuesto principalmente de metano ( $\text{CH}_4$ ), es transportado desde los campos de producción a la central térmica a través de redes de gasoductos. En la central térmica, el gas natural es quemado en una caldera en presencia de oxígeno. Durante este proceso de combustión, se libera una gran cantidad de energía en forma de calor.
2. **Generación de Vapor:** El calor generado por la combustión del gas natural se utiliza para calentar agua y convertirla en vapor a alta presión. Esta agua caliente se bombea a través de tuberías hacia la caldera, donde se encuentra con el gas natural en combustión. El vapor resultante tiene una alta energía térmica y se utiliza para impulsar las turbinas de vapor.
3. **Turbinas de Vapor:** El vapor de alta presión producido en la caldera se dirige hacia las turbinas de vapor. Estas turbinas están diseñadas para convertir la energía térmica del vapor en energía mecánica al hacer girar un eje conectado a un generador eléctrico. A medida que el vapor pasa a través de las turbinas, su presión y temperatura disminuyen, y el vapor se condensa en agua.

4. Generación de Electricidad: El movimiento rotatorio del eje conectado a las turbinas se transfiere al generador eléctrico, donde se convierte en energía eléctrica. El generador produce electricidad en forma de corriente alterna (CA), que luego se transmite a través de líneas de transmisión hacia las redes de distribución eléctrica para su uso por parte de los consumidores.
5. Condensación del Vapor: Después de pasar por las turbinas, el vapor de agua se enfría y se condensa en agua líquida en un dispositivo llamado condensador. Este proceso libera calor que puede ser aprovechado para precalentar el agua de alimentación que entra en la caldera. El agua condensada se recoge y se devuelve al sistema de alimentación de agua para ser recalentada y reutilizada en el ciclo de generación de vapor.

Este proceso de generación de electricidad en una central térmica de gas natural es continuo y se repite constantemente para mantener la producción de energía eléctrica.

## 7.2. CENTRAL CONVENCIONAL TÉRMICA NUCLEAR

Una central térmica nuclear es una instalación diseñada para generar electricidad mediante el proceso de fisión nuclear. Una característica importante de las centrales nucleares es su capacidad para generar grandes cantidades de electricidad de manera continua y sin generar emisiones de gases de efecto invernadero durante la generación de electricidad. Sin embargo, la fisión nuclear también plantea desafíos en términos de seguridad, gestión de residuos nucleares y proliferación nuclear, lo que requiere un estricto control y regulación por parte de las autoridades gubernamentales y los organismos reguladores.

La fisión nuclear es un proceso en el cual el núcleo de un átomo pesado, como el uranio o el plutonio, se divide en núcleos más pequeños al ser bombardeado por neutrones. Este proceso libera una gran cantidad de energía en forma de radiación y calor. La fisión nuclear puede ocurrir de manera natural o inducida. En una reacción de fisión inducida, un núcleo pesado absorbe un neutrón, lo que lo hace inestable y se divide en dos o más núcleos más pequeños, liberando neutrones adicionales y una gran cantidad de energía en el proceso. Estos neutrones liberados pueden a su vez provocar la fisión de otros núcleos pesados, creando una reacción en cadena que libera aún más energía. Hoy en día, incluso, nuevas investigaciones hacen que estas fisiones y el proceso en cadena sea más efectivos con los denominados neutrones rápidos.

En una central nuclear, el proceso de fisión se controla cuidadosamente en un reactor nuclear, quien viene a ser el elemento más importante de la central. El reactor contiene barras de combustible, generalmente hechas de uranio enriquecido o plutonio, que son bombardeadas por neutrones para inducir la fisión nuclear. [65] El núcleo de un átomo de combustible nuclear es golpeado por un neutrón y destruido, creando fragmentos conocidos como productos de fisión y más neutrones, que luego chocan con otros átomos de combustible. Este proceso, conocido como reacción en cadena, libera grandes cantidades de energía térmica que se utiliza para producir vapor de agua.

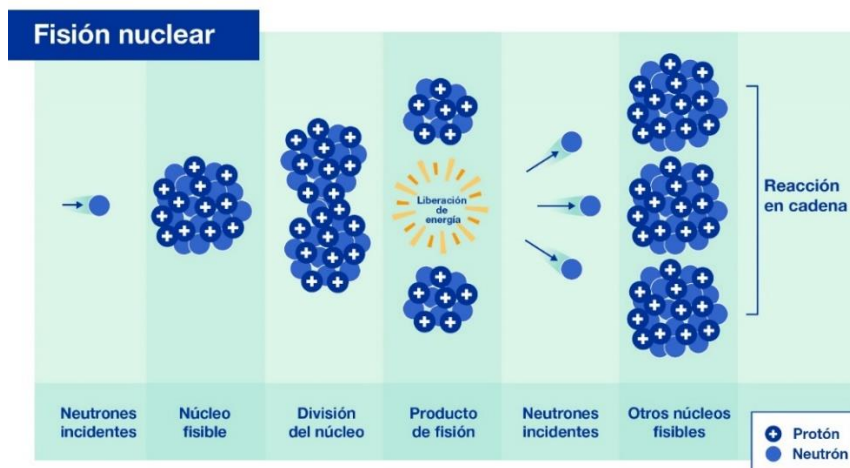


Figura 7-6. Fisión Nuclear

Una central nuclear es una instalación que alberga combustible nuclear y cuenta con sistemas que permiten el inicio, mantenimiento y terminación controlada de reacciones de fisión nuclear que liberan grandes cantidades de energía térmica. Un reactor nuclear consta de una vasija de acero en la que se dispone un conjunto de elementos de combustible nuclear, según un determinado patrón geométrico. La mayoría de los reactores nucleares también requieren la presencia de un elemento dentro del reactor que ralentice los neutrones producidos durante la reacción de fisión para facilitar el proceso de reacción en cadena. Esto se debe a que estos neutrones tienen una alta energía cinética y es prudente reducir su velocidad para permitir nuevas reacciones en cadena, que se logran mediante colisiones elásticas de los neutrones con átomos de elementos que actúan como moderadores.

Para controlar de forma segura la reacción de fisión nuclear que se produce en un reactor nuclear, existen una serie de mecanismos de accionamiento de barras de control que contienen materiales que absorben neutrones. Estas barras de control pueden insertarse total o parcialmente en la vasija del reactor para evitar más o menos que los neutrones sigan provocando reacciones de fisión continuas. Si es necesario detener todas las reacciones de fisión, todas las barras de control se activan inmediatamente, lo que provoca la llamada parada automática, "activación" o "parada" del reactor. El reactor de una central nuclear está rodeado por un escudo de hormigón que bloquea la radiación producida por la fisión nuclear. Tanto el reactor como los sistemas auxiliares mencionados anteriormente están alojados en un edificio de "contención", un edificio diseñado para limitar las emisiones de radiación en caso de accidente. La energía producida por las reacciones de fisión nuclear se utiliza para generar vapor que impulsa turbinas en centrales nucleares. Para ello, se hace circular agua por el núcleo del reactor, aumentando su temperatura. En España hay dos tipos de centrales nucleares en funcionamiento, y la diferencia fundamental entre ellas es si la producción de vapor se produce dentro o fuera del reactor. [66]

### 7.2.1. Plantas con reactores de agua a presión (PWR).

En el cual se hace circular agua en estado líquido a muy alta presión a través del reactor y la conversión a vapor se lleva a cabo en un intercambiador de calor externo llamado generador de vapor. En este tipo de centrales nucleares, el agua en estado líquido y a muy alta presión circula

a través de un "circuito primario" donde unas bombas la fuerzan hacia el núcleo del reactor y la calientan antes de que llegue al generador de vapor. La presión en el circuito primario se mantiene mediante un elemento llamado "presurizador", cuya función es evitar la formación de vapor en este circuito. En estos sistemas, las barras de control están ubicadas en la parte superior de la vasija del reactor. Si se requiere una parada rápida del reactor, esto se logra liberando el mecanismo electromagnético que sujeta las barras de control e insertando las barras de control bajo la acción de la gravedad.

El agua líquida caliente que sale de la vasija del reactor circula a través de las tuberías del circuito primario y el generador de vapor. En el interior del generador de vapor, el agua del circuito secundario circula por el exterior de estos tubos, calentando así el agua del circuito secundario hasta convertir el agua caliente del circuito primario en vapor. Luego, el vapor se envía a través de las tuberías del circuito secundario hasta la turbina donde se expande y gira. La rotación de la turbina se transmite a un generador, componente que genera electricidad, a una subestación y de allí a la red eléctrica externa. Como en otras centrales térmicas, el vapor que sale de la turbina aún está muy caliente y debe condensarse para volver al ciclo agua/vapor.

Esta condensación se produce gracias a un tercer circuito de refrigeración externo que utiliza una gran cantidad de agua fría que circula dentro del tubo del condensador. El agua fría que circula por las tuberías del circuito de refrigeración se calienta cuando pasa por el condensador y se vuelve a enfriar cuando las tuberías pasan por el llamado "disipador de calor" del sistema que en su mayoría son torres de refrigeración, aunque pueden ser ríos, pantanos o mares estudiando adecuadamente sus impactos. El vapor condensado al contacto con el tubo del condensador se precalienta antes de ser devuelto al generador de vapor. La presión en el condensador es menor que la presión en las tuberías del circuito de refrigeración externo que pasan a través del condensador. Por lo tanto, si hay una grieta en la tubería, el agua del circuito no se filtrará al condensador, sino al revés, evitando posibles fugas al medio ambiente. [67]

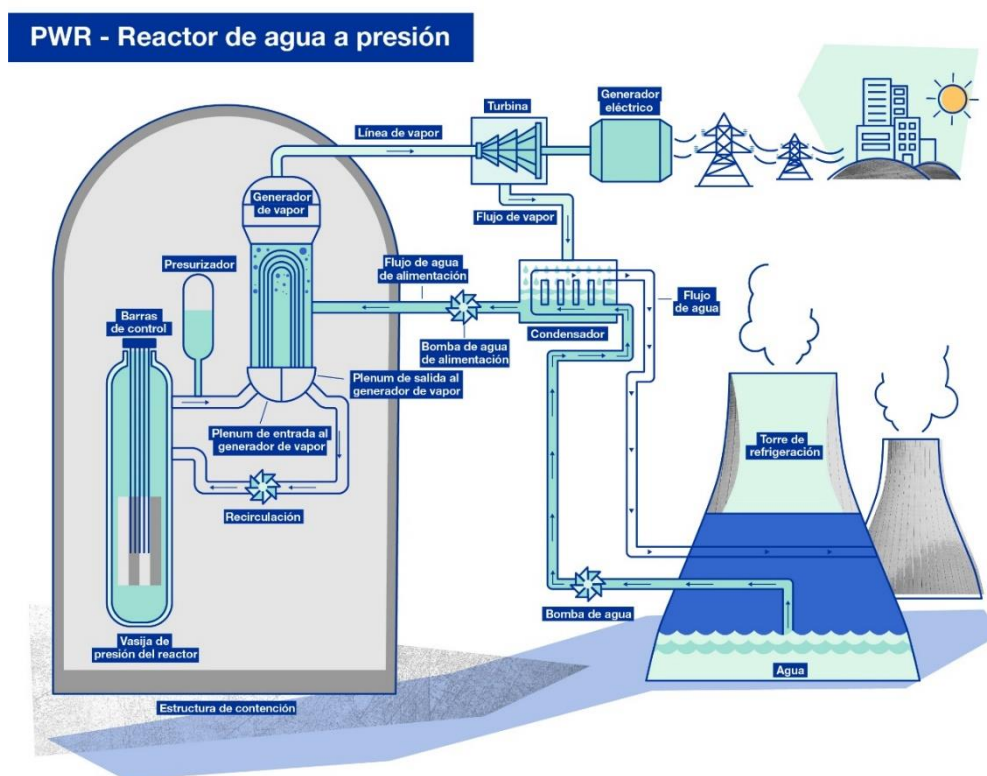


Figura 7-7. Reactor de agua a presión [65]



## 7.2.2. Planta de reactor de agua en ebullición (BWR)

El vapor se produce directamente dentro de la vasija del reactor. En este tipo de centrales nucleares, el agua circula en estado líquido y a muy alta presión por el llamado “circuito primario” por medio de unas bombas que la impulsan a través del núcleo del reactor donde se calienta antes de dirigirse a los generadores de vapor. La presión del circuito primario se mantiene gracias a un elemento denominado “presionador” cuyo objetivo es evitar la formación de vapor dentro de este circuito. En estas instalaciones, las barras de control están situadas en la parte superior de la vasija del reactor. En caso de ser necesaria la parada rápida del reactor, ésta se produce por la inserción de las barras de control por acción de la gravedad, al liberarse los mecanismos electromagnéticos de sujeción de las mismas.

El agua líquida a alta temperatura que sale de la vasija del reactor circula a través de los tubos del circuito primario atravesando los generadores de vapor. Dentro de los generadores de vapor, por el exterior de estos tubos circula el agua del circuito secundario, de manera que el agua a alta temperatura del circuito primario calienta el agua del circuito secundario hasta convertirla en vapor. Posteriormente, el vapor se dirige por los tubos del circuito secundario a la turbina, donde se expande haciéndola girar. El giro de la turbina se transmite al generador eléctrico, que es el componente en el que se produce la electricidad, la cual se envía al parque de transformación y, desde allí, a la red eléctrica exterior.

Como en cualquier central térmica, el vapor que sale de la turbina sigue estando muy caliente, por lo que es necesario condensarlo para su retorno al ciclo de agua/vapor. Esta condensación se hace gracias a un tercer circuito exterior de refrigeración que utiliza un gran caudal de agua fría que circula por el interior de los tubos del condensador. El agua fría que circula por los tubos del circuito de refrigeración se calienta a su paso por el condensador y posteriormente se enfría de nuevo mientras los tubos atraviesan lo que se conoce como “sumidero de calor” de la central (río, mar o torres de refrigeración). El vapor que se ha condensado al contacto con los tubos del condensador es impulsado para ser precalentado antes de su envío de nuevo a los generadores de vapor. La presión en el condensador es menor que la de los tubos del circuito de refrigeración exterior que lo atraviesan, por lo que en caso de producirse una fisura en los tubos sería el agua de dicho circuito la que se fugaría hacia el condensador y no a la inversa, evitando así posibles escapes al medio ambiente. [68]

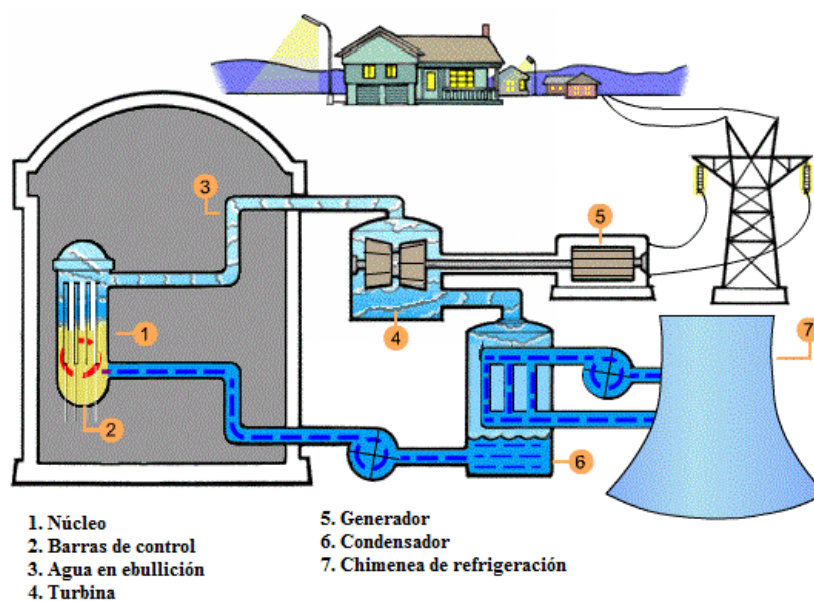


Figura 7-8. Reactor de Agua en Ebullición [69]

En resumen, el principio de funcionamiento de una central nuclear es análogo al de una central térmica convencional (de carbón, fuel o gas) y consiste en transformar la energía térmica liberada por un combustible en energía mecánica, y ésta en energía eléctrica. El calor producido en el reactor de la central calienta agua hasta generar vapor a alta presión y temperatura. Posteriormente, este vapor acciona una turbina acoplada a un generador eléctrico, que transforma la energía mecánica del giro de la turbina en energía eléctrica. Aunque este principio básico de funcionamiento es relativamente sencillo, la tecnología aplicada es de una gran complejidad debido a los fenómenos físicos que se ponen en juego, las grandes potencias alcanzadas, los requisitos técnicos y las estrictas medidas de seguridad necesarias para garantizar, en todo momento, tanto la seguridad de los trabajadores y de la población como la protección del medio ambiente.

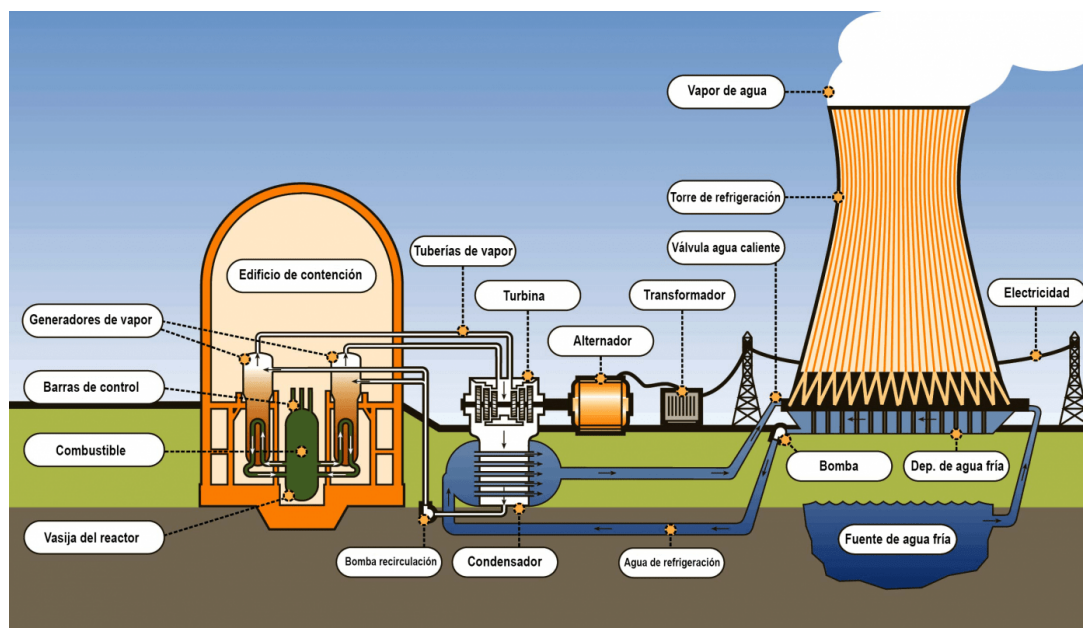


Figura 7-9. Principales Componentes de una Central Nuclear [70]

Las centrales nucleares, en comparación con las plantas que queman combustibles fósiles, emiten considerablemente menos gases de efecto invernadero debido a su proceso de generación de electricidad que no involucra la combustión de carbono. Aunque durante su operación normal pueden liberar pequeñas cantidades de gases radiactivos, como el criptón y el yodo, estas emisiones son rigurosamente controladas para mantenerse dentro de límites seguros. Sin embargo, la gestión de los residuos radiactivos sigue siendo un desafío importante, y garantizar su almacenamiento seguro a largo plazo es crucial para prevenir la contaminación ambiental y los riesgos para la salud pública. [69]

### 7.3. CENTRAL CONVENCIONAL TÉRMICA DE CARBÓN

Las centrales eléctricas alimentadas con carbón han sido una fuente tradicional e importante de generación de electricidad en todo el mundo durante más de un siglo. Estas plantas convierten la energía química almacenada en el carbón en energía eléctrica utilizable mediante un proceso de combustión controlada. A pesar de su importancia histórica, las centrales eléctricas alimentadas con carbón han sido objeto de un intenso escrutinio por su impacto ambiental, particularmente en lo que respecta a las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes del aire.

El transporte se realiza normalmente por barco, camiones o tren. Si la planta está ubicada en un puerto marítimo, existe la opción de instalar una torre de descarga que trasvase el carbón directamente a los tanques de almacenamiento de la planta. Sin embargo, la mayoría de las centrales térmicas requieren ramales ferroviarios para descargar el carbón y equipos especialmente preparados para transportar el combustible a los tanques de almacenamiento. El almacenamiento y manipulación de las grandes cantidades de carbón que requieren las centrales térmicas requiere una planificación cuidadosa para evitar posibles interrupciones operativas. La limpieza y el procesamiento del carbón implican una amplia gama de operaciones, desde la trituración inicial, el cribado, la eliminación y clasificación de materiales extraños hasta procesos más complejos para eliminar cenizas, azufre y humedad.

En las centrales térmicas que utilicen carbón como combustible, el carbón podrá triturarse o pulverizar antes de la combustión. Durante la pulverización, el carbón se convierte en un polvo muy fino (menos de 1/10 mm de diámetro) y se inyecta en la cámara de combustión del generador de vapor mediante un quemador especial que facilita la mezcla con el aire de combustión. El carbón pulverizado permite un mejor y más sencillo control de la combustión. La pulverización también tiene el beneficio adicional de utilizar desechos y combustible que rara vez se utilizan. Éstos deberán estar equipados con un dispositivo de separación de las cenizas generadas durante la combustión y liberadas al exterior. [71]

Las partes de una central térmica de carbón son las siguientes:

- Sistema de Almacenamiento de Carbón: Esta parte de la central térmica incluye instalaciones para recibir, almacenar y manipular el carbón antes de que se utilice en el proceso de generación de energía. Puede consistir en patios de carbón al aire libre, sistemas de transportadores y equipos de manipulación, como apiladoras y recuperadoras.
- Sistema de Manejo de Carbón: El carbón almacenado se mueve a través de este sistema para ser procesado y alimentado a la caldera. Incluye transportadores de carbón, trituradoras que reducen el tamaño del carbón a un tamaño adecuado para su combustión, y sistemas de pulverización que convierten el carbón en polvo fino antes de la combustión.
- Sistema de Combustión: En esta etapa, el carbón pulverizado se quema en la caldera para generar calor. La caldera es el corazón de la central térmica y puede tomar varias formas, como calderas de lecho fluidizado, calderas de carbón pulverizado o calderas de lecho de carbón. Aquí, el calor generado convierte el agua en vapor a alta presión y temperatura.
- Sistema de Alimentación de Agua y Vapor: Este sistema suministra agua a la caldera para convertirla en vapor. Incluye bombas de agua de alimentación que transfieren agua desde depósitos de agua de alimentación a la caldera, así como sistemas de precalentamiento para mejorar la eficiencia al calentar el agua antes de entrar en la caldera.
- Turbina de Vapor: El vapor de alta presión y alta temperatura generado en la caldera se dirige hacia la turbina de vapor. La turbina convierte la energía térmica del vapor en energía mecánica al hacer girar un eje conectado a un generador eléctrico.
- Generador Eléctrico: La energía mecánica producida por la turbina se convierte en energía eléctrica en el generador eléctrico. Aquí es donde se genera la electricidad que será transmitida a través de la red eléctrica para su distribución a los consumidores.
- Sistema de Refrigeración: Después de pasar por la turbina, el vapor se enfría y se condensa de nuevo en agua en el sistema de refrigeración. Este sistema puede utilizar agua de ríos, lagos u otros cuerpos de agua para enfriar el vapor. El agua caliente puede ser devuelta al cuerpo de agua o reciclada para su reutilización en la caldera.

- **Sistemas de Control y Seguridad:** Estos sistemas incluyen controles automáticos y manuales para monitorear y regular el funcionamiento de la central térmica, asegurando la seguridad y eficiencia de las operaciones. También pueden incluir sistemas de detección de incendios, sistemas de extinción de incendios y sistemas de protección ambiental para controlar las emisiones de contaminantes.

Cada una de estas partes desempeña un papel crucial en el funcionamiento de una central térmica de carbón, desde la manipulación y combustión del carbón hasta la generación de electricidad y el control de emisiones. [71]

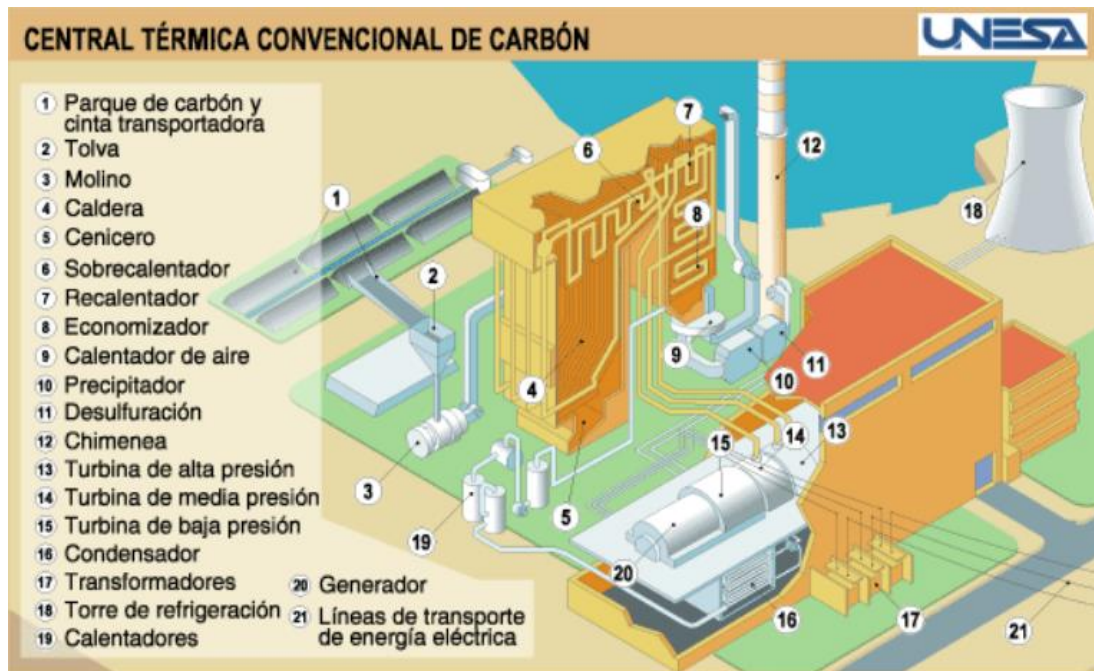


Figura 7-10. Representación esquemática de una Central Térmica de Carbón.

El proceso para generar electricidad a partir del carbón es el siguiente:

1. **Almacenamiento y Manipulación del Carbón:** El proceso comienza con el almacenamiento del carbón en la central térmica. El carbón puede llegar en forma de bloques grandes o en polvo, dependiendo de su tipo y calidad. Luego, el carbón se manipula y se transporta a través de sistemas de cintas transportadoras y equipos como trituradoras y molinos para reducir su tamaño y convertirlo en polvo fino. Esto facilita su combustión y aumenta la eficiencia del proceso.
2. **Combustión del Carbón:** El carbón pulverizado se introduce en la caldera, donde se quema en un proceso de combustión controlada. En la caldera, el calor liberado durante la combustión se utiliza para calentar agua y convertirla en vapor a alta presión y temperatura. La caldera puede utilizar diferentes tecnologías, como la caldera de carbón pulverizado, la caldera de lecho fluidizado o la gasificación integrada en ciclo combinado (IGCC), dependiendo del diseño y la configuración de la central térmica.
3. **Generación de Vapor:** El vapor generado en la caldera se dirige hacia la turbina de vapor. El vapor a alta presión y temperatura hace girar las aspas de la turbina, convirtiendo la energía térmica en energía mecánica. La turbina está conectada a un eje que a su vez está conectado a un generador eléctrico.

4. Generación de Electricidad: El movimiento rotatorio de la turbina se transfiere al generador eléctrico, donde se convierte en energía eléctrica. El generador produce corriente alterna (CA), que luego se transforma y se transmite a través de la red eléctrica para su distribución a los consumidores.
5. Refrigeración y Condensación: Después de salir de la turbina, el vapor se enfría y se condensa nuevamente en agua en el sistema de refrigeración. Este proceso de condensación libera calor, que a menudo se disipa en el medio ambiente utilizando torres de refrigeración o sistemas de enfriamiento por agua. El agua condensada se recoge y se devuelve al sistema de alimentación de agua para su reutilización en la caldera.
6. Tratamiento de Emisiones: Durante el proceso de combustión, se generan diversos contaminantes, como dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas sólidas. Las centrales térmicas de carbón suelen estar equipadas con sistemas de control de emisiones, como precipitadores electrostáticos, desulfuración de gases de combustión y tecnologías de reducción catalítica selectiva (SCR), para reducir estas emisiones y cumplir con los estándares ambientales.

Este proceso se repite continuamente para mantener la producción de electricidad en la central térmica. Sin embargo, las centrales térmicas de carbón son una importante fuente de contaminación atmosférica, del agua y del suelo, así como un factor significativo en el cambio climático y sus impactos asociados en la salud humana y el medio ambiente.

- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): La quema de carbón en las centrales térmicas es una de las principales fuentes antropogénicas de CO<sub>2</sub>. Este gas es el principal contribuyente al calentamiento global y al cambio climático, ya que atrapa el calor en la atmósfera, provocando un aumento de la temperatura global.
- Emisiones Atmosféricas Contaminantes:
  - Óxidos de Azufre (SOx): Durante la combustión del carbón, el azufre presente en el carbón se oxida y forma SOx. Estos compuestos contribuyen a la formación de la lluvia ácida, dañando los ecosistemas acuáticos, los suelos y las estructuras de construcción.
  - Óxidos de Nitrógeno (NOx): Se forman a partir de la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno a altas temperaturas durante la combustión. Los NOx son precursores del ozono troposférico y contribuyen a la formación de la contaminación del aire, el smog y la lluvia ácida.
  - Partículas Sólidas (PM): La combustión del carbón también libera partículas sólidas finas en el aire, conocidas como material particulado (PM). Estas partículas pueden causar problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares y contribuir a la formación de smog y niebla.
- Contaminación del Agua:
  - Descarga de Aguas Residuales: Las centrales térmicas pueden liberar agua caliente utilizada en los procesos de enfriamiento en cuerpos de agua cercanos, lo que puede alterar los ecosistemas acuáticos y afectar la vida marina.
  - Liberación de Cenizas y Residuos: Las cenizas volantes y los residuos sólidos generados durante la combustión del carbón pueden contaminar los cuerpos de agua si no se manejan adecuadamente, liberando metales pesados y otros contaminantes.
- Impactos en la Salud Humana: La contaminación atmosférica y del agua generada por las centrales térmicas de carbón puede tener graves impactos en la salud humana, incluyendo problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, cáncer y afecciones neurológicas.

- Cambio Climático e Impactos Ambientales: El CO<sub>2</sub> liberado por las centrales térmicas de carbón contribuye al cambio climático, provocando efectos como el aumento de la temperatura global, el derretimiento de los glaciares, el aumento del nivel del mar y la acidificación de los océanos.

En España, por ejemplo, la central térmica de Carboneras emite diariamente, según el PRTR (Registro Estatal de Emisiones), los siguientes gases de efecto invernadero: 2.211 kg al día de CO, 17.888 kg de NO<sub>x</sub> y 12.611.111 kg al día de CO<sub>2</sub>, además de arsénico, mercurio, azufre, zinc, cadmio, cobre, níquel y plomo. Ésta es la tercera central térmica que expulsa más emisiones contaminantes en el país. Lejos de disminuir, sus emisiones han aumentado un 14.3%, llegando a emitir 6.27 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año. [72]



Figura 7-11. Central eléctrica de Belchatów.

A nivel mundial, la central eléctrica de Belchatow es una gran central eléctrica alimentada con lignito con una capacidad de 5.354 MW ubicada cerca de Belchatow en Lodz, Polonia. Es la central térmica más grande de Europa y la segunda más grande del mundo. La central produce entre 27 y 28 TWh de electricidad al año, lo que representa el 20% de la producción energética total de Polonia. La fábrica es propiedad y está operada por PGE GIEK Oddział Elektrownia Bełchatów, una filial de Polska Grupa Energetyczna. En 2011 se puso en marcha un nuevo bloque de 858 MW, aumentando la capacidad instalada total a 5.053 MW. La nueva unidad tiene una eficiencia de aproximadamente el 42%, lo que ayuda a reducir el consumo de combustible y las emisiones en comparación con las unidades existentes.

Esta unidad fue fabricada por Alstom. Alstom también modernizó los componentes de baja presión de 12 turbinas. El 8 de abril de 2009, PGE y Alstom firmaron un acuerdo para modernizar el área minera. Actualmente se están modernizando más bloques y la capacidad instalada se fija en 5.474 MW. Sin embargo, en abril de 2014, la Comisión Europea clasificó la central eléctrica de Belchatów como la central eléctrica con mayor impacto climático de la Unión Europea, con emisiones de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 37,2 millones de toneladas en 2013. El informe de la AEMA estima los daños a la instalación en 5.997 millones de euros. [72]

## 7.4. CENTRAL CONVENCIONAL TÉRMICA DE BIOMASA

Las centrales eléctricas alimentadas con biomasa generan energía eléctrica quemando materiales de origen vegetal como madera y papel. Sin embargo, también se pueden utilizar otros materiales orgánicos para generar electricidad, como desechos humanos o plantas destinadas a este fin. La biomasa es toda la materia orgánica susceptible de ser utilizada como fuente de energía. Dado que la biomasa es una fuente de energía casi inagotable, se considera un método de energía renovable. Tres grupos pueden categorizar la biomasa:

- Biomasa natural: Es la que se produce en la naturaleza sin la intervención humana.
- Biomasa residual: Son los residuos orgánicos que provienen de las actividades de las personas (residuos sólidos urbanos (RSU) por ejemplo).
- Biomasa producida: Son los cultivos energéticos, es decir, campos de cultivo donde se produce un tipo de especie concreto con la única finalidad de su aprovechamiento energético. [73]

El proceso para generar electricidad a partir de la energía química contenida en una determinada cantidad de biomasa y centrado de acuerdo con el presente trabajo en energía térmica, es la siguiente:

1. **Recolección y Preparación de Biomasa:** El proceso comienza con la recolección de la biomasa, que puede incluir residuos agrícolas, forestales, desechos municipales o cultivos energéticos. Estos materiales orgánicos se someten a un proceso de preparación que puede incluir trituración, secado y clasificación para garantizar su calidad y uniformidad.
2. **Combustión Controlada:** La biomasa preparada se introduce en la caldera de la central térmica, donde se lleva a cabo la combustión controlada. En este proceso, la biomasa se quema en presencia de oxígeno para generar calor. La temperatura en la caldera puede superar los 1000°C, lo que permite una combustión eficiente y completa de la biomasa.
3. **Generación de Vapor:** El calor producido durante la combustión se utiliza para calentar agua y producir vapor a alta presión. Este vapor se genera en un intercambiador de calor ubicado dentro de la caldera, donde el agua circula a través de tubos rodeados por gases calientes generados por la combustión de biomasa.
4. **Impulsión de Turbinas:** El vapor a alta presión generado en la caldera se dirige hacia las turbinas, que están conectadas a generadores eléctricos. El vapor expande las palas de la turbina, lo que genera un movimiento rotativo que hace girar el eje de la turbina a alta velocidad.
5. **Generación de Electricidad:** El movimiento rotativo del eje de la turbina se transfiere al generador eléctrico, donde se convierte en electricidad. El generador consta de un rotor y un estator que interactúan para producir corriente eléctrica a través del principio de inducción electromagnética.
6. **Condensación y Recirculación de Agua:** Después de pasar por las turbinas, el vapor se enfría y se condensa nuevamente en agua en un condensador. Esta agua condensada se recircula nuevamente hacia la caldera para ser calentada y convertida nuevamente en vapor, cerrando así el ciclo de vapor.
7. **Control y Monitoreo:** Durante todo el proceso, se lleva a cabo un control y monitoreo continuo de las condiciones operativas de la central térmica, incluida la temperatura, presión, flujo de combustible y emisiones. Se utilizan sistemas de control avanzados para garantizar una operación segura y eficiente de la planta.

En la figura 7-12, se puede ver al detalle los equipos y sistemas que conforman una central termoeléctrica de biomasa.

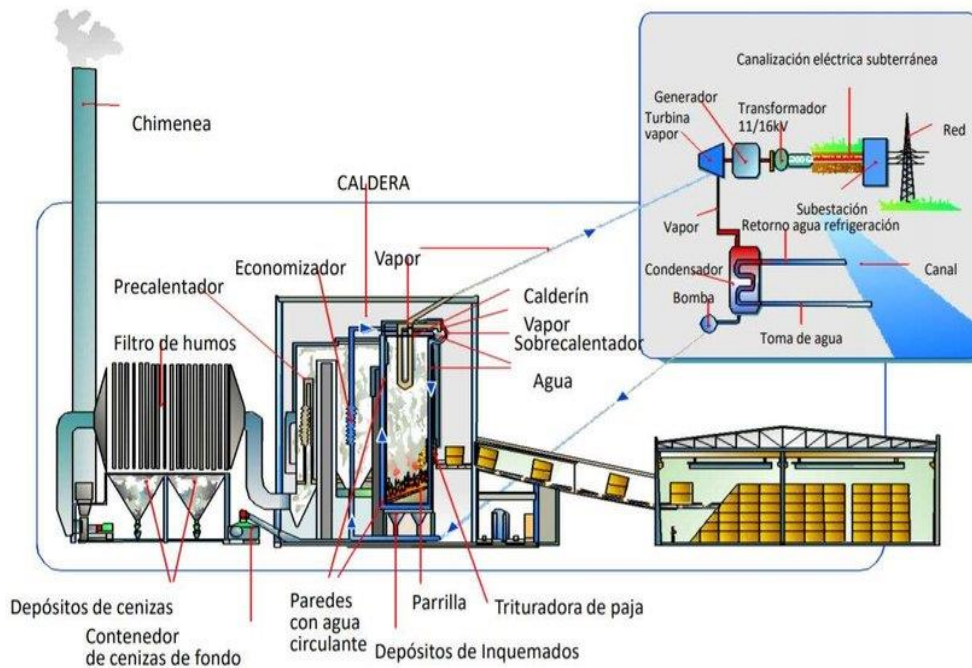


Figura 7-12. Equipos y sistemas de una central de Biomasa. [74]

Como ya hemos observado, la caldera es el componente principal y el núcleo de cualquier planta de biomasa, y existen varios tipos de calderas según la tecnología utilizada. Las siguientes son las más comunes:

- **Caldera de parrillas:** Aproximadamente el 90% de las calderas de este tipo se encuentran en el mercado. Son económicos en el mercado y fáciles de manejar, pero son extremadamente rigurosos con las condiciones de humedad y granulometría de la biomasa a quemar. Su funcionamiento es bastante sencillo. Se basan en que la biomasa se mueva a través de varias parrillas donde se llevará a cabo la combustión. Se distinguen parrillas móviles, fijas y mixtas según el tipo de avance. La parrilla viajera, que utiliza cintas rotativas, es la más común en los móviles. Es esencial calcular con precisión la cantidad de tiempo que la biomasa debe permanecer sobre la parrilla para que se quemé completamente. Nos encontramos con parrillas escalonadas o inclinadas entre las que se encuentran en forma fija. Mientras que algunos sistemas combinados utilizan la vibración para facilitar el avance de la biomasa. Por otro lado, mientras la biomasa pasa por las parrillas, se distinguen tres etapas. En primer lugar, la biomasa se seca, lo que evapora el agua contenida dentro de ella. La segunda etapa es la combustión principal. Y en la última etapa, las partículas quemadas o quemados se queman a temperaturas más altas. Si quedan cenizas, se guardan en un depósito para cenizas. Es crucial señalar que, en este tipo de calderas, la inyección de aire primaria ocurre por la parte inferior de las parrillas. Este aire principal actúa como comburente y refrigera la parrilla. Además, hay una inyección de aire secundario por encima, lo que facilita la combustión de los volátiles.
- **Caldera de lecho fluidizado:** En este tipo de calderas se agrega a la biomasa una sustancia inerte, como la arena. Además, se inyecta una corriente de aire ascendente para crear partículas en suspensión que tienen un comportamiento parecido al de un líquido. Es por eso por lo que se le conoce como caldera de lecho fluidizado. La capacidad de mantener una temperatura uniforme en la cámara es otra ventaja de este tipo de calderas. Estas calderas queman combustibles difíciles o de baja densidad energética. En estos casos, la biomasa puede permanecer en la cámara de combustión durante la



cantidad de tiempo necesaria. Debido a esto, ofrecen una buena funcionalidad, pero resultan difíciles de manejar y su costo es superior al de las tecnologías de parrilla. Las calderas de lecho fluidizado se dividen en dos tipos principales según la velocidad con la que se inyecte el aire ascendente.

- Lecho Burbujeante: La superficie del lecho queda clara y visible porque funcionan con una velocidad baja de aire inyectado. La combustión ocurre hasta que la biomasa en forma de cenizas se reduce en densidad y cae al fondo de la caldera. La combustión de biomasa con alto contenido de humedad y bajo poder calorífico es ideal con esta técnica.
- Lecho Circulante: Debido a que son las calderas más comunes en las centrales de carbón convencionales, estas calderas se pueden considerar una tecnología conocida y estabilizada. Presentan el requisito de que el combustible tenga una humedad inferior al 15% y se pulverice muy bien en partículas muy finas con un tamaño máximo de 5 mm. El arrastre de una corriente de aire proporciona combustible a la caldera. Una vez en la caldera, se pueden colocar múltiples quemadores a diferentes alturas. Además, se distinguen tres áreas de combustión específicas. La primera es la llama principal, donde se produce la combustión principal. La llama secundaria es la segunda área donde la temperatura es más baja y se agrega aire secundario para que la llama continúe quemándose. Finalmente, los volátiles se queman en los lugares más lejanos de los quemadores.

La mayor planta de biomasa es la de Ironbridge, Cuenta con una capacidad de 740 MW, situada en el valle de Severn en el Reino Unido, es la central eléctrica de biomasa pura más grande del mundo. Hace varios años, la central eléctrica funcionaba como central eléctrica de carbón con una potencia instalada de 1,000 MW, pero en 2013 se reconvirtió junto con dos bloques de centrales eléctricas para generar energía a partir de biomasa. Actualmente, la fábrica es propiedad de la empresa británica E. ON, que también utiliza pellets de madera para producir energía. [75]



Figura 7-13. Ironbridge. 740 MW. Reino Unido.

La biomasa es la única fuente de energía que puede garantizar un buen equilibrio de CO<sub>2</sub>, siempre que se produzca de forma renovable y sostenible. Esto ocurre cuando los recursos se consumen más lentamente que la capacidad de la tierra para regenerarse. De esta manera, los materiales orgánicos pueden almacenar más CO<sub>2</sub> durante el crecimiento del que liberan durante la combustión, sin aumentar las concentraciones de CO<sub>2</sub>.

El potencial energético de la Tierra es suficiente para satisfacer todas las necesidades energéticas, pero no puede explotarse plenamente porque es necesario explotar los recursos forestales a gran escala de forma sostenible. Limitar el consumo por debajo de la capacidad regenerativa reduce significativamente la energía neta producida, lo que conduce al agotamiento de los recursos y a efectos nocivos para el medio ambiente. El resultado sería la deforestación y un aumento significativo de las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que contribuiría al cambio climático. [76]

## 8. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO

La elaboración de este documento se fundamenta en una investigación previa realizada en el marco de un trabajo de fin de máster centrado en el ámbito de las energías renovables. Como se ha detallado en el alcance, la meta es ampliar la cobertura a diversas fuentes de energía. Se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de la metodología empleada en la investigación anterior y se ha adaptado para su aplicación en el contexto de las centrales convencionales de energía, siempre priorizando el espíritu inicial del trabajo: agilizar los estudios de impacto ambiental.

Los principales problemas al hacer un estudio de impacto ambiental (EIA) incluyen la limitada cantidad de datos durante la fase de estudio, la revisión del EIA al final del proyecto, la falta de actualización del EIA, la redacción técnica poco amigable, la ausencia de estudios de campo y la carencia de información detallada en ciertos aspectos del EIA. Estos factores pueden afectar la efectividad y la toma de decisiones informada sobre el impacto ambiental de un proyecto. Es fundamental abordar estas limitaciones para mejorar la calidad y la integridad de los estudios de impacto ambiental. En ese sentido toda guía y estandarización mitiga los problemas mencionados. [77]

La implementación de una metodología eficiente aplicada a estudios de impacto ambiental ofrece una serie de ventajas sustanciales que impactan directamente en la calidad y productividad del trabajo. A continuación, se detallan algunas de las ventajas clave de adoptar y seguir una metodología para mejorar la eficiencia en EIA:

- **Organización y estructura:** Una metodología proporciona una estructura organizativa que guía la ejecución de tareas de manera ordenada. Establecer un marco estructurado facilita la comprensión de los procesos y contribuye a mantener un enfoque claro y coherente en cada etapa del estudio.
- **Claridad en los procedimientos:** Al seguir una metodología, se definen claramente los procedimientos y pasos a seguir en cada fase del proyecto. Esto reduce la ambigüedad y minimiza la posibilidad de malentendidos, asegurando que todos los miembros implicados en el estudio de impacto ambiental estén alineados con los objetivos y las expectativas.
- **Mejora en la toma de decisiones:** La metodología proporciona un marco que facilita la toma de decisiones informadas. La estructura y la planificación anticipada permiten evaluar las opciones de manera más efectiva, minimizando los riesgos y optimizando los resultados finales.
- **Consistencia en la calidad del trabajo:** Al seguir una metodología, se establecen estándares de calidad para cada etapa del proceso. Esto asegura que la calidad del

trabajo sea consistente a lo largo del tiempo y que se cumplan los requisitos y expectativas predefinidos.

- Facilita la colaboración: Una metodología clara y compartida proporciona un marco de trabajo común para todos los miembros del equipo. Esto facilita la colaboración, mejora la comunicación interna y fomenta un ambiente de trabajo cohesionado y eficiente.
- Adaptabilidad y mejora continua: Una metodología bien diseñada incluye la capacidad de adaptarse a cambios y la posibilidad de mejoras continuas. Esto permite que el equipo aprenda de las experiencias, ajuste los procedimientos según sea necesario y busque constantemente maneras de perfeccionar su enfoque de trabajo hacia lo que un estudio de impacto ambiental necesita.
- Reducción de errores y riesgos: La aplicación de una metodología reduce la probabilidad de cometer errores significativos. Al seguir procesos estandarizados, se minimizan los riesgos asociados con la falta de coherencia y se mejora la precisión en la ejecución de tareas.
- Enfoque en los resultados: La metodología establece, en medida de lo posible, objetivos claros y resultados medibles. Esto ayuda a mantener un enfoque constante en los resultados finales, lo que a su vez motiva al equipo profesional.
- Eficiencia operativa a largo plazo: Implementar y seguir una metodología eficiente no solo mejora la eficiencia a corto plazo, sino que también contribuye a una eficiencia operativa a largo plazo. El aprendizaje y la optimización continua se traducen en un rendimiento sostenible y mejorado con el tiempo.

En resumen, la implementación de una metodología estandarizada en estudios de impacto ambiental ofrece una ventaja significativa al proporcionar una guía estructurada y coherente para abordar los desafíos ambientales. Esta metodología no solo establece pasos claros y procesos bien definidos, sino que también asegura la consistencia en la evaluación de impacto ambiental. La estandarización facilita la comprensión y aplicación de la metodología por parte de los profesionales, promoviendo una ejecución eficiente y una mayor confiabilidad en los resultados. Además, al seguir una guía establecida, se mejora la comparabilidad entre diferentes proyectos y se facilita la toma de decisiones informada para mitigar impactos negativos en el medio ambiente. [78] Por ello, este capítulo tiene como propósito ofrecer una descripción pormenorizada de los pasos que se han seguido a lo largo del desarrollo de este trabajo, proporcionando así un enfoque detallado sobre la evolución del proyecto.

## 8.1. DESCRIPCIÓN DE FASES Y TAREAS

En una primera fase del proyecto, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las centrales convencionales de energía y su entorno operativo, con un enfoque particular en el contexto español. Este paso inicial se orientó hacia la contextualización de los tipos específicos de centrales que requerían un análisis detallado. Tras la recopilación de documentación relevante, se procedió a la priorización de las centrales detalladas en el capítulo 7, considerando su significativa contribución diaria al sistema eléctrico del país. Cabe señalar que, a pesar de esta priorización, la central térmica de biomasa también fue incluida en el estudio para ofrecer una perspectiva más completa sobre las centrales que emplean el enfoque térmico y la combustión de materia prima. La elección de la central térmica de biomasa se justifica no por su relevancia en la contribución energético/eléctrica, sino por su consideración como fuente de energía renovable, lo cual enriquece el continuo desarrollo de la metodología aplicada en este estudio.

En la etapa subsecuente del proyecto, se procedió a investigar minuciosamente el procedimiento de la realización de un estudio de impacto ambiental específicamente destinado a centrales térmicas. Utilizando como punto de partida el capítulo 6 de este trabajo, se logró obtener una comprensión detallada sobre la información relevante al seleccionar datos de la bibliografía especializada en las centrales que estaban siendo objeto de estudio. Además, al tomar como referencia el trabajo de fin de máster previo focalizado en el ámbito de las energías renovables, se facilitó la comparación de los distintos capítulos de los estudios de impacto ambiental. Esto permitió identificar áreas específicas en las que la metodología desarrollada podría ser aplicada con eficacia, asegurando la obtención de resultados coherentes y alineados con las mejores prácticas en la evaluación de impacto ambiental. Este enfoque comparativo fortaleció la robustez del proceso metodológico, garantizando su adaptabilidad y relevancia para el análisis específico de las centrales térmicas convencionales en estudio.

En la tercera fase, se llevó a cabo una exhaustiva investigación en diversos medios académicos, focalizándose principalmente en recursos disponibles en internet y textos oficiales relacionados con estudios de impacto ambiental en centrales de energía convencionales. Este proceso se fue una tarea de considerable complejidad e inversión de tiempo, dado que la información requerida no se encontraba de manera explícita o accesible para el público en general. Fue necesario explorar textos en varios idiomas, consultar publicaciones oficiales y acceder a trabajos de investigación de diversas universidades a nivel global. Aunque el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico brindó una valiosa contribución para las centrales convencionales de gas y gasóleo, se enfrentó el desafío de obtener información más detallada para las otras tres centrales contempladas en este estudio en otras fuentes de información, lo cual demandó un extenso esfuerzo de investigación. El resultado de este proceso se tradujo en la obtención de los anexos 1 (acciones) y 2 (medidas correctoras), cada uno acompañado de su bibliografía correspondiente.

En la cuarta fase, se tomó de base la metodología Excel aplicada en el anterior trabajo de fin de máster para aplicarlo a centrales convencionales térmicas. En ese sentido, se realizaron cuatro archivos Excel, uno para cada tipo de central analizada. En esta fase, también se hicieron mejoras en la metodología que favorecen a la estandarización sin modificar la columna vertebral y base de esta. Dichas mejoras se detallarán en el apartado 8.3. donde se describe la solución propuesta. La parte más trabajosa fue la interacción de las tablas de doble entrada donde se deben realizar un análisis de las relaciones que hay entre los 125 sub-factores y las acciones y medidas correctoras de cada tipo de central estudiada; se ha contabilizado que en total se hicieron 84750 relaciones en estas tablas; en un promedio de 3 segundos por interacción, se puede calcular que en promedio se ha invertido 70 horas de trabajo; considerando el tiempo aproximado de la realización total de cada Excel, se puede concluir que esta fase requirió de 80 horas netas.

Nº INTERACCIONES	CCT Gas	CCT Nuclear	CCT Carbón	CT Biomasa
Nº Acciones	92	67	72	72
Nº Medidas Correctoras	137	65	109	64
Nº Sub factores	125	125	125	125
Interacciones entre Sub factor y Acciones	11500	8375	9000	9000
Interacciones entre Sub factor y Medidas Correctoras	17125	8125	13625	8000
Interacciones en cada Central Térmica	28625	16500	22625	17000
<b>Suma total de interacciones</b>	<b>84750</b>			

\* CCT: Central Térmica Convencional

Figura 8-1. Número de interacciones en las hojas Excel realizadas en el trabajo.

Para la quinta y fase final, se ha elaborado el presente documento que sirve como culminación de los conocimientos adquiridos durante el periodo de estudio. Además, la redacción se ha priorizado para que la mayoría de las personas con interés en estudios de impacto ambiental y problemática actual del medio ambiente, pueda entenderla. En ese sentido se ha brindado una estructura lógica para el lector y se intenta contribuir con resultados y conclusiones provechosas para futuras investigaciones o aplicaciones del método practicado para centrales convencionales.

## 8.2. DIAGRAMA DE GANTT/CRONOGRAMA

En el análisis cronológico se observa que, desde la fecha de inicio del trabajo, el 10 de noviembre de 2023, hasta la fecha de conclusión el 29 de febrero de 2024, han transcurrido un total de 109 días. Durante este período, se ha mantenido una dedicación constante al proyecto, con un promedio de tres horas diarias de trabajo. Cabe destacar que los fines de semana han sido momentos en los que se ha intensificado el esfuerzo, reflejándose en una mayor cantidad de horas laboradas en comparación con los días hábiles (no están considerados como días efectivos en el diagrama). Esta jornada constante y dedicada ha acumulado aproximadamente 315 horas de trabajo en la realización de este proyecto de fin de máster, subrayando la consistencia y el compromiso dedicado al logro de los objetivos establecidos.

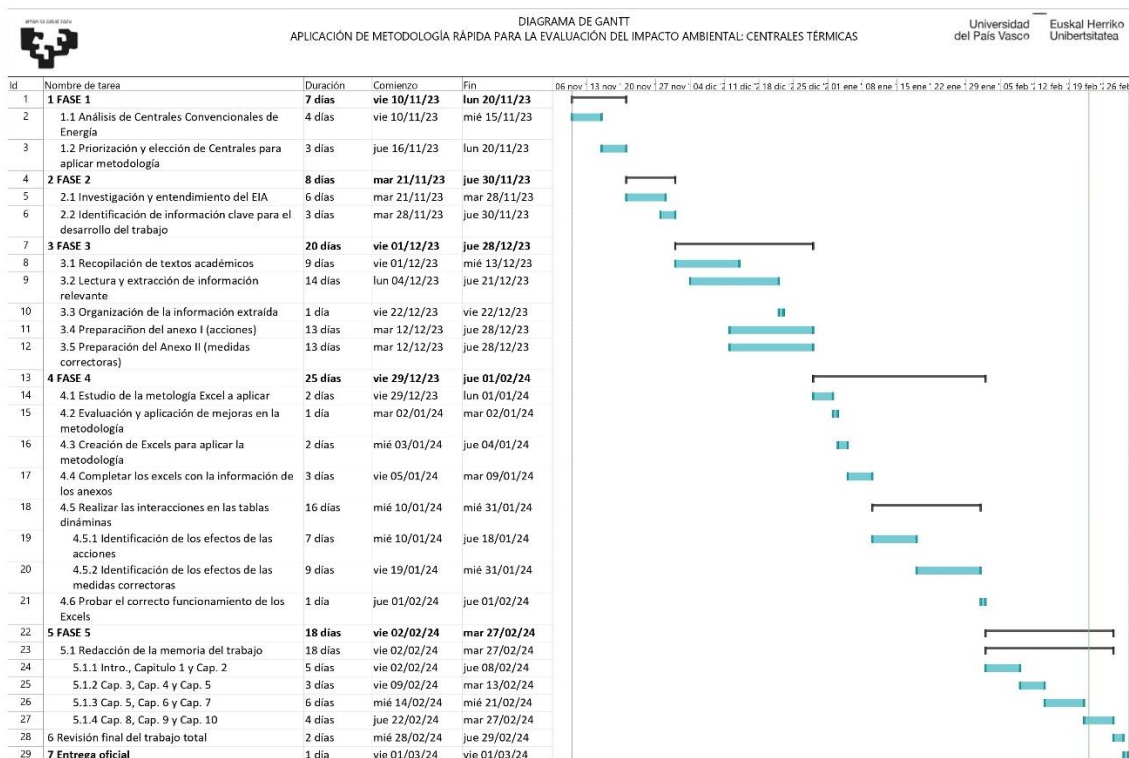


Figura 8-2. Diagrama de Gantt del desarrollo del trabajo de fin de máster.

### 8.3. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

La propuesta de solución se ha centrado en el estudio denominado "Desarrollo de una metodología rápida para la evaluación del impacto ambiental", al cual se ha hecho referencia en múltiples ocasiones a lo largo de esta investigación. Este documento está disponible públicamente y se sugiere su estudio detenido, incluyendo los anexos adjuntos, con el fin de profundizar en la comprensión del presente trabajo [79][80]. En este contexto, se ha alineado la metodología con el enfoque de centrales convencionales, implementando ajustes específicos para asegurar su aplicabilidad y eficacia en este tipo particular de instalaciones.

Como se ha detallado en profundidad en el capítulo 7, las centrales analizadas exhiben una similitud en sus procesos operativos, compartiendo componentes esenciales como calderas, turbinas, generadores, compresores, bombas, entre otros elementos fundamentales. Este grado de homogeneidad sugiere la posibilidad de implementar una estandarización en el enfoque de evaluación de impacto ambiental, aprovechando la uniformidad en sus estructuras y operaciones. En este sentido, se plantea la necesidad de identificar las etapas específicas de los estudios de impacto ambiental que pueden ser consolidadas para desarrollar una metodología integral, eficiente y adaptable a las características comunes de estas centrales.

Es principalmente debido a las diferencias que existe entre un emplazamiento y otro que es complicado estandarizar el EIA. Se puede agrupar los emplazamientos por zonas o características comunes que permitan homogeneizar principalmente el impacto cualitativo y cuantitativo con cierto grado de certeza. Lo mencionado puede dar pie a una estandarización completa y adecuada para cada tipo de fuente de energía; sin embargo, este trabajo tiene por finalidad abarcar las fuentes térmicas convencionales y mejorar la metodología de su evaluación de

manera general. Por ello como primer paso se ha de identificar en qué etapa se puede estandarizar el proceso. El problema principal al tratar de unificar en una sola metodología a procesos muy diferentes es que cada proceso puede tener requisitos, características y desafíos únicos que no pueden ser abordados de manera efectiva por una única metodología. Intentar forzar la unificación podría resultar en la creación de un enfoque bastante genérico y básico que no sea óptimo para ninguno de los procesos individuales. Además, ciertos procesos pueden requerir enfoques especializados y adaptados a su naturaleza específica para lograr resultados exitosos. A continuación, se presenta el producto resultante del proceso de investigación, buscando establecer un marco metodológico que optimice la evaluación/estudio del impacto ambiental. Se ha detallado las dificultades de cada etapa:

- i. La primera etapa del estudio de impacto ambiental (EIA), es difícil de homogeneizar debido a la diversidad de aspectos que debe abordar. Este capítulo suele incluir la justificación y descripción del proyecto, el proceso metodológico del estudio informativo, antecedentes, el ámbito del estudio y el marco general. Sin embargo, la dificultad radica en que cada central (ya sea de gas, nuclear, carbón o biomasa) tiene particularidades únicas que deben ser abordadas en este capítulo, lo que dificulta la homogeneización. Por ejemplo, las centrales nucleares deben incluir aspectos específicos relacionados con la fisión nuclear y la gestión de residuos radiactivos, mientras que las centrales de gas deben abordar temas como la combustión de gas natural y sus impactos asociados.
- ii. La dificultad para estandarizar la etapa dos del estudio de impacto ambiental (EIA) que implica el examen de alternativas del proyecto que resulten ambientalmente más adecuadas y que sean técnicamente viables; radica en la necesidad de evaluar y comparar diversas alternativas desde múltiples perspectivas, incluyendo la viabilidad técnica y la idoneidad ambiental; incluso las variables como los requisitos legales y regulatorios. La complejidad aumenta al tratar de integrar esta evaluación en un marco estandarizado, dada la diversidad de proyectos y contextos en los que se aplicará el EIA [56]. Por ello, esta etapa necesita una base instada de información y experiencia grande; lo cual hoy en día no es posible. Se podría en un siguiente paso sectorizar los emplazamientos para tener metodologías aplicables por sectores. En el capítulo 9 se detallará esta opción de mejora.
- iii. La dificultad para estandarizar el inventario ambiental de centrales convencionales radica en la necesidad de realizar una descripción detallada de los procesos e interacciones ecológicas o ambientales clave, así como en la identificación y valoración de los impactos. Esta tarea implica considerar una amplia gama de factores, desde la calidad del aire y del agua hasta la biodiversidad y los recursos naturales, lo que puede variar significativamente según el tipo y la ubicación de la central. Por lo tanto, la diversidad de aspectos a considerar y las características específicas de cada central dificultan la homogeneización de este proceso y no se puede considerar en esta primera etapa de metodología rápida.
- iv. La dificultad para estandarizar la identificación y valoración de impactos de centrales convencionales radica en la necesidad de evaluar una amplia gama de impactos ambientales, sociales y económicos, que pueden variar significativamente según el tipo y la ubicación de la central. Además, al realizar la valoración de impactos, esta suele ser relativa dependiendo del punto de vista o del experto encargado; por ello, una herramienta estandarizada puede dar resultados no compatibles con la finalidad de la

- valoración de impactos. En resumen, la identificación de impactos sí se puede aplicar a la metodología, pero su valoración resulta complicada de implementar.
- v. La dificultad para estandarizar las medidas preventivas, correctoras y compensatorias de centrales convencionales se debe a la necesidad de adaptar estas medidas a las características específicas de cada proyecto y su entorno. se enfoca en las medidas para prevenir, corregir y compensar los impactos. Este capítulo aborda las medidas propuestas para evitar, minimizar, corregir y compensar los posibles impactos ambientales y socioeconómicos identificados en los capítulos anteriores. La dificultad para homogeneizar este capítulo radica en la necesidad de adaptar las medidas a las particularidades de cada tipo de central y su entorno. Por ejemplo, las medidas para prevenir y corregir impactos en una central nuclear serán diferentes a las de una central de biomasa, debido a las diferencias en los impactos potenciales y en las tecnologías disponibles para mitigarlos. Por lo tanto, la diversidad de impactos a considerar y las características específicas de cada tipo de central dificultan la homogeneización de este capítulo. Sin embargo, la metodología dispone de la información necesaria para clasificarse y orientar al usuario sobre las medidas que debe tener en cuenta; es decir, este paso sí se ha podido incluir en la metodología.
  - vi. El programa de vigilancia y seguimiento ambiental. Este capítulo aborda las medidas propuestas para monitorear y controlar los posibles impactos ambientales y socioeconómicos durante la construcción, operación y cierre de la central. La dificultad para homogeneizar este capítulo radica en la necesidad de adaptar el programa de vigilancia a las particularidades de cada tipo de central y su entorno; al intentar una metodología se estaría logrando el efecto contrario. Por ejemplo, el programa de vigilancia para una central de gas deberá enfocarse en aspectos como la calidad del aire y el ruido, mientras que para una central de biomasa se centrará en el seguimiento de los impactos en el suelo y la flora. Por lo tanto, la diversidad de impactos a considerar y las características específicas de cada tipo de central dificultan la homogeneización de este capítulo.
  - vii. La dificultad de estandarizar la descripción de los efectos adversos significativos del proyecto en el medio ambiente, a consecuencia de la vulnerabilidad del proyecto ante el riesgo de accidentes graves y/o catástrofes relevantes, en relación con centrales convencionales, radica en la necesidad de evaluar y describir de manera detallada y específica los posibles impactos ambientales derivados de situaciones de emergencia o accidentes graves. Esto implica la evaluación de riesgos, las medidas preventivas y correctivas, la normativa aplicable, entre otros. La diversidad de escenarios y riesgos potenciales asociados a diferentes tipos de centrales convencionales dificulta la estandarización de este proceso, ya que cada central puede presentar características y desafíos únicos en términos de su vulnerabilidad ante posibles accidentes o catástrofes relevantes, claro ejemplo es la central nuclear que con mucha diferencia tiene más aspectos de seguridad que el resto de las centrales. Por si ello no fuera suficiente, los propietarios de las centrales o de los proyectos de las centrales tiene sus propias normas y medidas ante los riesgos; muchas de ellas son privadas y requieren que la persona sea trabajadora de la empresa o tenga un vínculo profesional para dicha información.
  - viii. La dificultad para estandarizar la etapa de evaluación ambiental en espacios de la Red Natura 2000 de centrales convencionales radica en la necesidad de considerar las particularidades de estos espacios protegidos. La Red Natura 2000 abarca una amplia diversidad de hábitats y especies, por lo que la evaluación de impacto ambiental debe ser específica para cada ubicación y tipo de central. Esto implica la consideración



detallada de los posibles efectos del proyecto en el medio ambiente, lo que dificulta la estandarización debido a la diversidad de escenarios y características únicas de cada área protegida dentro de la Red Natura 2000 que se extiende en todo Europa.

- ix. Finalmente, para el resumen no técnico lo que se podría hacer es una base modelo o formato guía de la mínima información necesaria en este resumen. No es alcance de este trabajo realizarlo, pero puede ser una futura mejora para un estudio de impacto ambiental.

Luego de describir las dificultades en cada etapa del EIA, también se considera necesario focalizar brevemente las dificultades de tener una metodología cuando hablamos en términos generales de aspectos siempre necesarios cuando se realiza el estudio:

- El medio físico: Este capítulo aborda aspectos como el suelo, el agua, el aire, el ruido, el paisaje, los recursos naturales y el cambio climático, entre otros. La dificultad para estandarizarlos radica en la necesidad de considerar las características específicas de cada tipo de central y su entorno. Por ejemplo, una central nuclear requerirá un análisis detallado de los posibles impactos en el agua y el aire asociados a la refrigeración y a la gestión de residuos radiactivos, mientras que una central de biomasa deberá evaluar el impacto en el suelo y los recursos naturales debido al uso de biomasa como combustible.
- El medio biológico: aborda aspectos como la flora, la fauna, los ecosistemas, las áreas protegidas y la biodiversidad. Por ejemplo, una central de biomasa requerirá un análisis detallado de su impacto en la flora y la fauna debido al uso de materia orgánica como combustible, mientras que una central nuclear deberá evaluar los posibles efectos en la biodiversidad asociados a la construcción y operación de la planta.
- Impacto socioeconómico: aspectos como la población, la ocupación del suelo, las infraestructuras, la actividad económica, el patrimonio cultural y arqueológico, entre otros. Es complicado entender el impacto socioeconómico, dado que es muy cambiante y también depende del estado o gobierno en turno. Por ejemplo, una central de carbón requerirá un análisis detallado de su impacto en la actividad económica y el patrimonio cultural local, mientras que una central de gas deberá evaluar los posibles efectos en la ocupación del suelo y las infraestructuras asociadas a la planta.
- Plan de emergencia y contingencia: aborda las medidas y procedimientos para prevenir y controlar los posibles impactos ambientales y socioeconómicos derivados de situaciones de emergencia, como accidentes o desastres naturales, durante la construcción, operación y cierre de la central convencional. La dificultad radica en la necesidad de adaptar el plan de emergencia a las particularidades de cada tipo de central y su entorno. Por ejemplo, el plan de emergencia para una central nuclear deberá contemplar situaciones específicas relacionadas con la radiación, mientras que para una central de gas se centrará en el manejo de sustancias inflamables.
- Participación pública: enfoca la forma en que se involucra a la comunidad y a las partes interesadas en el proceso de evaluación de impacto ambiental, incluyendo la información que se proporciona, los mecanismos de participación y las respuestas a las observaciones y alegaciones recibidas. La dificultad radica en la necesidad de adaptar los mecanismos de participación a las particularidades de cada tipo de central y su entorno. Por ejemplo, la forma en que se involucra a la comunidad en el proceso de evaluación de impacto ambiental para una central nuclear será diferente a la de una central de biomasa, debido a las percepciones y preocupaciones específicas asociadas a cada tipo de central.

### 8.3.1. Aplicación del método

En este apartado se describe cómo se ha aplicado la “metodología rápida para la evaluación del impacto ambiental” enfocado a centrales convencionales térmicas. Así como algunas modificaciones puntuales con el objetivo de estandarizar más el proceso de estudio enfocado en las centrales mencionadas. También se recuerda que la base de datos con la que cuentan los archivos Excel se encuentra también en los anexos y se han obtenido de diferentes fuentes bibliográficas que en los mismos anexos se pueden observar. No se pretende realizar una explicación detallada del método ni de su aplicación por que esa información es proporcionada en el trabajo anterior enfocado en energías renovables y ante cualquier duda se puede referenciar en él. [79][80] A continuación se realiza el ejemplo con una central térmica de biomasa:

1. Hola Excel 1: Instrucciones de uso. Detalla cómo usar el archivo Excel de la central convencional térmica. Explica cómo se usa cada fase y brinda una guía completa de cómo editar el archivo en caso de un error o la actualización de la información.
2. Hola Excel 2: Selección de acciones. Dispone de una lista de acciones ordenadas en las tres fases que todo proyecto de centrales térmicas tiene: construcción, funcionamiento y desmantelamiento. Cada acción esta directamente relacionada con un código, que será la forma de identificarlo y que le es asignado en el proceso (este código también es el mismo en el anexo 1 y es un cambio que se le ha realizado a la metodología anterior). La persona que use la hoja elegirá las acciones que representen su proyecto. La hoja además tiene cuatro botones que dan la opción de visualizar la información a gusto de la persona.

FASES DEL PROYECTO	CÓDIGO	ACCIONES	¿Se realizará la acción?
CONSTRUCCIÓN	FC1	Estudio del lugar óptimo para el emplazamiento de la central	1
	FC2	Manipulación y excavación del suelo	
	FC3	Retirada de fauna y vegetación presente en la zona antes de empezar con actividades in situ.	1
	FC4	Uso de camiones, excavadoras, generadores, etc. En fase constructiva.	0
	FC5	Construcción de los edificios y columnas principales en todo el emplazamiento	0
	FC6	Transporte de materiales de construcción, herramientas y personal.	1
	FC7	Implementación de la caldera, turbinas, entre otros equipos principales de la planta.	
	FC8	Construcción de lugar para recepción de combustible	0
	FC9	Construcción del patio de combustible	0
	FC10	Construcción de lugar para la trituración de combustible.	
	FC11	Construcción de almacén para combustible	
	FC12	Diseño y puesta en marcha de los sistemas de transporte, cintas trasportadoras, fajas, cadenas y elementos de carga.	1
	FC13	Construcción del lugar para la alimentación de caldera.	
	FC14	Construcción de la chimenea y símiles para rechazo de residuos.	

1 = Se realizará la acción  
 0 = No se realizará la acción

Mostrar todas las acciones

Mostrar únicamente las acciones seleccionadas

Mostrar las acciones descartadas

Mostrar las acciones a las que no se ha asignado ningún valor

Figura 8-3. Uso de la hoja 2: Selección de acciones para una central de biomasa.

3. Hola Excel 3: Acciones seleccionadas. Presenta una lista detallada de las acciones elegidas para el proyecto con su código correspondiente. De esta manera, la persona que use la hoja recibe una enumeración clara de las acciones consideradas esenciales para garantizar la ejecución efectiva de la instalación. Para visualizar específicamente las acciones seleccionadas, se debe utilizar el botón "Mostrar únicamente las acciones seleccionadas".

ACCIONES SELECCIONADAS	
CÓDIGO	ACCIONES
FC1	Estudio del lugar óptimo para el emplazamiento de la central
FC3	Retirada de fauna y vegetación presente en la zona antes de empezar con actividades in situ.
FC6	Transporte de materiales de construcción, herramientas y personal.
FC12	Diseño y puesta en marcha de los sistemas de transporte, cintas transportadoras, fajas, cadenas y elementos de carga.
FC16	Construcción de lugar para los condensadores, aerocondensadores y torres de refrigeración.
FC18	Construcción del sistema de aire comprimido, compresores, soplados, etc.

Figura 8-4. Uso de la hoja 3: Acciones seleccionadas para una central de biomasa.

4. Hola Excel 4: Identificación de efectos. Se define con una "X" la relación que existe entre una acción y algunos de los 125 subfactores englobados en los 5 subsistemas que se deben aplicar en un EIA (para más información referenciarse del anexo 4 – Factores ambientales [80]). La hoja está completada enfocada en la diversidad de proyectos que se pueden realizar; sin embargo, se puede editar de acuerdo con el proyecto único que se estudia si la persona lo considera. Se aprecia en la siguiente figura 8-5, la gran tarea que ha significado rellenar estas interacciones, como se explicó en un inicio en la figura 8-1. Para una mejor visualización de la figura, se recomienda ir directamente al archivo Excel, la intención de esta figura es presentar el considerable tamaño de esta.

Figura 8-5. Uso de la hoja 4: Identificación de efectos para una central de biomasa.

5. Hola Excel 5: Factores ambientales que son afectados por las acciones. Esta hoja no considera los efectos de las acciones que no serán implementadas ni tomadas en cuenta. Por esta razón, las columnas correspondientes a esas acciones desechadas se presentarán en gris, con un guion en las celdas. Si se realizan cambios, para reflejarlos, es necesario hacer clic en el botón "Actualizar tabla" ubicado en la parte superior de la hoja.

			Actualizar tabla												
FACTORES	SUBFACTORES	NÚMERO	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13
1.1.1. AIRE	Nivel de CO.	1.1.1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nivel de NOx.	1.1.1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nivel de SOx.	1.1.1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nivel de HC.	1.1.1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Confort sonoro diurno.	1.1.1.5	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
	Confort sonoro nocturno.	1.1.1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spray marino.	1.1.1.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Calidad perceptible del aire.	1.1.1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Polvo, humos y partículas en suspensión.	1.1.1.9	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Olores.	1.1.1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros.	1.1.1.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.1.2. CLIMA. CONDICIONES CLIMÁTICAS	Régimen térmico.	1.1.2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Régimen pluviométrico.	1.1.2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Régimen de vientos.	1.1.2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Régimen de radiación solar.	1.1.2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Índices de aptitud climática.	1.1.2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.1.3. TIERRA - SUELO	Relieve y carácter topográfico.	1.1.3.1	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
	Recursos minerales.	1.1.3.2	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Recursos culturales.	1.1.3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Contaminación del suelo y subsuelo.	1.1.3.4	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
	Capacidad agrícola del suelo.	1.1.3.5	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
1.1.4. AGUAS INTRINSECALES	Cantidad del agua disponible.	1.1.4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Régimen hídrico.	1.1.4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Calidad físico química y bacteriológica.	1.1.4.3	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 8-6. Uso de la hoja 5: Factores ambientales que son afectados por las acciones para una central de biomasa.

6. Hola Excel 6: Definir las relaciones. Sirve para organizar la información. Se mostrará los subfactores ambientales que serán afectados al realizar las acciones que la persona ha seleccionado. Se debe tener en cuenta que la valoración cualitativa y cuantitativa no se pueden estandarizar debido a la gran diferencia de características que tiene cada lugar y cada tipo de central.

SUBFACTORES AMBIENTALES		ACCIONES QUE AFECTAN A LOS SUBACTORES AMBIENTALES	
NÚMERO	SUBFACTORES	CÓDIGO	ACCIONES
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC6	Transporte de materiales de construcción, herramientas y personal.
1.1.1.9	Polvo, humos y partículas en suspensión.	FC1	Estudio del lugar óptimo para el emplazamiento de la central
		FC3	Retirada de fauna y vegetación presente en la zona antes de empezar con actividades in situ.
1.1.3.1	Relieve y carácter topográfico.	FC1	Estudio del lugar óptimo para el emplazamiento de la central
		FC3	Retirada de fauna y vegetación presente en la zona antes de empezar con actividades in situ.
		FC6	Transporte de materiales de construcción, herramientas y personal.
		FC12	Diseño y puesta en marcha de los sistemas de transporte, cintas transportadoras, fajas, cadenas y elementos de carga.
1.1.3.2	Recursos minerales.	FC1	Estudio del lugar óptimo para el emplazamiento de la central
		FC3	Retirada de fauna y vegetación presente en la zona antes de empezar con actividades in situ.

Muéstrame los subfactores afectados por sus acciones correspondientes

Unir las celdas que contengan el mismo valor

Figura 8-7. Uso de la hoja 6: Relaciones definidas para una central de biomasa.

7. Hola Excel 7: Elección de medidas correctoras. Parecido a la hoja 2, se debe seleccionar las medidas correctoras que se van a aplicar al proyecto que se está estudiando según en medio al que se afecta (calidad de aire, fauna, suelos, etc.). Aquí también se ha asignado un código de identificación que va de la mano con el anexo 2 de este trabajo.

	CÓDIGO	MEDIDAS	¿Se implementará la medida?	1 = Se implementará la medida 0 = No se implementará la medida
MEDIDAS PREVENTIVAS	M1	Establecer la planta lo más cercano posible a los puntos de acopio de la materia prima para la combustión. Así evitar recorridos largos y emisiones de contaminantes.	0	
	M2	Reforzar los controles ambientales de las instalaciones para disminuir el impacto de los alrededores.		
	M3	Cada uno de los contaminantes deberá realizarse una medición puntual para los que no se ha establecido seguimiento en continuo. Estos controles habrán de ser realizados por un organismo de inspección acreditado.	1	
	M4	No se ocupará ninguna zona de vegetación natural asociada a los encharcamientos y cauces.	0	
MEDIDAS GENERALES	M5	Aplicar tecnologías de control de partículas en los humos producidos por la central.	1	
	M6	Utilizar filtros de candelas o filtros ciclónicos para el lavado de volantes y equipos expuestos a los residuos en emisión de la central, de esta manera, minimizar el desecho de azufre en partículas o gas al entorno.		
	M7	Si durante el desarrollo de los trabajos o la actividad se detectara la presencia de alguna especie de fauna o flora silvestre incluida en el Catálogo de Especies Amenazadas, se notificará a las entidades correspondientes y se aplicarán medidas para no interferir con el entorno.	0	
	M8	Todas las maniobras de mantenimiento de la maquinaria se realizarán en instalaciones adecuadas para ello (cambios de aceite, etc.), evitando los posibles vertidos accidentales al medio.	1	

Mostrar todas las medidas

Mostrar únicamente las medidas seleccionadas

Mostrar las medidas descartadas

Mostrar las medidas a las que no se ha asignado ningún valor

Figura 8-8. Uso de la hoja 7: Elección de medidas correctoras para una central de biomasa.

- Hola Excel 8: Medidas seleccionadas. Igual que la hoja 3, presenta una lista detallada de las medidas correctoras elegidas para el proyecto. De esta manera, la persona que use la hoja recibe una enumeración clara de dichas medidas.

MEDIDAS SELECCIONADAS	
CÓDIGO	MEDIDAS
M3	Cada uno de los contaminantes deberá realizarse una medición puntual para los que no se ha establecido seguimiento en continuo. Estos controles habrán de ser realizados por un organismo de inspección acreditado.
M5	Aplicar tecnologías de control de partículas en los humos producidos por la central.
M8	Todas las maniobras de mantenimiento de la maquinaria se realizarán en instalaciones adecuadas para ello (cambios de aceite, etc.), evitando los posibles vertidos accidentales al medio.

Figura 8-9. Uso de la hoja 8: Medidas correctoras seleccionadas para una central de biomasa.

- Hola Excel 9: Relación medidas-factores. Aquí se muestra las interacciones entre los factores ambientales y las medidas correctoras. Igual que en la hoja 4, la persona puede modificar las interacciones que crea conveniente de acuerdo con su proyecto. Se desea hacer énfasis en mencionar que la redacción de esta memoria ha sido muy útil a la hora de definir las interacciones, dado que tener en cuenta los ODS, las características de cada tipo de central, los impactos en la humanidad, etc. Han brindado un panorama adecuado antes, durante y después de definir una relación entre la medida correctora y los subfactores. Para una mejor visualización de la figura, se recomienda ir directamente al archivo Excel, la intención de esta figura es presentar el considerable tamaño de esta.

Figura 8-10. Uso de la hoja 9: Relación medidas factores para una central de biomasa.

10. Hola Excel 10: Factores ambientales\_MED. Esta hoja guarda similitud con la hoja anterior, pero difiere en que no considera los efectos de las medidas que no se implementarán. Como resultado, la columna relacionada con esas medidas se presentará en gris, con un guion en las celdas correspondientes. Si hay cambios en los valores de la hoja número 6, es necesario hacer actualizar.

SUBSISTEMAS	MEDIOS	FACTORES	SUBFACTORES	NÚMERO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
TE		1.1.1. AIRE	Nivel de CO.	1.1.1.1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	
			Nivel de NOx.	1.1.1.2	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
			Nivel de SOx.	1.1.1.3	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
			Nivel de HC.	1.1.1.4	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
			Confort sonoro diurno.	1.1.1.5	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
			Confort sonoro nocturno.	1.1.1.6	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
			Spray marino.	1.1.1.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Calidad perceptible del aire.	1.1.1.8	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
			Polvo, humos y partículas en suspensión.	1.1.1.9	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
			Olores.	1.1.1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Otros.	1.1.1.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.1.2. CLIMA. CONDICIONES CLIMÁTICAS	Régimen térmico.	1.1.2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Régimen pluviométrico.	1.1.2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Régimen de vientos.	1.1.2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Régimen de radiación solar.	1.1.2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.1.3. TIERRA - SUELO	Índices de aptitud climática.	1.1.2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Relieve y carácter topográfico.	1.1.3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Recursos minerales.	1.1.3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Recursos culturales.	1.1.3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Contaminación del suelo y subsuelo.	1.1.3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Capacidad agrológica del suelo.	1.1.3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Tabla actualizada

Se han actualizado los valores de la tabla

Aceptar

Figura 8-11. Uso de la hoja 10: Factores ambientales que son beneficiados por las medidas correctoras para una central de biomasa.

11. Hola Excel 11: Definir las relaciones\_MED: tiene el propósito de organizar la información y enseñar automáticamente las medidas que están destinadas a mejorar cada subfactor ambiental. Se verá así, cuáles son los subfactores beneficiados por las medidas correctoras.

SUBFACTORES AMBIENTALES		MEDIDAS QUE AFECTAN A LOS SUBFACTORES AMBIENTALES	
NÚMERO	SUBFACTORES	CÓDIGO	MEDIDAS
1.1.1.1	Nivel de CO.	M3	Cada uno de los contaminantes deberá realizarse una medición puntual para los que no se ha establecido seguimiento en continuo. Estos controles habrán de ser realizados por un organismo de inspección acreditado.
1.1.1.2	Nivel de NOx.		
1.1.1.3	Nivel de SOx.		
1.1.1.4	Nivel de HC.		
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.		
1.1.1.6	Confort sonoro nocturno.	M8	Todas las maniobras de mantenimiento de la maquinaria se realizarán en instalaciones adecuadas para ello (cambios de aceite, etc.), evitando los posibles vertidos accidentales al medio.
1.1.1.8	Calidad perceptible del aire.	M3	Cada uno de los contaminantes deberá realizarse una medición puntual para los que no se ha establecido seguimiento en continuo. Estos controles habrán de ser realizados por un organismo de inspección acreditado.
		M5	Aplicar tecnologías de control de partículas en los humos producidos por la central.
1.1.1.9	Polvo, humos y partículas en suspensión.	M3	Cada uno de los contaminantes deberá realizarse una medición puntual para los que no se ha establecido seguimiento en continuo. Estos controles habrán de ser realizados por un organismo de inspección acreditado.
		M5	Aplicar tecnologías de control de partículas en los humos producidos por la central.
1.2.2.2	Especies y poblaciones en general.	M8	Todas las maniobras de mantenimiento de la maquinaria se realizarán en instalaciones adecuadas para ello (cambios de aceite, etc.), evitando los posibles vertidos accidentales al medio.
3.2.1.1	Estilos de vida.		

Muéstrame los subfactores afectados por las medidas implementadas

Unir las celdas que contengan el mismo valor

Figura 8-12. Uso de la hoja 11: Relaciones definidas entre subfactores y medidas correctoras para una central de biomasa.

12. Hola Excel 12: Hoja resumen. Se lista cuantitativamente las acciones que afectan al subfactor y las medidas que lo benefician. Así, se puede obtener un panorama general de los puntos críticos y a mejorar. Es decir, mientras más acciones afecten a un subfactor, entenderemos que se debe tener especial cuidado y optar, de ser posible por más medidas correctoras. Por ello, el efecto visual que se le otorga (del rojo pasando por tonalidades hasta el verde) también ayuda a identificar con facilidad dichos aspectos críticos.

SUBFACTORES AMBIENTALES			NÚMERO DE ACCIONES QUE AFECTAN AL SUBFACTOR	NÚMERO DE MEDIDAS QUE AFECTAN AL SUBFACTOR
FACTORES	NÚMERO	SUBFACTORES		
1.1.1. AIRE	1.1.1.1	Nivel de CO.	0	1
	1.1.1.2	Nivel de NOx.	0	1
	1.1.1.3	Nivel de SOx.	0	1
	1.1.1.4	Nivel de HC.	0	1
	1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	1	1
	1.1.1.6	Confort sonoro nocturno.	0	2
	1.1.1.7	Spray marino.	0	0
	1.1.1.8	Calidad perceptible del aire.	0	2
	1.1.1.9	Polvo, humos y partículas en suspensión.	2	2
	1.1.1.10	Olores.	0	0
	1.1.1.11	Otros.	0	0
1.1.2. CLIMA - CONDICIONES CLIMÁTICAS	1.1.2.1	Régimen térmico.	0	0
	1.1.2.2	Régimen pluviométrico.	0	0
	1.1.2.3	Régimen de vientos.	0	0
	1.1.2.4	Régimen de radiación solar.	0	0
	1.1.2.5	Índices de aptitud climática.	0	0
1.1.3. TERRENO	1.1.3.1	Relieve y carácter topográfico.	4	0
	1.1.3.2	Recursos minerales.	2	0

Figura 8-13. Uso de la hoja 12: Hoja resumen para una central de biomasa.

## 9. RESULTADOS Y MEJORAS

En el capítulo 4, beneficios que aporta el trabajo, se ha explicado que la intención es reducir en un 5% el tiempo que puede emplear un equipo de trabajo cuando realiza la identificación de acciones y de medidas correctoras en un estudio de impacto ambiental. Se sabe que dependiendo del número de personas que integran el equipo y su experiencia en el ámbito, el tiempo puede ser muy variable. Sin embargo, sí tenemos una referencia del tiempo que ha tomado realizar un archivo Excel que permite aplicar la metodología y es en base a ella que podemos calcular el tiempo neto que se puede ahorrar. El siguiente cálculo es bastante aproximado, pero nos dará una pequeña idea de cuán beneficioso es el método.

De la figura 8-1. Se aprecia, por ejemplo, para una central térmica convencional de gas natural que se han realizado 28 625 interacciones que corresponden a 25 horas de trabajo neto. Otro cálculo se puede tomar de la fase 3, donde se recopila información; en base a la experiencia del autor de este trabajo, para esta central se ha tomado un total de 30 horas netas en filtrar lo relevante para estudios de impacto ambiental de un total de seis textos académicos y oficiales; claramente, dependiendo de la cantidad y calidad de información, este tiempo puede variar. Otros tiempos que también suelen ser muy variables, son la realización de documentos que filtren información u la organicen; ello con el archivo Excel ya brindado supone un ahorro de tiempo en esas tareas que pueden llegar a ser 15 horas o más. Entonces, al sumar estos dos tiempos, se obtiene un total de 70 horas efectivas de trabajo realizadas por una persona. Cerca 9 días laborables; si se plantea que el estudio de impacto ambiental debe estar listo en un año, podemos definir que ese tiempo de trabajo representa aproximadamente el 3.6% del tiempo total. Como resultado final, sí se ha logrado disminuir el tiempo que se dedica al EIA. La intención es que la base de información y la metodología se sigan mejorando para que este tiempo pueda ser incluso mayor y lograr el 5% planteado inicialmente.

Siendo el año 2024, el salario mínimo interprofesional (SMI) en España es de 1134 euros brutos al mes, esto significa aproximadamente 8,87 euros por hora. [82] Entonces, bajo la premisa anterior, con una dedicación de 70 horas, el ahorro que se puede generar es como mínimo 621 euros en un proyecto de estudio de impacto ambiental.

Centrando los resultados con otro enfoque. Tener una guía estandarizada va a mejorar los EIA significativamente, dado que contextualiza a la persona rápidamente y centra sus esfuerzos para obtener mejores resultados. Tener una herramienta que organiza, estructura y optimiza los EIA ayudará en el corto plazo a mejorarlos y facilitar el control como la calidad de estos. Para una persona que haya practicado en el uso de los archivos Excel propuestos, le brindará una oportunidad única de especializarse en estudios de impacto ambiental de centrales de generación de energía; lo cual, hoy en día es una ocasión única y aprovechable.

Finalmente, en un mundo en el cual se valora la eficiencia y los costes, el hecho de reducir el tiempo y el costo de un EIA, puede llevar a una empresa encargada de estos asuntos a ganar más proyectos, subvenciones u oportunidades de negocio que le brindarán mayor éxito y ganancias. Este trabajo no tiene la intención de salir al mercado como una herramienta que se puede ofrecer; al contrario, es una base que debe seguir alimentándose para que se genere una metodología ideal y cómoda al usuario.

Evidentemente, durante el proceso de este trabajo se han encontrado oportunidades de mejora que se explican a continuación:



- Usar archivos Excel es en principio una manera de globalizar la metodología. Pero se puede evaluar el uso de otros programas que, desde el punto de vista del usuario, puedan ser más fáciles en la interfaz y experiencia-usuario. En ese sentido, las aplicaciones o programas buscan ser más asequibles, visuales y simples. Es un reto motivante encontrar la mejor opción para migrar. Además, en línea con la usabilidad, también se puede trasladar el idioma al inglés.
- En un siguiente nivel de detalle se puede sectorizar la metodología por condiciones geográficas y atmosféricas para generar un estudio único pero que a la vez abarque gran cantidad de proyectos. O en su defecto, se puede sectorizar con ciertos parámetros comunes de acuerdo con una región específica. Ello incluso puede dar la oportunidad de descartar cierto tipo de características naturales desde el principio con argumentos sólidos, ahorrando una evaluación ambiental en la zona descartada.
- Con la base de información actual. Se tienen 10 tipos de centrales de energía en las que se puede aplicar la metodología. Se puede dar un siguiente paso con la interacción de estos archivos y su respectiva vinculación; es decir, se puede evaluar un determinado inicio de proyecto partiendo de la base de tener diez opciones que entren en consideración y se vayan descartando hasta optar por la mejor central de energía; y posteriormente con la mejor opción recién realizar el estudio de impacto ambiental a detalle. La misión de mejora está en cómo gestionar los 10 tipos de centrales y organizarlos para que puedan ser usados individual o colectivamente. Para ello los archivos Excel pueden ser de gran ayuda siempre y cuando se estudie cómo vincularlos entre sí.
- Resulta un proceso delicado incrementar nueva información (sean medidas correctoras o acciones) en los archivos Excel pues el formato y las celdas se deben editar, insertar y/o modificar. El problema que se ha evidenciado es que no se pueden incrementar códigos nuevos o intermedios estando los códigos ya definidos en un inicio. Una alternativa sería que se pongan al final de toda la lista y en un nuevo segmento que podría tener el nombre de “otras acciones” o tal vez “otras medidas correctoras” y así se vayan sumando a toda la lista. Otra posible opción sería nombrar a un código con decimales; por ejemplo, FF2.3, que estaría entre el código FF2 y el FF3 y seguidamente editar el resto de las hojas del archivo Excel de acuerdo con las nuevas incorporaciones. Esto a largo plazo se volvería insostenible pudiendo alterar los resultados finales.
- Se puede brindar los archivos Excel a profesionales o investigadores que testeen su uso y brinden ideas de mejora, pero su mayor aporte sería realizar las interacciones entre los subfactores y las acciones y las medidas correctoras, pues debido a su conocimiento pueden mejorar la calidad del trabajo.
- Se ha apreciado en la búsqueda de información que, en muchos lugares del mundo, se están reconvirtiendo centrales de carbón a centrales de gas natural. Asimismo, en algunos países se aprecia cómo se cierran las centrales nucleares. Realizar un estudio del contexto actual de todos los tipos de centrales de energía puede brindar un nuevo punto de partida para generar nuevos archivos Excel centrados en los estudios de impacto ambiental todavía no focalizados. Así, se obtendrá un compendio bastante completo y listo para usarse en cualquier caso que se plantee.

## 10. CONCLUSIONES

Desde el inicio de ha definido que uno de los propósitos principales es que la metodología brinde una guía para estudios de impacto ambiental para centrales térmicas convencionales de energía. Esta guía aporta información valiosa en las etapas i, iv, v y viii del estudio de impacto ambiental. Es decir, la metodología tiene incidencia directa en el 45% del total del estudio. Esto evidencia la importancia que supone su uso y el ahorro en tiempo y costos. Realizar un estudio de impacto ambiental conlleva tener amplios conocimientos del proyecto en cuestión y de la central de energía que se desea implementar. Además, se requiere conocimiento de las últimas actualizaciones con respecto a las tecnologías, leyes, situación climática, seres humanos, etc. Por ello, este trabajo ha presentado un contexto actual que ha servido para valorar adecuadamente las interacciones en las hojas Excel entre los subfactores y las acciones/medidas-correctoras que se aplican a cada tipo de central convencional térmica estudiada.

La mejora continua de este trabajo, así como del trabajo predecesor centrado en energías renovables, brindará actualizaciones conforme se use los Excel y se enriquecerán cada vez más. Para eso hay que entenderlos, usarlos y luego ampliar su base de datos. Incrementar el poder de esta herramienta puede brindar a nivel mundial un punto de partida certero para estudios de impacto ambiental de todas las centrales de energía que están por crearse. Por el contrario, si la metodología queda estancada, los resultados de estudios de impacto ambiental donde se aplique serán desactualizados y carecerán de veracidad.

Las investigaciones no se limitan exclusivamente a las fuentes renovables y su aprovechamiento. A pesar de que las centrales convencionales han alcanzado un punto cercano a su máxima eficiencia, aún persisten numerosas investigaciones destinadas a mitigar su impacto ambiental, reducir la contaminación y explorar opciones para el reciclaje de residuos. Este trabajo se enfoca en proporcionar un punto de partida para la implementación de medidas correctoras específicas para estas centrales, que como ya se ha explicado van a seguir existiendo y se siguen creando alrededor del mundo. Además, al examinar todas las tipologías de centrales de energía, se evidencia la posibilidad de que una medida correctora beneficie a múltiples centrales convencionales o que una central convencional pueda beneficiarse de las correcciones aplicadas a otro tipo de central, ya sea convencional o no. Es por ello por lo que la recopilación de datos en los anexos y los archivos Excel ofrece la oportunidad de obtener beneficios múltiples.

Las centrales convencionales térmicas de energía tienen bastantes subprocesos antes de generar electricidad. Desde el tratamiento de la materia prima hasta los residuos y el cableado suministrador a la red eléctrica. Si bien en fases previas a la construcción se toma bastante interés por los impactos ambientales que se puede tener, en la fase de operación y mantenimiento se prioriza que la central no pare por desperfectos o entre en situaciones de emergencia; entonces, el impacto ambiental ya no es de las principales preocupaciones. Se deberían focalizar esfuerzos para que el impacto ambiental sea priorizado en todas las etapas de una central (previa, construcción, funcionamiento, desmantelamiento). El contexto actual evidencia que el cambio climático es innegable y las acciones que se realizan para mitigarlo no dan los resultados esperados. El ser humano necesita más energía y las fuentes renovables aportan una cantidad considerable, pero las fuentes convencionales todavía no pueden ser descartadas. Es probable que seamos dependientes de las fuentes convencionales de energía hasta que las reservas se agoten, generando así problemas de suministro. En países en vías de desarrollo se siguen creando centrales convencionales y en países desarrollados se reconvierten.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AS.com "¿A cuántos grados es recomendable no exponer el cuerpo humano en una ola de calor?" [En línea]. Disponible en: <https://as.com/actualidad/a-cuantos-grados-es-recomendable-no-exponer-el-cuerpo-humano-en-una-ola-de-calor-n/>
- [2] DEIA. "La industria de la moda, la segunda más contaminante del mundo." [En línea]. Disponible en: <https://www.deia.eus/moda/2022/04/03/industria-moda-segunda-contaminante-mundo-1693563.html>
- [3] Luis Angel Pineda. "Importancia del petróleo en la economía." [En línea] Federación de estudiantes de economía. Disponible en: <https://fenadeco.org/importancia-del-petroleo-en-la-economia/>
- [4] GAW. "Boletines del Estado de los Gases de Efecto Invernadero en la Atmósfera." [En línea] Disponible en: <https://gaw.kishou.go.jp/publications/bulletin>
- [5] Naciones Unidas. "Informes sobre el cambio climático." [En línea] Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/reports#:~:text=OMM%20%7C%20Bolet%3%ADn%20sobre%20los%20gases%20de%20efecto%20invernadero&text=La%20concentraci%C3%B3n%20de%20di%C3%B3xido%20de,149%20%25%20de%20los%20niveles%20preindustriales>
- [6] Informe IPCC. "Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático." [En línea] Disponible en: [https://porelclima.org/images/articulos-ambicionCOP/Imagen1---ambicionCOP-InformeIPCC\\_\\_.pdf](https://porelclima.org/images/articulos-ambicionCOP/Imagen1---ambicionCOP-InformeIPCC__.pdf)
- [7] WMO. "Provisional State of the Global Climate in 2023." [En línea] Disponible en: <https://wmo.int/publication-series/provisional-state-of-global-climate-2023>
- [8] NASA Ciencia. "Misión de la NASA hace un balance de emisiones de dióxido de carbono por países." [En línea] Disponible en: <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/mision-espacial-de-la-nasa-hace-un-balance-de-emisiones-de-dioxido-de-carbono-por-paises/>
- [9] EPData. "El cambio climático, en datos y gráficos." [En línea] Disponible en: <https://www.epdata.es/datos/cambio-climatico-datos-graficos/447>
- [10] Organización Panamericana de la Salud (OPS). [En línea] "Cambio Climático y Salud." Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/cambio-climatico-salud>
- [11] WMO. "Provisional State of the Global Climate in 2023." [En línea] Disponible en: <https://wmo.int/publication-series/provisional-state-of-global-climate-2023#:~:text=The%20WMO%20provisional%20State%20of,the%20warmest%20year%20on%20record>
- [12] EPData. "El cambio climático, en datos y gráficos." [En línea] Disponible en: <https://www.epdata.es/datos/cambio-climatico-datos-graficos/447>
- [13] EPData. "El cambio climático, en datos y gráficos." [En línea]. Disponible en: <https://www.epdata.es/datos/cambio-climatico-datos-graficos/447>
- [14] IPCC. "Figure SPM.1: AR6 Synthesis Report." [En línea]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/figures/summary-for-policymakers/figure-spm-1/>

- [15] Universidad de Stanford. "BurkeDavisDiffenbaugh2018.pdf." [En línea]. Disponible en: <https://web.stanford.edu/~mburke/papers/BurkeDavisDiffenbaugh2018.pdf>
- [16] Naciones Unidas. "¿Sabes cuáles son los 17 objetivos de desarrollo sostenible?" [En línea] Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2018/08/sabes-cuales-son-los-17-objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [17] BBVA. "¿Qué sabes de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)?" [En línea] Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-sabes-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods/>
- [18] Naciones Unidas. "Objetivos y metas de desarrollo sostenible." [En línea] Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [19] Naciones Unidas. "La Agenda para el Desarrollo Sostenible." [En línea] Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- [20] UNDP. "Los ODS en acción ¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?" [En línea] Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- [21] Teorema Ambiental. "México, EEUU y Canadá fortalecerán cooperación en temas ambientales". Junio 2020 [En línea] Disponible en: <https://www.teorema.com.mx/cambioclimatico/mexico-eeuu-y-canada-fortaleceran-cooperacion-en-temas-ambientales/>
- [22] Iberdrola. "Origen de las COP." [En línea]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contra-cambio-climatico/origen-cop-naciones-unidas-conferencias>
- [23] UNFCCC. "Acerca de las NDC: El Acuerdo de París." [En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- [24] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. "Acuerdo de París." [En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- [25] Consejo de la Unión Europea. "Green Deal." [En línea]. Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/green-deal/>
- [26] Real Instituto Elcano. "Gobernanza climática tras la COP27 de Sharm el-Sheikh." [En línea]. Disponible en: <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/gobernanza-climatica-tras-la-cop27-de-sharm-el-sheikh/>
- [27] Iberdrola. "COP 15 2022 Biodiversidad." [En línea]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/medio-ambiente/iberdrola-biodiversidad/cop15>
- [28] UNCCD. "COP 15, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2022." [En línea]. Disponible en: <https://www.unccd.int/official-documents/cop-15-abidjan-cote-divoire-2022>
- [29] Oceana Europe, "Fuentes de emisiones de gases contaminantes," Oceana Europe, 18 de febrero de 2024. Disponible en: <https://europe.oceana.org/es/que-hacemos-cambio-climatico-y-energias-renovables-cambio-climatico-mas-informacion-fuentes-de-emisiones-de-gases-contaminant/>
- [30] World Energy Council, "Recursos energéticos globales, Encuesta 2013: Resumen," 5 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en:

<https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2014/04/Traduccion-Estudio-Recursos-Energeticos1.pdf>

[31] Ritchie, H., Rosado, P., Roser, M., "Energy," Our World in Data, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ourworldindata.org/energy>

[32] Nova Esfera. "Las principales centrales térmicas en España: una guía completa." [En línea]. Disponible en: <https://www.novaesfera.es/las-principales-centrales-termicas-en-espana-una-guia-completa/>

[33] Newtral. "Radiografía de la energía nuclear en España." [En línea]. Disponible en: <https://www.newtral.es/energia-nuclear-espana-centrales-nucleares/20220910/>

[34] El Blog Salmón. "Red Eléctrica es privada, pero es un monopolio: su nacionalización y la de las distribuidoras tendría sentido aunque no por su impacto en la factura." [En línea]. Disponible en: <https://www.elblogsalmon.com/sectores/red-electrica-privada-monopolio-su-nacionalizacion-distribuidoras-tendria-sentido-no-su-impacto-factura>

[35] Universidad Complutense de Madrid. "47OrmazabalSarriegui.pdf." [En línea]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41211/47OrmazabalSarriegui.pdf>

[36] EUR-Lex. " Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008 , relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa [En línea]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050>

[37] Comunidad de Madrid. " DIRECTIVA 2009/147/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO DE 30 DE NOVIEMBRE DE 2009 RELATIVA A LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES SILVESTRES " [En línea]. Disponible en: [https://gestion.comunidad.madrid/rlma\\_web/html/web/FichaNormativa.icm?ID=1859](https://gestion.comunidad.madrid/rlma_web/html/web/FichaNormativa.icm?ID=1859)

[38] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. "Normativa internacional." [En línea]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/legislacion/legislacion\\_areas\\_normativa\\_internacional.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/legislacion/legislacion_areas_normativa_internacional.html)

[39] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. "Legislación - Normativa internacional." [En línea]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/legislacion/legislacion\\_areas\\_normativa\\_internacional.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/legislacion/legislacion_areas_normativa_internacional.html)

[40] Casa del Medio Ambiente Internacional. "Convenio de Minamata sobre el Mercurio: texto y anexos." [En línea]. Disponible en: [https://minamataconvention.org/sites/default/files/documents/information\\_document/Minamata-Convention-booklet-Oct2023-ES.pdf](https://minamataconvention.org/sites/default/files/documents/information_document/Minamata-Convention-booklet-Oct2023-ES.pdf)

[41] CEPAL. "Antecedentes del Acuerdo de Escazú." [En línea]. Disponible en: <https://acuerdodeescazu.cepal.org/cop2/es/antecedentes>

[42] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. "Protocolo sobre Evaluación Estratégica del Medio Ambiente." [En línea]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/1B.PROTOCOLO%20SEA%20KIEV%20naciones%20unidas\\_tcm30-190793.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/1B.PROTOCOLO%20SEA%20KIEV%20naciones%20unidas_tcm30-190793.pdf)

- [43] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. "Legislación de Evaluación Ambiental." [En línea]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/legislacion/>
- [44] Boletín Oficial del Estado. "BOE-A-2006-7677." [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-7677>
- [45] Boletín Oficial del Estado. "BOE-A-2008-1405." [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2008-1405>
- [46] Boletín Oficial del Estado. "BOE-A-2023-14047." [En línea]. Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-14047](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-14047)
- [47] Noticias Jurídicas. "BOE-A-2023-14047." [En línea]. Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-14047](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-14047)
- [48] Boletín Oficial del Estado. "BOE-A-2023-14047." [En línea]. Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-14047](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-14047)
- [49] Legegunea Euskadi. " DECRETO 211/2012, de 16 de octubre, por el que se regula el procedimiento de evaluación ambiental estratégica de planes y programas." [En línea]. Disponible en: <https://www.legegunea.euskadi.eus/eli/es-v/d/2012/10/16/211/dof/spa/html/webleg00-contfich/es/>
- [50] Noticias Jurídicas. "Ley 10/2021: El País Vasco aprueba su ley de administración ambiental." [En línea]. Disponible en: <https://noticias.juridicas.com/legislacion-destacada/normativa/16866-ley-10-2021:-el-pais-vasco-aprueba-su-ley-de-administracion-ambiental/>
- [51] Inguru ingeniería Ambiental. "Ley 10/2021 de 9 de diciembre de Administración Ambiental de Euskadi." [En línea]. Disponible en: <http://inguruingenieriaambiental.com/ingenieria-ambiental/ley-10-2021-de-9-de-diciembre-de-administracion-ambiental-de-euskadi/>
- [52] Boletín Oficial del Estado. "BOE-A-2022-951." [En línea]. Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-951](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-951)
- [53] Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente "Otras disposiciones", Gobierno Vasco, 22 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.euskadi.eus/web01-bopv/es/bopv2/datos/2024/02/2400968a.pdf>
- [54] Legegunea Euskadi. "DECRETO LEGISLATIVO 1/2014, de 15 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Conservación de la Naturaleza del País Vasco" Gobierno Vasco, 15 de abril, 2014. [En línea]. Disponible: <https://www.legegunea.euskadi.eus/eli/es-v/dlg/2014/04/15/1/dof/spa/html/webleg00-contfich/es/>
- [55] "BOE-A-2013-12913", Boletín Oficial del Estado, 2013. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12913>
- [56] "Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43 /2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero," Jefatura del Estado. [En línea]. Disponible: <https://cido.diba.cat/legislacio/8306723/ley-92018-de-5-de-diciembre-por-la-que-se-modifica-la-ley-212013-de-9-de-diciembre-de-evaluacion-ambiental-la-ley-212015->

de-20-de-julio-por-la-que-se-modifica-la-ley-432003-de-21-de-noviembre-de-montes- y-la-ley-12005-de-9-de-marzo-por-la-que-se-regula-el-régimen-del-comercio-de-derechos-de-emision-de-gases-de-efecto-invernadero

[57] "BOE-A-2018-16674", Boletín Oficial del Estado, 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-16674>

[58] "BOE-A-2018-16674", Boletín Oficial del Estado, 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-16674>

[59] "BOE-A-2013-12913-consolidado.pdf", Boletín Oficial del Estado, 2013. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-12913-consolidado.pdf> [60] <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000.html>

[61] "ANEXO IV: ESTUDIO DE REPERCUSIONES A RED NATURA 2000", Gobierno de Aragón, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.aragon.es/documents/20127/85850380/EIA-PFV-LSAT-PE%C3%91ALBA1-AX-IV-RN2000-Ed1.pdf/91f2ff39-4f3f-b6fa-f1b1-f1ccbd02593d>

[62] "Centrales Eléctricas Parte Térmica", Universidad Nacional de Tucumán, 2014. [En línea]. Disponible: <https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Apunte-Central-TV-1.pdf>

[63] "La central térmica de Carboneras es la tercera más contaminante del Estado español", Ecologistas en Acción, 5 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ecologistasenaccion.org/118361/la-central-termica-de-carboneras-es-la-tercera-mas-contaminante-del-estado-espanol/#:~:text=Estas%20emisiones%20la%20convierten%20en,toneladas%20de%20CO%20al%20a%C3%B1o>

[64] "Central térmica convencional", Fundación Endesa, 18 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educacion/recursos/centrales-electricas-convencionales/central-termica-convencional>

[65] "¿Qué es la energía nuclear? La ciencia de la energía nucleoelectrica", OIEA, 21 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-energia-nuclear-la-ciencia-de-la-energia-nucleoelectrica>

[66] "El reactor", CSN, 19 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.csn.es/el-reactor>

[67] "Reactores de agua a presión (PWR)", CSN, 20 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.csn.es/reactores-de-agua-a-presion-pwr>

[68] "Reactores de agua en ebullición (BWR)", CSN, 20 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.csn.es/reactores-de-agua-en-ebullicion-bwr>

[69] "Reactores tipo BWR: La energía nuclear. Centrales" Fukushima accidente nuclear, 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://fukushima-1188.appspot.com/1/4>

[70] "¿Cuáles son los distintos componentes de una central nuclear?," Foro Nuclear, 19 de febrero de 2024. [Online]. Disponible en: <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/cuales-son-los-distintos-componentes-de-una-central-nuclear/>

- [71] "Centrales Eléctricas" FACET-UNT, octubre de 2014. [Online]. Disponible en: <https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Apunte-Central-TV-1.pdf>
- [72] El Periódico de la Energía, "Las 10 mayores centrales térmicas de carbón del mundo," 9 de febrero de 2024. [Online]. Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-centrales-termicas-de-carbon-del-mundo/>
- [73] Endesa, "Centrales de biomasa," 18 de febrero de 2024. [Online]. Disponible en: <https://www.endesax.com/es/es/historias/2021/centrales-de-biomasa>
- [74] "Módulo de Biomasa Marcos Serrano Hernández," Descargado localmente. [Online]. Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/Mdulo\\_Biomasa\\_MarcosSerranoHernndez.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Mdulo_Biomasa_MarcosSerranoHernndez.pdf)
- [75] El Periódico de la Energía, "Las 10 mayores plantas de biomasa del mundo," 5 de febrero de 2024. [Online]. Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-de-biomasa-del-mundo/>
- [76] Fundación Endesa, "Central de biomasa," 18 de febrero de 2024. [Online]. Disponible en: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa>
- [77] Gidahatari, "Seis factores que limitan la efectividad de un EIA," 19 de febrero de 2024. [Online]. Disponible en: <https://gidahatari.com/ih-es/seis-factores-que-limitan-la-efectividad-de-un-eia>
- [78] Secretaría de Estado de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Subdirección General de Evaluación Ambiental, "Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental de proyectos de plantas solares fotovoltaicas y sus infraestructuras de evacuación," marzo de 2022. [Online]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/guiaelaboracionesiaplantafotovoltaicassgea\\_tcm30-538300.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/guiaelaboracionesiaplantafotovoltaicassgea_tcm30-538300.pdf)
- [79] Imanol Ugalde " DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA RÁPIDA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL," Memoria. Universidad del País Vasco, 18 de septiembre de 2022. [Online]. Disponible en: [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/59929/TFM\\_I\\_Ugalde.pdf?sequence=1](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/59929/TFM_I_Ugalde.pdf?sequence=1)
- [80] Imanol Ugalde " DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA RÁPIDA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL," Anexos. Universidad del País Vasco, 18 de septiembre de 2022. [Online]. Disponible en: <https://addi.ehu.es/handle/10810/59929>
- [81] Secretaría de Estado de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, "Proyecto de Real Decreto por el que se modifican los Anexos I y II de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental," enero de 2024. [Online]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/mainprdmodifley21\\_2013\\_tcm30-531323.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/mainprdmodifley21_2013_tcm30-531323.pdf)
- [82] Grupo 2000, "Este es el SMI en 2024" 16 de febrero 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.grupo2000.es/asi-sera-tu-nomina-en-2020-tras-congelarse-el-salario-minimo/>