

Informe N1: Laboratorio de Máquinas: Futuro de los MCI y ERNC

Lucas Villalobos Burgos ¹

¹Escuela de Ingeniería Mecánica

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

cristobal.galleguillos@pucv.cl

4 de septiembre de 2020

1. Introducción y Objetivos

Existe una diversa variedad de máquinas, mecanismos y fuentes de contaminación, los cuales generan excesos y residuos que afectan a la normalidad del ambiente. No puede quedar fuera de esto el smog y los materiales particulados, los cuales son generados por vehículos motorizados, la industria, la quema de leña o en general, cualquier tipo de motor a base de combustibles fósiles o la combustión de un material.

Por efecto del tiempo y a raíz de la constante combustión, el ambiente ha sufrido un desgaste, lo que imposibilita un ambiente limpio y sano, ya que la mayoría de las concentraciones de residuos de la combustión se encuentran en centros urbanos, puesto que son las urbes en donde se concentran estos focos destructivos, a pesar de tener industrias alejadas de estos polos.

Entonces, a partir de los daños que generan no solo a la vida de las personas, disminuyendo lentamente su esperanza de vida, sino que también nos encontramos ante una situación de impacto ambiental que puede llegar a ser severo, envenenando sectores con flora y fauna, y propagando enfermedades de diversas clases.

La serie de preguntas a las que se les va a dar respuesta en las siguientes páginas tiene por objetivo la problematización de la contaminación aérea (Polución) , su estudio, la implicación que tiene en la sociedad a nivel legal, métodos de acción y soluciones a las que se pueden llegar para resolver este problema, además de una comparación frente a las demás energías, mayormente renovables o eléctricas, que parecieran estar ganando terreno en donde había un claro dominio de los combustibles fósiles.

2. Revisión de la literatura

Diversos estudios de energías renovables, Rodríguez-Monroy (2018), y de energías convencionales como motores de combustión interna, Reitz (2019), discuten, por medio de análisis energéticos, sobre la capacidad de los motores a seguir prevaleciendo como una de las fuentes primarias de poder en el mundo, algo que también se ve contrastado por las energías renovables, que están ganando más y más terreno para poder solventar las falencias de los MCI, los cuales poseen problemáticas importantes y que deviesen ser paleadas por estos.

En la región Sudamericana, se espera que estemos a la par de Europa y el resto de América en cuanto a reducción de emisiones, lo que debería traducirse en implementación de nuevas tecnologías que, en complemento con los estudios y proyecciones, resolverían algunos de los problemas como el incremento de los precios en los combustibles y la polución, que en conjunto a los avances en almacenamiento y producción de energías en plantas solares térmicas, M.S.Jamel (2012), suponen un esfuerzo por combatir la contaminación del medio ambiente.

Los diversos artículos en la red simulan estadios bastante similares a los expuestos en papers o los estudios anteriormente nombrados. Sin ir mas lejos, especialistas en áreas tan diversas como la ciencia farmacéutica y biomedicina, mecánica, termodinámica, periodistas, comparten estas visiones que se plasmarán en los siguientes apartados.

3. Desarrollo

3.1. Primera Pregunta

Explique el impacto, en la contaminación y en el medio ambiente, de los motores de combustión interna y las turbinas de reacción usadas en aviación (báse en la teoría de la combustión, análisis de los productos de la combustión y busque la normativa nacional vigente)

Para comenzar, vamos a dividir el enunciado con ciertos parámetros, vocablos y esclarecer términos con los que no estamos tan familiarizados o al corriente, con tal de abarcar de mejor manera la totalidad del enunciado y la pregunta:

3.1.1. Teoría de la Combustión, Análisis de los Productos de la Combustión e Impacto

Con respecto a la teoría de la combustión, diversos físicos y científicos (Hooke, von Guericke, Fludd, Bacon) a partir del 1600 sostuvieron teorías sobre la naturaleza del fuego y la reacción que tenía al momento de entrar en contacto con otros materiales. Es acá donde Lavoisier descubre que los productos de la quema de sulfuro y fósforo (sus cenizas) sufrieron un aumento de masa respecto al material inicial, por lo que dedujo que debido al efecto de el aire es que ocurre el aumento de masa y llamó oxígeno a este gas.

Actualmente, sabemos que la conservación de la materia es una de las máximas en la combustión. El análisis de los productos de la combustión nos dan información de la reacción química que se produce, algo fundamental para entender las capacidades de este proceso en cuanto a energías, lo cual se da en todo tipo de motores de combustión interna o de reacción. Parte de la energía que libera y que sirve de impulso para los sistemas y máquinas, genera vapor de agua y la oxidación del carbono, con residuos que pueden ser nocivos para la mayoría de los seres vivos, puesto que las plantas y la flora necesita del CO₂ para un desarrollo pleno, algo que se ha visto en aumento, estudios que muestran como diversos tipos de plantas han alcanzado mayores crecimientos en los últimos años debido al exceso de CO₂ en el ambiente.

Para entender mejor el impacto que podría alcanzar los motores de combustión interna, un auto de porte medio genera aproximadamente 150 gramos de CO₂/Km y un SUV 260 gr/Km. Pensando en 1000 Km, tendríamos residuos del orden del millón y medio y 2,6 millones de gramos, solo pensando en la distancia de un vehículo promedio. Para un avión, sus emisiones llegan a los 3,15 gramos de CO₂ por gramo de combustible, lo que nos da un equivalente de 115 gr por pasajero-Km. A su velocidad crucero generan de manera global, 90 Kg/Hr. Motocicletas y trenes son los menos contaminantes por pasajero, llegando a cifras de 70 y 15 gramos/pasajero-Km.

La siguiente infografía esquematiza la comparativa entre diversos vehículos con un aproximado a estos datos, los cuales están en relación a los gramos por pasajero en un Km.

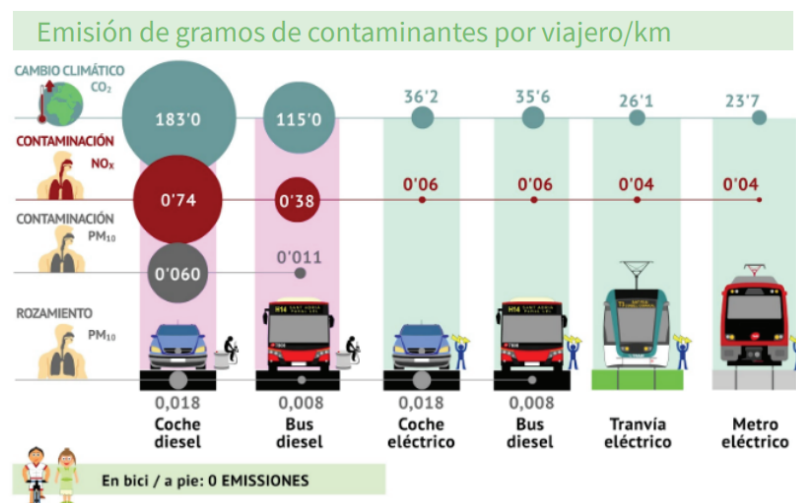


Figura 1: Fuente: Transportpublic.org

Para ilustrarnos, el siguiente gráfico nos muestra el origen de las mayores emisiones por tipo de

vehículo motorizado, con un gran dominio de los autos particulares, que a pesar de que son los que menos contaminan de los vehículos de cabina, se entiende que es el de mayor diversificación y, al fin y al cabo, dentro del parque automotriz es el que más impacto genera al ambiente.

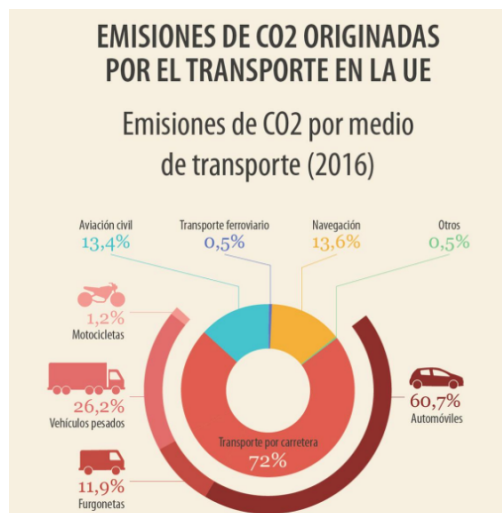


Figura 2: Fuente: Agencia Europea de Medioambiente.

3.1.2. Normativa Nacional

La normativa nacional para la contaminación contempla una emisión de contaminantes de 0,18 gr/Km de un vehículo liviano y mediano, o sea, una Norma Euro 5 desde el año 2013, aunque se ha realizado un anteproyecto para llegar a una norma Euro 6, la más restrictiva en cuanto a polución y se estima que para el 2025, el 80 % de los vehículos de un parque estimado en 4,2 millones estén bajo normativa Euro 5 y 6, significando así que poseerán un filtro de partículas finas para la regulación y reducción de las emisiones en más de un 90 %.

Para la industria, la normativa chilena funciona separando a las emisiones de fuentes estacionarias como termoeléctricas, industria del cobre, emisiones por la quema de leña y vehículos.

Otras normas relativas a las emisiones son las del ministerio del medio ambiente y su norma para termoelectricas, normas de incineración y coprocesamiento, norma para calderas (igualmente normado por el ministerio de salud), además de normas para productos eléctricos y combustibles regulados por el SEC (Superintendencia de electricidad y combustibles).

3.2. Segunda Pregunta

Comente sobre el futuro de los motores de combustión interna

Se tiende a pensar que como la combustión es altamente contaminante (entendiendo que las emisiones de vehículos particulares es mayor a la que genera las industrias) y que el avance de las tecnologías y ciencias, poco a poco se limitará y se dejará de lado a los combustibles hasta que se cese en su uso, lo cuál no es del todo correcto.

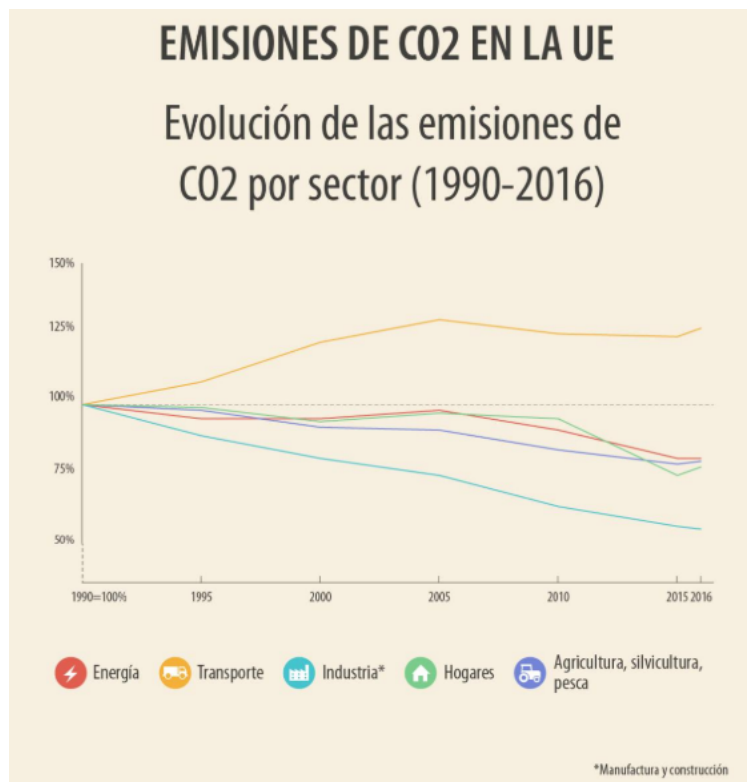


Figura 3: Fuente: Agencia Europea de Medioambiente.

Aunque, eventualmente, deberíamos dejar de usar gasolinas y derivados, estos constituyen una fuente de energía bastante confiable de la cual se nutren muchos de los procesos productivos, por lo que en el corto plazo es muy difícil dejar de usarlos por más contaminantes que puedan llegar a ser, pero eso no quita el hecho de que haya energías renovables tan competentes que puedan llegar a ser un complemento eficaz para los procesos, por lo cual se tendrían dos fuentes de energía con la viabilidad de ir variando, rotando o intercambiándolas según sean las necesidades del proceso, e incluso ser la fuente principal que cuenta con derivados del petróleo como un "backup" en un momento de necesidad frente a una emergencia o un corte.

A pesar de los esfuerzos por usar biocombustibles y motores eléctricos, estos son una parte pequeña de la población automotriz, por lo cual sus impactos en la contaminación son menores a nivel general, pero si los reducimos a comparativas entre vehículos singulares, los niveles de contaminación no distan tanto entre unos y otros tipos de motores, aunque claramente los menos contaminantes son los eléctricos.

Los lineamientos que seguirán los motores de combustión interna, para seguir existiendo como una de las principales fuentes de energía del planeta (25% de la potencia producida), tienen que estar en concordancia a una restricción mayor de las emisiones de CO2, pensando en que el 10% de la contaminación por gases de invernadero es producida por la acción de estos. La eficiencia de las emisiones es otro punto a vencer, pensando en que en los últimos 30 años, las emisiones han sido disminuidas en un 99%, pero se sigue estudiando para mejorar la economía del combustible por medio del uso de biodiesel, menores ratios de emisión de carbón, mejora del torque y extensión de la vida del motor. La competencia contra los motores eléctricos es uno de los puntos más importantes, puesto que son los que ponen en riesgo la utilización de los MCI, pero como se comentaba anteriormente, quizás se termine por implementar sistemas mixtos. La metalurgia de polvos es una de las tecnologías llamadas a ser amigables al medioambiente, lo que permitirá

| | | Operation | | Production / Decomposition | |
|------------------------------|------------------------------|--|---|--|--|
| | | CO ₂ Per kilometer driven (g) | CO ₂ Produced from 100k miles (Mg) | CO ₂ produced from the mechanical production / decomposition (Mg) | CO ₂ Produced from Lithium Ion battery (Mg) |
| Electric Battery Vehicle | Mid-sized Electric Vehicle | 73.9 - 131.5 | 12 – 21 AVG = 16.5 | 7.425 | 2.2 |
| | SUV class Electric Vehicle | 119.3 - 196.45 | 19 – 32 AVG = 25.5 | 11.475 | 3.4 |
| Internal Combustion Vehicles | Mid-sized Combustion Vehicle | 150.4 | 24 | 4.32 | N/A |
| | SUV class Combustion Vehicle | 269.2 | 43 | 7.74 | |

Figura 4: Comparativa entre las emisiones de autos eléctricos y a combustibles.

diseños de MCI con materiales ecológicos, materiales que han probado ser confiables desde hace décadas y que forman parte de la estructura de motores electricos, reduciendo el peso, mejores eficiencias electricas, buenas propiedades magneticas y novedades en cuanto a espacio.

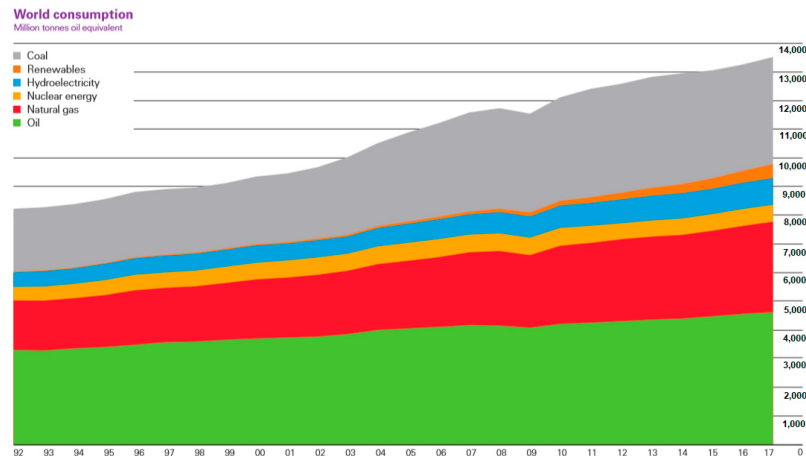


Figura 5: Gráfico comparativo del consumo equivalente a millones de toneladas de petróleo

3.3. Tercera Pregunta

Indique alguna de las posibles innovaciones que podría desarrollar usted como ingeniera/o mecánico en el área térmica

Las principales innovaciones que se pueden realizar en cuanto a energía y a el área térmica es en cuanto a la optimización de los métodos de producción de energía, así como en su utilización y un distribución eficaz, con las menores pérdidas posibles. Aunque puede llegar a ser tedioso y lento el inventar diseños novedosos, si puede ser una real alternativa el equipamiento e implementación de diseños actualmente en el mercado, satisfaciendo la necesidades de manera mas rápida que iniciando estudios experimentales.

Estas implementaciones pueden llevarse a cabo por medio de la ayuda de las energías renovables, puesto que pueden servir como un complemento a las energías fósiles y/o no renovables de manera sinérgica y también como paleativo, ya que las emisiones serán menores, tal como hemos visualizado a la pregunta anterior relativa a los motores de combustión interna. El uso de nuevos tipos de combustibles también puede ser una innovación interesante, el uso de bioetanol, nitrógeno líquido o de hidrógeno (verde) que se presentan como alternativas son grandes candidatos, aunque siempre se debe tener ciertos problemas como la producción de estos combustibles frente a las materias primas que ya están disponibles para ser usadas en el medio ambiente, especial entendimiento de las perdidas de potencia que puede conllevar el hidrógeno debido a su baja densidad y menor cantidad de energía generada por unidad de volumen, cuidado con la inflamabilidad y lo peligroso que puede llegar a ser el tener un tanque de hidrógeno en el vehículo o en un sistema estacionario frente a una emergencia, por lo que también se puede innovar y resolverlos, pero siempre recordando que son subproblemas asociados a un evento mas grande como lo es la mejora y eficiencia de los procesos energéticos y del área térmica.

Pensemos un momento en las regiones del norte y en su clima. Paneles solares no son para nada una mala idea puesto que se dan condiciones que podrían catalogarse de óptimas, aunque una mejora que se puede hacer a este modo de recolección de energía es pensando en la energía que se puede reflejar mediante los rayos solares, un heliostato. Estos heliostatos funcionan debido al movimiento y direccionamiento de espejos, lo que resulta muy útil al momento de aprovechar estos rayos, que en su conjunto logra calentar un fluido, como agua o sal líquida, que en un intercambiador de calor generará vapor de agua para que pueda accionar una turbina.

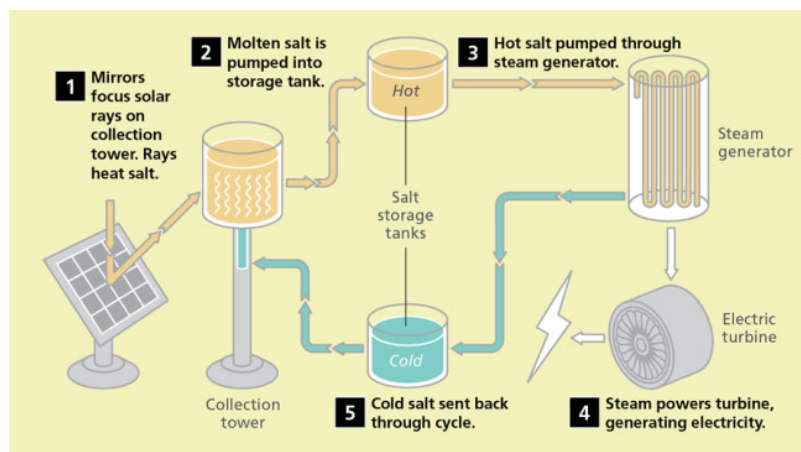


Figura 6: Esquema de la planta térmica de sal.

La explicación de este sistema es simple, una recirculación de un compuesto salino fundido que en caliente (más de 550 C hasta 1000 C), debido al calor obtenido por los rayos reflejados, es bombeado a través de un intercambiador de calor, el cual genera vapor de agua y acciona a una turbina, la que producirá electricidad. Este tipo de almacenaje térmico se lleva a cabo como grandes instalaciones de espejos solares y está probado en que es un método de mejorar la eficiencia de estas redes, aunque va en desmedro del paisaje y el espacio del mismo, puesto que los tanques de almacenamiento son bastante grandes, sumado ya al terreno usado en la red cristalina y en las tuberías. Mejoras a este diseño pueden llegar a ser provechosas, tratando de dar respuesta a los problemas de espacio o, inclusive, en los materiales usados para los cristales. Estos espejos suponen un reto en ocasiones ya que, no importando que materiales de silicona sean el material predilecto

por años debido a que no absorbe calor al reflejar, si se considera un problema que el tamaño de granos sea muy grande como para crearlos facilmente, por lo que el precio resulta alto. Hoy en día, un material de cobre-indio-galio-selenio llamado CIGS es el espejo favorito, independiente de no lograr las excelentes eficiencias de la silicona cristalizada se le prefiere por el bajo costo de la manufactura. Si pensamos y estudiamos una mejor forma de fabricar cristales, tendríamos en nuestras manos una solución factible con alta eficiencia de energía renovable.

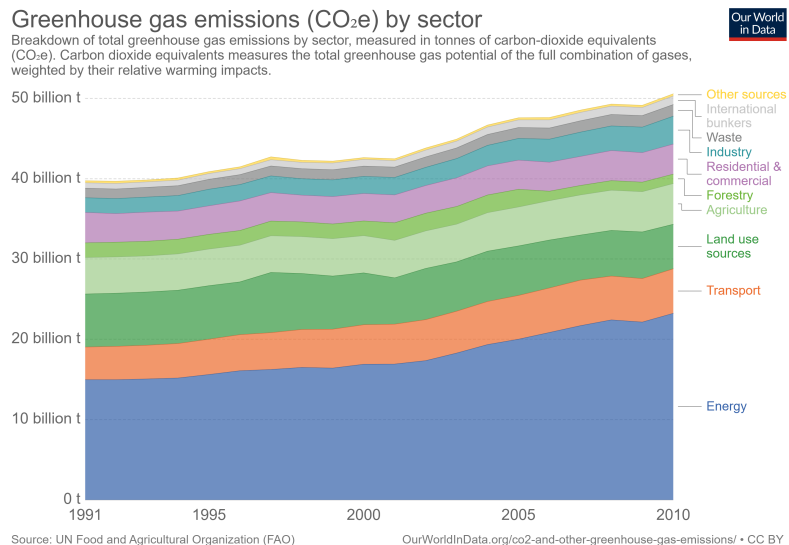


Figura 7: Gases de efecto invernadero producidas según sector.

3.4. Cuarta Pregunta

Proponga algún desarrollo potencial de ERNC, a pequeña escala, pensando en: una casa, una comunidad, una sala de clases o en la misma escuela o laboratorio

Para la implementación de ERNC no solo se debe pensar en la capacidad y las potencias que alcanza, sino también las ubicaciones y las localidades a las que apunta, puesto que las diferencias a las que se ven sometidas es una parte fundamental de la efectividad que puede alcanzar la implementación de un tipo específico de energía. Con esto en cuenta, si pensamos en pequeñas escalas, quizás lo más eficiente puede llegar a ser algún desarrollo en cuanto a energía solar, eso si consideramos a la región ya que la mayoría del año alcanza días despejados, aunque no es tan viable en viña como al interior de la región de Valparaíso, puesto que la nubosidad matinal afecta a la costa de una manera agresiva. Si seguimos con la idea de los paneles solares, la implementación no puede llegar a ser útil para tareas que necesitan de mucho tonelaje energético, sino que más bien para almacenar energía para una sala o un laboratorio, como establece la pregunta, inclusive para el calentamiento de agua como un método alternativo al calefón y al gas. El taller podría llegar a ser alimentado, de igual manera, con energía solar, con algún tipo de mejora de solidez en el tejado con tal de que sea capaz de sostener los paneles, debiera ser una alternativa interesante a las tomas de corriente, incluso como se presentaba en la pregunta anterior, como un potenciador o un complemento.

Actualmente hay diversos mecanismos de retención y almacenaje de energía, debido mayoritariamente a los novedosos tipos de baterías que se implementan, sumado a los convertidores, máquinas rotativas y generadoras que se llevan estudiando y actualizando desde hace décadas permiten sacar mejor provecho a estas innovaciones. Sistemas de generación como por ejemplo por medio de aire comprimido, por volantes de inercia, por bombeo de agua, "Vehicle to grid", son buenas opciones como para implementarse debido a facilidades de construcción, de pequeña mediana escala y sistemas poco complejos, todos posibles desarrollos dentro del área térmica.

La capacidad de solventar un lugar de trabajo, una casa, un laboratorio, etc, se ve reflejado en las necesidades productivas, por lo que hace sentido que en este tipo de instalaciones, las energías renovables sean viables para establecer un lugar más limpio y solventable.

Imaginemos ahora otro lugar de Chile, el sur. En ciertos lugares a partir de la 8ava región, la energía eólica está siendo usada debido a las altas velocidades que alcanzan las ráfagas de viento, lo que sumado a extensos espacios en los campos, logra impulsar las granjas o productores agrícolas en el cono sur. Las condiciones de viento en el interior rondan los 25 Km/Hr a 100 Km/Hr, con lo cual son números bastante decentes para implementar hélices. Instalaciones de 20-30 generadores permiten grandes cantidades de electricidad, pensando en que una sola hélice de gran envergadura puede llegar a los 660 KW a velocidad constante y los parques eólicos chilenos generalmente oscilan entre 10 MW a los 500 MW. Además, la electricidad producida por los aerogeneradores puede ser almacenada en baterías que sean amigables con el medio ambiente como baterías electroquímicas que poseen un electrolito sólido o baterías de flujo redox que es un tipo de batería recargable.

4. Conclusión

Ultimamente, la implementación de ERNC se perfila cada vez más indispensable para contrarrestar la contaminación debido a la acción exagerada que se ha ido suscitando en los últimos siglos, a partir de la primera revolución industrial, con tasas de contaminación que se dispararon en medio de la guerra fría y que actualmente ha bajado conforme al avance de las tecnologías, sumado al declive energético que se evidencia por el crecimiento de la cantidad de empresas y de población con necesidades de electricidad, por lo que este abastecimiento se complica al paso de los años.

Pero, independiente de estas problemáticas persistentes por décadas, se han hecho avances y descubrimientos que poco a poco nos conducen a sanear y limpiar nuestro ambiente, nuestras ciudades. Avances lentos pero no vanos, que nos muestran un futuro en el que se espera alcanzar una condición de Cero Emisiones de motores híbridos capaces de generar grandes torques y, a la vez, eficientes y óptimos. Sin duda, hay sectores mas avanzados que otros, tecnologías mejor refinadas como lo son la directa utilización de energías renovables, o el biodiesel, que se han desarrollado en los últimos años y que se esperan proyecciones positivas para su implementación masificada, algo que no podemos predecir para estaciones térmicas solares, que constan de buenos números y eficiencias mucho mejores que los anteriormente mencionados, pero que su viabilidad económica lo hace difícil de situar como un sustento importante de la energía planetaria, pero que está a la espera de ese salto tecnológico que le permita ser el líder de las ERNC.

Como punto final, las direcciones que toma la industria de los combustibles representa un bonito cambio para el mundo, pensando en que los trillones de dolares por año que generan y sus masivas infraestructuras están por ser modificadas en busca del mejoramiento de las condiciones actuales de funcionamiento, lo cual representa una búsqueda de satisfacer políticas ambientales beneficiosas para las personas, tomando en cuenta el rol social al que se relaciona la empresa con quienes la rodean.

Referencias

- [1] R D Reitz, H Ogawa, R Payri. The future of the internal combustion engine (English), 2019; University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, USA; Hokkaido University, Sapporo, Japan; Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain. <https://doi.org/10.1177/1468087419877990>
- [2] M.S.JamelA.Abd RahmanA.H.Shamsuddin. Advances in the integration of solar thermal energy with conventional and non-conventional power plants (English), 2012. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.027>
- [3] Carlos Rodríguez-Monroy, Gloria Mármol-Acitores, Gabriel Nilsson-Cifuentes. Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy sources – A focus on biomass (English), 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.059>
- [4] Nickischer, A. Environmental Impacts of Internal Combustion Engines and Electric Battery Vehicles. D.U. Quark, Contest Submissions (Englsh), 2019.
- [5] Felix Leach, Gautam Kalghatgi, Richard Stone, Paul Miles. The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines (English), 2020. University of Oxford, UK; Sandia National Laboratories, Livermore, CA, USA. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2020.100005>
- [6] Mochidome Takashi, Hokoi Shuichi, Ogura Daisuke, Takamura Masahiko, Suzuki Jun. Improvement of thermal environment and reduction of energy consumption for cooling and heating by retrofitting windows (English), 2013. Kyoto University, Kyoto, Japan; VEC, Japan; LIXIL, Japan. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.10.006>
- [7] Antoine Lavoisier.
Sur la combustion en général, 1779. (Français); Sobre la combustión en general.
- [8] Horizon Technology: Engines Electrification,
<https://www.horizontechnology.biz/blog/future-of-internal-combustion-engine-design-trends>
- [9] LabRoots: Science,
<https://www.labroots.com/trending/chemistry-and-physics/12212/molten-salt-the-seasoning-renewable->
- [10] Discover: Science Magazine and technology,
<https://www.discovermagazine.com/technology/9-ways-to-store-energy-on-the-grid>