

9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA



O.D.S. N° 9
*Infraestructuras resilientes
e
innovación*

- **Autores:**
 - Mauro Miguel Ríos (Leg. 84985)
 - Lucas Fernando Medrano (Leg. 93907)
 - Marcos Raúl Gatica (Leg. 402006)
- **Curso:** 2R4
- **Asignatura:** Química general.
- **Institución:** Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Córdoba



U
T
N

F
R
C

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN

[1.1 - Objetivo de Desarrollo Sostenible \(ODS\) 9: Industria, Innovación e Infraestructura](#)

[1.2 - Relación con las infraestructuras resilientes](#)

[1.3 - Energías limpias y su relación con el ODS 9](#)

[1.4 - El Pacto del Futuro y el llamado a la acción para el 2030](#)

[1.5 - Energías limpias y desarrollo industrial bajo el ODS 9](#)

2. ¿POR QUÉ EL CARBONO EMITIDO ES UN PROBLEMA?

[2.1 El efecto invernadero](#)

[2.2 La Acidificación de los océanos](#)

[2.3 Cambios en la solubilidad de los océanos](#)

3. INNOVACIONES E INFRAESTRUCTURAS RESILIENTES

[3.1 Las energías limpias básicas](#)

[3.2 Infraestructuras resilientes para la reducción de carbono y generación de energías limpias](#)

4. PORQUE LA INDUSTRIA CONTINÚA UTILIZANDO COMBUSTIBLE FÓSIL

[4.1 -Altos costos iniciales](#)

[4.2 -Discontinuidad de la energía](#)

[4.3 - Costos de transición](#)

[4.4 -Altas demandas energéticas](#)

5. CONCLUSIÓN - ENERGÍAS DEL FUTURO

[6.1 -Fusión Nuclear\[8\]](#)

[6.2 -Hidrógeno Verde](#)

6. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 - Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9: Industria, Innovación e Infraestructura

El ODS 9 [1] tiene como objetivo central construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación, especialmente en los Países Menos Adelantados (PMA). Este informe se enfoca en la generación de energías limpias como una solución fundamental para alcanzar las metas propuestas en el ODS 9 para 2030. En particular, se aborda la reducción de emisiones de carbono en la industria, tanto en la producción como en el uso de productos y servicios, y la construcción de infraestructuras resilientes que puedan sostener la generación de estas energías.

1.2 - Relación con las infraestructuras resilientes

Las infraestructuras resilientes son esenciales en un mundo afectado por el cambio climático. Este tipo de infraestructura se refiere a sistemas, construcciones y redes diseñados para adaptarse y resistir condiciones adversas, como desastres naturales y crisis climáticas. A medida que fenómenos como huracanes, inundaciones y sequías se vuelven más frecuentes e intensos, se vuelve imperativo contar con infraestructuras capaces de soportar estos eventos y mantener su funcionalidad, permitiendo el desarrollo sostenible de comunidades y economías en los PMA.

1.3 - Energías limpias y su relación con el ODS 9

El enfoque en energías limpias, como las baterías de hidrógeno y la fusión nuclear, es una pieza clave para cumplir con los objetivos del ODS 9. La innovación tecnológica en estas fuentes de energía permite avanzar hacia infraestructuras y procesos industriales sostenibles. Además, este esfuerzo se relaciona con otros ODS, como el ODS 7 (energía asequible y no contaminante) y el ODS 13 (acción por el clima), y tiene efectos indirectos en los objetivos de ciudades sostenibles (ODS 11), producción y consumo responsables (ODS 12), y la protección de la vida marina y terrestre (ODS 14 y 15).

1.4 - El Pacto del Futuro y el llamado a la acción para el 2030

En septiembre de 2024, con motivo del bajo avance en el cumplimiento de las metas de los ODS (17% de progreso de los 169 objetivos), los Estados Miembros de las Naciones Unidas firmaron el Pacto del Futuro. Este acuerdo propone 56 acciones para intensificar el compromiso global, resaltando la urgencia de reducir las emisiones de CO₂, avanzar hacia una economía verde y garantizar una distribución justa de los recursos. Las grandes empresas están llamadas no solo a reducir su huella de carbono, sino también a integrar los ODS en sus estrategias y operaciones. La inversión en ciencia, tecnología e innovación se destaca como un medio crucial para lograr estos objetivos.

1.5 - Energías limpias y desarrollo industrial bajo el ODS 9

En este contexto, el informe se centra en el desarrollo de tecnologías, innovaciones e investigaciones de proyectos de energías limpias bajo el marco del ODS 9, explorando su impacto en la industria, la infraestructura y la innovación. El papel de las energías limpias no solo contribuye a reducir las emisiones y promover la sostenibilidad, sino que también sienta las bases para una industria más resistente y sostenible, alineada con los objetivos globales para 2030.

2. ¿POR QUÉ EL CARBONO EMITIDO ES UN PROBLEMA?

Cuando se habla de emisión de carbono, se hace referencia a la formación (y propagación) de dióxido de carbono (CO₂).

La emisión de dióxido de carbono contribuye de forma directa al efecto invernadero, derivando en el calentamiento global y a efectos perjudiciales para el medio ambiente como a la salud humana.

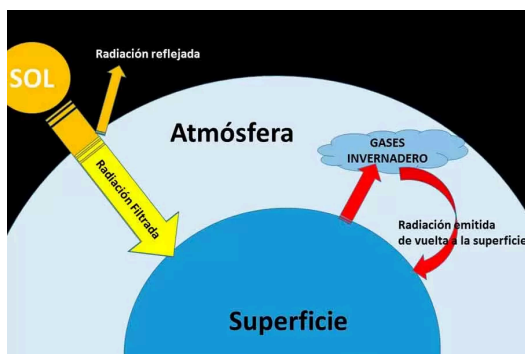
2.1 El efecto invernadero

El CO₂ es un gas de efecto invernadero que atrapa el calor en la atmósfera [5].

Cuando se emite en grandes cantidades, se acumula sobre la atmósfera, absorbiendo e irradiando la energía solar, provocando que la Tierra se caliente

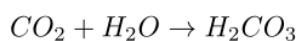
más de lo que naturalmente lo haría [resonancia de Fermi].

Desde un punto de vista químico, la estructura del dióxido de carbono es lineal y simétrica, lo que le permite absorber radiación infrarroja (el calor), manteniéndola en la atmósfera en lugar de que escape al espacio.



2.2 La Acidificación de los océanos

Gran parte del CO_2 emitido es absorbido por los océanos, reaccionando y formando ácido carbónico:

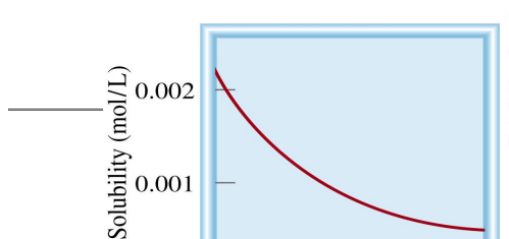


El aumento de los H^+ en el agua compite con los iones de carbono CO_3^{2-} , reduciendo la disponibilidad de estos últimos y perjudicando la calcificación. [2]

El efecto resultante es la acidificación, bajando el pH del agua y afectando a la vida marina, especialmente los organismos que dependen del calcio para formar estructuras como ostras y corales.

2.3 Cambios en la solubilidad de los océanos

Desde un punto de vista químico, la solubilidad de los gases en líquidos disminuye al aumentar la temperatura [3] :



Esto puede ser explicado viendo la Ley de Henry, que establece que la solubilidad de un gas en un líquido es proporcional a su presión parcial sobre el líquido:

$$C = k_H \cdot P_g$$

Donde:

- C : concentración del gas disuelto.
- k_H : constante de Henry.
- P_g : presión parcial del gas.

La constante de Henry depende inversamente de la temperatura, lo que reduce la concentración de un gas dado:

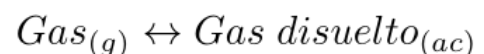
$$k_H(T) = k_H^0 \cdot e^{-\frac{\Delta H_{sol}}{RT}}$$

Siendo:

- k_H^0 : es la constante de Henry a una temperatura de referencia (en condiciones ideales generalmente).
- ΔH_{sol} : es el calor de disolución del gas (generalmente positivo para gases que se disuelven menos al aumentar la temperatura).
- R : constante universal de los gases.
- T : temperatura en grados Kelvin.

Esto puede explicarse también usando el principio de Le' Châtelier: el proceso de disolución de un gas en un líquido es un proceso exotérmico (libera energía del sistema, la reacción, al entorno).

Si se aumenta la temperatura, el equilibrio se desplaza a la fase gaseosa, reduciendo la cantidad de gas disuelto:



3. INNOVACIONES E INFRAESTRUCTURAS RESILIENTES

3.1 Las energías limpias básicas

Las energías renovables o “limpias”, son aquellas que provienen de fuentes naturales que se regeneran más rápidamente de lo que son consumidas y son menos contaminantes en comparación a las que provienen de fuentes fósiles [4].

A modo de ejemplo, mencionaremos algunas de ellas, puede encontrar más de estas energías en la fuente bibliográfica que utilizamos [6]:

- Energía eólica

Utiliza turbinas para aprovechar la energía cinética del viento.

- Energía hidroeléctrica

Utiliza el movimiento del agua en lugares como embalses o ríos para generar electricidad.

- Energía solar

Usando paneles fotovoltaicos o espejos concentrados para producir electricidad, calor, refrigeración e incluso combustibles.

3.2 Infraestructuras resilientes para la reducción de carbono y generación de energías limpias

- ***Microrredes con energía renovable e inteligencia artificial. [Proyecto BigEr 2] [13]***

Son sistemas eléctricos que pueden operar de manera independiente o en conexión con una red eléctrica más grande. Incorporan desde la generación, almacenamiento y gestión de consumo energético.

Existen varios proyectos de microrredes, enfocados a la generación de energía solar. BigEr 2 es uno de ellos, que incorporó en Abril del 2024 el uso de inteligencia artificial para mejorar la optimización del sistema y el consumo, junto a la medición del rendimiento energético en las instalaciones solares y termosolares.

- ***Hidrógeno verde [12].***

Si bien una de las mayores barreras del hidrógeno es su almacenamiento (actualmente como gas a alta presión, en estado líquido o en forma de compuestos como el amoníaco NH_3), este es perfectamente integrable a infraestructuras resilientes e industrias pesadas para “descarbonizar” estos sectores.

Para esta investigación, se usó los prototipos de electrolizadores del CONICET para armar sistemas híbridos (energías renovables + hidrógeno verde + baterías de litio).

Se recuerda que el hidrógeno es difícil de almacenar debido a sus propiedades físicas y químicas:

- Baja densidad energética: si bien el hidrógeno tiene alta densidad energética por kilogramo, su densidad en volumen es muy baja (se necesita mucho espacio para poder almacenar una suficiente cantidad de hidrógeno).
- Almacenamiento a alta presión: el hidrógeno se puede comprimir hasta por encima de 700 bares, pero el equipo necesario para hacerlo y los materiales para contenerlo requieren un costo energético alto y un riesgo de fuga grande. También hay que recordar que el tamaño molecular del hidrógeno (H_2) es extremadamente pequeño y puede difundirse fácilmente a través de muchos materiales.
- Prop. reactivas y seguridad: el hidrógeno es altamente inflamable y explosivo cuando se mezcla con el aire en concentraciones de entre 4% a 75% volumen en volumen.

- ***Captura y almacenamiento de carbono[14].***

La CAC es una técnica que consiste en capturar el dióxido de carbono emitido por una determinada instalación industrial, transportarlo e inyectarlo en un emplazamiento subterráneo dentro de una formación geológica adecuada para su almacenamiento permanente e incluso pueda desaparecer al transformarse y mineralizarse en la estructura rocosa en la que sea inyectado. Mediante complejos procesos tecnológicos, físicos y químicos es capturada. Actualmente existen tres tecnologías desarrolladas para conseguir la captura del CO_2 producido por plantas termoeléctricas alimentadas por

combustibles fósiles: la captura postcombustión, la captura precombustión y la oxícombustión.

La precombustión consiste en eliminar el CO₂ después de convertir un combustible para formar gas de síntesis. El gas de síntesis se procesa a través de una reacción de conversión de desplazamiento durante la cual se produce más hidrógeno y se forma CO₂. El CO₂ formado se captura mientras que el hidrógeno se puede quemar para producir energía sin emisión de CO₂.

La oxícombustión es donde se modifica el proceso de combustión de tal forma que el gas combustible tenga una alta concentración de CO₂, en el cual es quemado con oxígeno casi puro (cerca del 95 %) mezclado con gas de combustión reciclado.

La postcombustión son caras, pero pueden utilizarse para bajas concentraciones de CO₂. Las diferentes tecnologías para la captura de CO₂ en la postcombustión son: la absorción (química y física), adsorción, separación criogénica, separación por membrana y combustión química de bucles.

4. PORQUE LA INDUSTRIA CONTINÚA UTILIZANDO COMBUSTIBLE FÓSIL

Las industrias a menudo operan en un entorno altamente competitivo, lo que las obliga a priorizar la reducción de costos a corto plazo sobre las inversiones en sostenibilidad a largo plazo. Aunque es ampliamente conocido el impacto ambiental negativo de los combustibles fósiles, la transición hacia energías limpias en el sector industrial es un desafío complejo que involucra barreras económicas, tecnológicas y estructurales. Si bien las energías renovables tienen el potencial de reducir significativamente las emisiones de CO₂, las industrias enfrentan múltiples obstáculos para adoptarlas de manera generalizada. Sin embargo, con políticas públicas más sólidas, incentivos económicos adecuados y avances tecnológicos en el almacenamiento y las redes de distribución, es probable que cada vez más industrias comiencen a adoptar energías limpias en el futuro.

4.1 -Altos costos iniciales

El desarrollo e instalación de infraestructuras para energías limpias, como paneles solares o parques

eólicos, requiere una **inversión inicial considerable** en comparación con continuar utilizando infraestructuras ya existentes para combustibles fósiles. Aunque las energías limpias pueden generar **ahorros a largo plazo** debido a sus bajos costos operativos, el retorno de la inversión puede tardar varios años, lo que desalienta su adopción inmediata en muchas industrias.

4.2 -Discontinuidad de la energía

Las fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, son dependientes de las condiciones climáticas, lo que puede resultar en una generación de energía intermitente e impredecible. Esta falta de consistencia es un reto para las industrias que requieren un suministro de energía continuo y fiable para mantener sus operaciones. Aunque la tecnología de almacenamiento de energía a través de baterías está mejorando, todavía no es lo suficientemente eficiente ni accesible para almacenar grandes cantidades de energía de manera económica.

4.3 - Costos de transición

Muchas industrias han invertido durante décadas en infraestructuras diseñadas para combustibles fósiles, lo que hace que la transición a energías limpias sea un proceso costoso y complejo. Modificar o reemplazar plantas de energía, equipos industriales y redes de distribución representa un gasto significativo, lo que frena el cambio hacia fuentes renovables.

4.4 -Altas demandas energéticas

Sectores como la producción de acero, cemento, productos químicos y la minería requieren grandes cantidades de energía que, en la actualidad, es difícil suministrar exclusivamente a partir de energías renovables. Estos sectores son intensivos en energía y dependen de fuentes estables y de alta densidad energética, como los combustibles fósiles.

Aunque se están desarrollando alternativas, como el uso de hidrógeno verde para reemplazar el carbón en la producción de acero, estas tecnologías aún están en fase de desarrollo y no han sido ampliamente comercializadas. Hasta que se perfeccionen y sean viables a gran escala, estos sectores seguirán dependiendo de los combustibles fósiles.

5. CONCLUSIÓN - ENERGÍAS DEL FUTURO

6.1 -Fusión Nuclear[8]

La fusión nuclear es el proceso mediante el cual dos núcleos ligeros, generalmente isótopos de hidrógeno como el deuterio (un protón y un neutrón) y el tritio (un protón y dos neutrones), se combinan para formar un núcleo más pesado, como el helio. Este proceso libera una gran cantidad de energía debido a la conversión de una pequeña parte de la masa en energía, según la ecuación $E=mc^2$

A diferencia de la fisión nuclear, donde se divide un núcleo pesado, la fusión busca replicar las reacciones que ocurren en el interior de las estrellas, como el Sol. La energía de fusión se presenta como una alternativa limpia y prácticamente inagotable, ya que utiliza isótopos de hidrógeno (deuterio y tritio) disponibles en el agua y en ciertos minerales, además de producir residuos radiactivos de corta vida en comparación con los generados por la fisión.

Un ejemplo clave en la investigación actual de la fusión nuclear es el proyecto ITER[9], ubicado en Francia. ITER es una colaboración internacional que busca demostrar la viabilidad de la fusión nuclear como fuente de energía. Este proyecto utiliza un tipo de reactor llamado Tokamak, un dispositivo en forma de toroide (similar a una rosquilla) diseñado para confinar el plasma mediante campos magnéticos intensos y permitir así que se produzca la fusión.

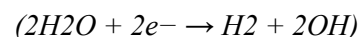
Otro proyecto importante es el Wendelstein 7-X (W7-X) [10], desarrollado en Alemania, que emplea una tecnología diferente conocida como Stellarator. Aunque también busca confinar el plasma, el diseño del Stellarator tiene la ventaja de no requerir la generación continua de corrientes eléctricas en el plasma, como en el Tokamak. Esto le otorga una mayor estabilidad y un potencial de operación continua.

6.2 -Hidrógeno Verde

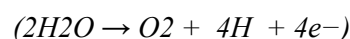
El hidrógeno verde es un tipo de hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovable, como la energía solar o eólica, mediante un proceso llamado electrólisis. En este proceso, se descompone el agua (H_2O) en sus componentes: hidrógeno (H_2) y

oxígeno (O_2), sin generar emisiones de dióxido de carbono, lo que lo convierte en una fuente de energía limpia y sostenible.

En términos químicos, la electrólisis del agua es una reacción redox (reducción-oxidación). En el cátodo (electrodo negativo), el agua se reduce, ganando electrones para formar gas hidrógeno:



En el ánodo (electrodo positivo), el agua se oxida, perdiendo electrones para formar gas oxígeno:



Una vez producido, el hidrógeno verde puede almacenarse y utilizarse para generar energía mediante una célula de combustible. En la célula, el hidrógeno reacciona con oxígeno del aire en una reacción redox inversa, formando agua y liberando energía en forma de electricidad. Este proceso es limpio, ya que el único subproducto es vapor de agua, sin emisiones de gases de efecto invernadero, lo que convierte al hidrógeno verde en una opción clave para una transición energética sostenible.

6. BIBLIOGRAFÍA

Durante el documento se puede encontrar llaves “[]” que encierran a un número, el cual apunta a la cita bibliográfica de donde se extrajo la información. Estas son las referencias:

[1] - [Objetivos de desarrollo sostenible 9: Industria, innovación e infraestructuras] - Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>

[2] - [tit: ¿Qué es la acidificación de los océanos?] - Disponible en: <https://www.nrdc.org/es/stories/acidificacion-oceanos-l-o-debes-saber#soluciones>

[3] - [Solubilidad] - Disponible en el capítulo 12 “Propiedades físicas de las disoluciones” del libro Raymond Chang 11va edición.

[4] - [tit: ¿Qué son las energías renovables?] - Disponible en:

<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/renovables/que-son-las-energias-renovables>

[5] - [Por qué el dióxido de carbono absorbe calor] - Disponible en:

<https://www.meteored.com.ar/noticias/ciencia/un-nuevo-descubrimiento-explica-por-que-el-co2-es-tan-efectivo-para-calentar-el-aire-cambio-climatico.html>

[6] - [Las energías renovables - Naciones Unidas] - Disponible en:

<https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>

[8] - [Fusión Nuclear] - Disponible en:

<https://www.csn.es/fusion-nuclear>

[9] - [ITER ("The Way" in Latin)] - Disponible en:

<https://www.iter.org/few-lines>

[10] - [Wendelstein 7-X] - Disponible en:

<https://www.ipp.mpg.de/w7x>

[11] - [Atrebo & BIGER 2 - Microrredes] - Disponible en:

<https://www.atrebo.com/es/atrebo-participa-en-biger-2-uso-de-inteligencia-artificial-para-eficiencia-energetica-en-microrredes-industriales/>

[12] - [Hidrógeno verde - CONICET] - Disponible en:

<https://noasur.conicet.gov.ar/hidrogeno-verde-energia-limpia-para-salvar-al-planeta/>

[13] - [Algoritmos IA microrredes] - Disponible en:

<https://www.smartgridsinfo.es/2024/04/23/algoritmos-avanzados-ia-para-mejorar-operacion-activos-generacion-renovable-microrredes>

[14] - [Tecnologías de captura y almacenamiento de dióxido de carbono] - [Universidad autónoma de Zacatecas, repositorio institucional (Abstract & Description)] - Disponible en:

<http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/923>