



Informe N°1: Laboratorio de Máquinas

Motor de combustión interna, turbina de reacción y desarrollo potencial de ERNC.
Enfoque medioambiental

Autor: Vicente López Baeza

Profesores: Cristóbal Galleguillos - Tomás Herrera

Curso: ICM 557

Fecha: 4 de septiembre, 2020

Escuela de Ingeniería Mecánica, PUCV

Resumen

Este trabajo de investigación analiza el motor de combustión interna y la turbina de reacción desde un punto de vista medioambiental. Para el motor se toman en cuenta las normativas vigentes y los productos de la combustión, se compara con las emisiones generadas por un vehículo eléctrico bajo distintas consideraciones, y finalmente se establecen relaciones entre los niveles de emisión de CO₂ de los tipos de vehículos que hay actualmente en el mercado, llegando a que, sólo considerando la vida útil (no las emisiones durante la fabricación), el motor eléctrico es el que menos emite contaminantes, seguido del motor híbrido, luego el Diesel, y finalmente el motor de ciclo Otto.

Luego se analiza el motor de reacción utilizado en la industria de la aviación, la cual emplea una mezcla de aire con un hidrocarburo para lograr la combustión. Esta combustión produce contaminantes emitidos directamente a la atmósfera a gran altitud, provocando un aceleramiento del efecto invernadero y la alarma de diversas autoridades alrededor del mundo, lo que llevó a establecer que a partir del 2020 la industria procure ser carbono neutral.

Las energías renovables no convencionales son la opción sustentable y quienes debiesen alimentar motores eléctricos para que el consumo energético en las ciudades sea lo más limpio posible. Aún así, la dificultad que significa el almacenar y transportar este tipo de energía hace que aún levante dudas a inversionistas.

El futuro energético radica en la obtención más limpia posible de energía, y la transición irá bien encaminada junto a la correcta asignación de equipos para sus aplicaciones, por ejemplo, no es sustentable emplear aeronaves para viajes inferiores a los 500 kilómetros debido a las altas emisiones por pasajero-kilómetro, las cuales disminuyen drásticamente para viajes más extensos. Así, para viajes cortos cotidianos por debajo de los 150 kilómetros, lo mejor es tener un vehículo con motor eléctrico, mientras que para viajes entre 150 y 500 kilómetros se debiese preferir uno con motor de combustión interna, y para viajes por sobre los 500 kilómetros lo más viable y menos contaminante, por pasajero desplazado, es el motor a reacción, es decir, una aeronave.

Índice

Contenido

Resumen.....	2
Índice.....	3
1 Introducción.....	4
2 Revisión de la Literatura	5
3 Desarrollo.....	6
3.1 Motores de combustión interna	6
3.2 Turbinas de Reacción.....	8
3.3 Energías renovables no convencionales (ERNC).....	9
4 Conclusión.....	11
5 Referencias y Bibliografía.....	13

1 Introducción

En el presente trabajo se investiga el impacto de dos grandes industrias mundiales en el medioambiente y cuánto éstas aportan a la contaminación y al aceleramiento del efecto invernadero. Por una parte, se estudia el motor de combustión interna principalmente aplicado en vehículos, sus emisiones y su porvenir. Luego se analiza el motor a reacción utilizado en aeronaves para su propulsión a través de los aires.

El futuro del motor de combustión interna afecta directamente la labor de la ingeniería mecánica, cerrando un área, pero dejando grandes alternativas que sólo esta área de conocimiento puede solucionar.

Las energías renovables no convencionales están en auge y las autoridades del mundo ponen presión cada vez más intensa sobre los gobiernos para que adopten estas formas de obtención, por lo que en este informe también se revisa el contexto energético de Chile y su agenda a futuro.

2 Revisión de la Literatura

Para el presente trabajo se emplearon los apuntes del profesor Ángel Valdés para el curso “Motores de Combustión Interna” impartido en 2020, artículos periodísticos provenientes de Caranddriver.com, página web española propiedad de Hearst Magazines International, y de Theconversation.com, medio independiente sin fines de lucro que comenzó en Estados Unidos y se expandió a Canadá, Reino Unido, Francia, España, entre otros. También se hizo uso del trabajo de fin de grado desarrollado por Federico Aguilera Reina en la Universidad de Sevilla el año 2015 para extraer datos sobre el impacto de la aviación en el medioambiente, y de apuntes brindados por el profesor Yunesky Masip para el curso “Plantas de Fuerzas”.

3 Desarrollo

3.1 Motores de combustión interna

Los motores de combustión interna toman dos reactivos, el aire y el combustible, para hacerlos reaccionar de la forma que corresponda al ciclo en cuestión (Otto o Diesel). El producto de esta reacción está dado por la ecuación de combustión de hidrocarburo, en la que se realiza el balance atómico según la composición del combustible y se determinan las proporciones de los gases de combustión. En estos últimos, figuran gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos sin quemar y partículas de plomo, entre otras, además de un gas indetectable, pero aún tóxico para el ser humano, el monóxido de carbono.

[1] Actualmente Chile está regido por dos decretos para regular las emisiones producidas por los motores utilizados a lo largo del país. Para aquellos con encendido por chispa, rige el tipo norma DS 211 octubre 1991, el cual impone mediciones obligatorias de, a lo menos, HC, CO y CO₂, las que se deben realizar en plantas de revisión técnica en ralentí (350 a 1100 rpm) y en alta velocidad (2200 a 2800 rpm). Para aprobar la revisión, los gases de combustión deben cumplir, en ambos regímenes, con los niveles de emisión correspondientes, que exigen un máximo de 0,5% CO, 100ppm de HC y no más de 6% entre CO y CO₂. En el caso de los motores con encendido por compresión, rige el tipo norma DS 4 enero 1994, el cual estipula que la emisión de contaminantes por el tubo de escape de los vehículos Diesel considera solamente partículas en suspensión medidas a través del índice de ennegrecimiento, opacidad u opacidad en flujo parcial, y se aceptan distintos valores en función de la potencia del vehículo, del diámetro del tubo de escape o de la potencia del ensayo. Cabe destacar, para ambos casos, que las mediciones se estiman como el valor máximo de emisión de un motor en buen estado, pues, si no cumplen con las exigencias, no tienen permitido funcionar bajo el marco de la ley.

Los factores contaminantes producto de la combustión y la baja eficiencia que conlleva su uso levantan cuestionamientos sobre estas máquinas, causando una inclinación cada vez

mayor hacia motores eléctricos o híbridos, debido a los bajos costos de mantención y bajo impacto ambiental, el cual depende de las fuentes de energía que se empleen ya sea para su fabricación o recarga.

[2] Se puede establecer que, en términos de CO₂ emitido a la atmósfera, un vehículo eléctrico genera la mayor contaminación durante su fabricación debido a la extracción de materias primas y fabricación de componentes, y puede también generar eventuales emisiones durante su vida útil dependiendo de la fuente de la energía con la que se carguen sus baterías, sin embargo, estas no se equiparan a las de un motor de gasolina o diesel trabajando en condiciones similares. En estos casos, el CO₂ que se emite es el 12% durante la extracción y transporte del petróleo crudo, 7% durante la refinación y transporte a gasolineras, y el 80% durante su vida útil, es decir, producto de la combustión para producir el funcionamiento. Si únicamente se considera el período de vida útil, y además se consideran las fuentes de energía para las baterías de un vehículo eléctrico o híbrido como renovables no convencionales, se puede establecer que un motor eléctrico emite hasta un 70% menos contaminantes que un MECH, 61% menos que un MEC y 34% menos que un motor híbrido.

Los motores eléctricos parecen excelentes opciones, no obstante, su mayor desventaja es el almacenamiento de energía, factor importante al momento de buscar una gran autonomía, en el cual los hidrocarburos fósiles destacan y son la razón de su amplia utilización. A pesar de ello, mantienen una eficiencia total del 76% desde la obtención de la energía hasta el trabajo realizado, cifra considerablemente mayor a los índices de eficiencia de motores de combustión interna, y que los convierte en una excelente opción para opciones de transporte al interior de las ciudades, como buses y taxis, logrando una considerable reducción de emisiones y contaminación acústica.

Todo esto apunta al fin de los motores de combustión interna al interior de las ciudades, sin embargo, siguen otorgando las mayores autonomías para largas distancias gracias a su elevada densidad energética, por lo que se seguirán siendo empleados en industrias con estas necesidades, como la aeronáutica.

3.2 Turbinas de Reacción

Las turbinas de reacción, o motores a reacción, son máquinas empleadas en la aviación que aprovechan la tercera ley de Newton para impulsar aeronaves. [3] Predominan dos combustibles en esta industria: Avgas 100LL, gasolina de alto octanaje cuya combustión genera $2,199 \left[\frac{kg \ CO_2}{L} \right]$; JP-5, principal combustible para aeronaves con motores a reacción que genera $2,527 \left[\frac{kg \ CO_2}{L} \right]$. En su totalidad, los gases de escape de los motores de las aeronaves contienen, CO₂, vapor de agua, NO, NO₂, hidrocarburos sin quemar, CO, óxido sulfúrico y cantidades despreciables de hollín.

Todas estas emisiones provocan efectos considerables en el cambio climático debido a la emisión directa de gases de efecto invernadero entre la tropósfera superior y la estratósfera inferior, así, [4] esta industria es la responsable del 2,4% de las emisiones mundiales debidas a combustibles fósiles. Además, se ha comprobado que los vuelos cortos emiten más contaminantes por pasajero-kilómetro, haciendo una clara división entre los tramos de conveniencia para la aplicación de distintos medios de transporte.

[4] El marco regulatorio para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por aviones se encuentra bajo la Organización Internacional de Aviación Civil, organismo perteneciente a las Naciones Unidas que ha acordado dos metas para la aviación internacional, primero, busca una mejora anual del 2% en la eficiencia hasta 2050, y segundo, conseguir un crecimiento carbono neutral a partir de 2020.

3.3 Energías renovables no convencionales (ERNC)

Las energías renovables no convencionales son aquellas que tienen un tiempo de restitución similar al tiempo de vida humana, es decir, son capaces de regenerarse con cierta rapidez. Esto les permite llamarse “fuentes inagotables”.

[7] Actualmente se hace cada vez más necesario a nivel mundial el acercarse más a este tipo de energía. En el mundo la forma de obtención de energía es un indicador clave del nivel de desarrollo de un país, por esta razón, Chile se encuentra en un estricto plan energético iniciado en 2018, el cual espera que, para 2050, el 70% de la generación eléctrica del país provenga de energías renovables.

Entre las energías renovables se pueden encontrar la solar (radiación del sol), eólica (energía del viento), geotérmica (calor al interior de la tierra), bioenergía (biomasa), undimotriz (movimiento de las mareas) y, por último, aunque controversial, la energía hidráulica.

El plan energético mencionado anteriormente ha comenzado a rendir frutos, lo que se evidencia analizando datos públicos del coordinador eléctrico nacional sobre la energía generada en el país. Estos indican que en el año 2009 Chile tenía una generación bruta nacional de 55.949 [MW], de la cual menos del 1% provenía de fuentes renovables. Diez años después se ve el avance, pues al menos el 20% de los 77.637 [MW] generados provienen de ERNC, donde la energía solar fotovoltaica y la energía eólica marcan gran presencia (los porcentajes mencionados no consideran la energía hidráulica).

Chile es un país que importa casi la totalidad de la energía que consume, por lo que se considera energéticamente dependiente de países extranjeros y, como la energía tiene un alto impacto en la economía, crea incertidumbre a la hora de crisis globales, pues se puede ver fácilmente arrastrado hacia ellas. Esto hace imprescindible el tomar importancia de las ERNC y el fuerte auge al que apuntan, ya que el país podría ser un gran impulsor debido a la riqueza de recursos naturales que posee y la gran diversidad de ecosistemas donde se puede extraer energía (mares, desiertos, entre otros) a un reducido costo medioambiental.

Si bien las ERNC no han logrado abrirse camino a gran escala, sí han significado grandes mejoras en la calidad de vida en poblaciones a las que se les ha facilitado termopaneles solares para que pudiesen tener agua caliente, por ejemplo, y siendo el norte de Chile la potencial capital de la energía solar, así como del hidrógeno verde, las inversiones e ingeniería nacional debiese apuntar en dirección de la energía sustentable.

4 Conclusión

La explotación de recursos naturales ha sido fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías y del intelecto humano, pues le ha permitido crear y transformar todo a su alrededor. Por otro lado, la sobreexplotación de estos ha sido el detonante de problemas sociales, económicos y ambientales que han ido obligándolo a reinventar la forma en la que obtiene esa energía, para poder hacerlo cada vez más de una forma más responsable y sustentable.

Los MCI, turbinas de reacción, o máquinas que funcionen con combustibles fósiles en general que son usadas para satisfacer necesidades y solucionar problemas, han significado la mejora de la calidad de vida, y seguirán aportando al menos hasta que las tecnologías 100% sustentables sean capaces de reemplazarlos en su totalidad. Hasta entonces, será labor de ingenieros encontrar las vías de desarrollo que permitan abrir paso a través de la industria para que las ERNC puedan cumplir los mismos estándares de seguridad, potencia y autonomía.

Esto no quiere decir que el desarrollo en motores de combustión interna se debe detener, ya que serán pilar fundamental para los años de transición de energía convencional a renovable, por lo que siguen siendo requeridas modificaciones y optimizaciones a estas máquinas, e incluso una eventual transformación, ya que la cantidad de material desechado ante una hipotética muerte de los MCI sería de gran magnitud.

La labor de la ingeniería mecánica está perdiendo fuerza en cuanto al transporte dentro de las ciudades, sin embargo, aún se requiere optimizar la climatización de edificios, vehículos y hogares, así como mejorar la calidad de los materiales y eficiencia con la que distintos equipos operan en la actualidad, por lo que el fin de los motores de combustión interna en ningún caso significaría el fin de la teoría que los pone en funcionamiento.

En cuanto a las ERNC, estas tienen la ventaja de ser formas limpias de energía, pero las desventajas en su almacenamiento, la intermitencia de su abastecimiento y, en algunos casos, su baja eficiencia total entre su obtención y el trabajo realizado, hacen que no sean la mejor opción en la búsqueda de una entrega abundante e ininterrumpida de energía.

Con todo esto en mente, es posible determinar, para el rubro del transporte, un rango de distancia donde se optimiza el uso de energía según el motor que se emplee, siendo el eléctrico ideal para distancias cortas (<150 km), MCI ideal para distancias medias (150-500 km) y aeronaves para distancias largas (>500 km).

5 Referencias y Bibliografía

- [1] ANGEL VALDÉS MUÑOZ, “COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES”, APUNTE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, 2020
- [2] CAR AND DRIVER, “ELÉCTRICOS, HÍBRIDOS, DIESEL Y GASOLINA: ¿CUÁNTAS EMISIONES PRODUCEN EN SU VIDA ÚTIL?”, CARANDDRIVER.COM, 2020
- [3] FRANCISCO AGUILERA REINA, “IMPACTO DE LA AVIACIÓN SOBRE EL MEDIO AMBIENTE”, UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2015
- [4] MARIANO MARZO CARPIO, “¿CUÁNTAS EMISIONES EVITARÍAMOS SI DEJÁSEMOS DE VIAJAR EN AVIÓN?”, THECONVERSATION.COM, 2020
- [5] YUNESKY MASIP, “INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES”. APUNTE PLANTAS DE FUERZA, 2020