

AERONAVES ELÉCTRICAS, DESAFÍOS AÚN PENDIENTES



Por René Jorquera Escobar. Director de Tecnología e Innovación del CEEA.

19 de febrero de 2024. 9 Min. de lectura.

I.- Introducción.

La crisis medioambiental que estamos viviendo producto del desarrollo y progreso que como humanidad hemos experimentado durante los últimos 100 años tiene, a decir de muchos, un origen conocido, las emisiones que producen la combustión de combustibles fósiles en los motores que a diario utilizamos para las más diversas labores de la vida cotidiana. Esta combustión estaría generando un efecto invernadero, aumentando la temperatura media en nuestro planeta, generando fenómenos meteorológicos poco usuales y amenazando la vida en la tierra.

Esta realidad, que no podemos ocultar, ha impulsado a la comunidad de naciones a buscar una solución que permita mantener los valores del calentamiento global en estándares aceptables para la vida humana, y que a la vez permitan revertir el daño que este fenómeno está provocando al medio ambiente, algo que, sin lugar a duda, de no mediar medidas correctivas terminará afectando de manera irreparable nuestra forma de vida, amenazando nuestra subsistencia como especie.

Una de las medidas que los gobiernos se han comprometido a impulsar, que va directamente a atacar la fuente de estos males, es disminuir el uso de combustibles fósiles mediante la conversión del parque automotriz hoy en día existente. Esto ha impulsado el desarrollo de lo que ha venido en llamar electromovilidad, buscando por este medio reducir los gases que producen este efecto invernadero.



Avión eléctrico Alice de la compañía israelita Eviation. Fuente: Canal2tv.com

Esta estrategia ha producido un avance acelerado en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en el ámbito de los motores eléctricos y las baterías, lo que ha permitido que hoy podamos ver una amplia oferta de vehículos eléctricos, los que gracias a este impulso han logrado solucionar en gran parte los problemas asociados a su autonomía y tiempo de recarga de las baterías.

En el campo de los motores eléctricos se ha avanzado en la producción de unidades de fuerza más compactas, de menor peso y capaces de producir valores importantes de potencia y torque, en algunos casos muy superiores a los que se obtienen con motores de combustión interna de igual peso. De igual forma, la industria de las baterías eléctricas, el otro elemento vital para hacer viable la electromovilidad, ha avanzado notablemente alcanzando mayores capacidades de almacenamiento de energía, menores pesos, mayores velocidades de recarga y mayor cantidad de ciclos de recarga, cuatro características que definen una batería.

A la vista de estos avances, es lógico ilusionarse con que estos desarrollos puedan aplicarse al mundo de la aviación, convirtiendo en realidad el desarrollo de aeronaves eléctricas para el transporte de pasajeros y cargas a grandes distancias, disminuyendo de paso las emisiones de gases contaminantes que la industria aeronáutica también provoca.

El reto que representa traspasar estas innovaciones a aeronaves que sean completamente operativas y viables, es hoy en día un desafío mayor, ya que hay obstáculos que impone el escenario aeronáutico que aún no han sido resueltos y sobre los que todavía queda camino por andar.



Imagen: Eviation.

En este sentido, son múltiples las empresas que se encuentran en fase de investigación y desarrollo de aeronaves que puedan presentar capacidades viables para permitir el transporte de carga y/o pasajeros a distancias que hagan rentable el desarrollo de estas aeronaves, y cumpliendo además con la normativa que regula el sector aeronáutico, sin embargo, hoy aún no podemos vislumbrar con claridad cuanto tiempo se requerirá para salvar estos desafíos.

II.- Desafíos.

El desafío de construir aeronaves eléctricas tiene relación, tal como ya se ha planteado, con aspectos de desarrollo tecnológico, pero también con aspectos relacionados con la seguridad aeronáutica, tal como veremos a continuación.

A.- El desafío que imponen las Baterías.

Tal como sucedió en su momento con los vehículos terrestres, el primer gran desafío lo representan las baterías necesarias para alimentar los motores eléctricos. Hoy en día, en el estado actual de la tecnología, las baterías de iones de litio, las más usuales en la aviación eléctrica, tienen una densidad de energía limitada. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE), las baterías de iones de litio tienen una densidad de energía de alrededor de 250 Wh/kg¹, mientras que el combustible de aviación tiene una densidad de energía de aproximadamente 12.000 Wh/kg.

Esta dramática diferencia significa en la práctica que para disponer de la misma cantidad de energía se requiere más kilogramos y volumen de baterías eléctricas, es decir es mucho más peso y volumen que levantar al despegue, por ello, hasta este momento, los aviones eléctricos sólo son viables para vuelos en tramos cortos.

En la práctica, y debido a estas limitaciones, los aviones eléctricos a menudo tienen una autonomía de vuelo limitada. Por ejemplo, el "Alice" de la compañía israelí Eviation Aircraft, uno de los aviones eléctricos más avanzados, tiene una autonomía de alrededor de 402 kilómetros, lo que claramente es insuficiente para vuelos de larga distancia.

Otro desafío importante, en esta materia, lo constituye la cantidad de ciclos de recarga que las baterías actuales pueden soportar. Es claro que mientras menos ciclos de carga se puedan realizar, las compañías aéreas se enfrentarían a la necesidad de contar con un sistema de eliminación de grandes cantidades de estas baterías, las que por su composición química constituyen un elemento peligroso para el medioambiente, algo que no es trivial y que debe ser evaluado en profundidad.

De igual forma, la recarga de las baterías de aviones eléctricos es otro de los grandes problemas, ya que lleva mucho más tiempo que llenar el tanque de combustible de un avión convencional. Mientras que el repostaje de combustible de aviación puede realizarse en menos de una hora, la recarga de baterías puede llevar varias horas o más, dependiendo de la capacidad de carga y la infraestructura disponible. Esta característica puede ser abordada mediante el recambio de baterías en el aeródromo o aeropuerto, con lo cual se pueden eliminar los tiempos muertos que la recarga de baterías conlleva. No obstante, lo anterior, se debe considerar la adaptación de la red eléctrica que permita la carga de baterías.

Hoy en día, la infraestructura aeroportuaria está diseñada y adaptada para atender aeronaves que utilizan motores a combustión, por ende, un reto adicional será su adaptación para atender aeronaves que utilizan motores eléctricos, lo que implicará ingentes inversiones para acondicionarlos a este nuevo requerimiento. Huelga decir que la capacidad

¹ Watts hora por Kilogramo, medida de densidad energética que representa la cantidad de energía que contiene un sistema en comparación con su masa.

de producción de electricidad deberá ser expandida para poder satisfacer esta nueva necesidad sin sacrificar las demandas de energía eléctrica de los ciudadanos comunes, es decir sin alterar el funcionamiento normal de las ciudades.

En relación con este último punto, a todo esto, hay que sumar que según datos de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), la implementación de infraestructura de carga rápida es un desafío realmente complejo, aunque clave para la aviación eléctrica, y se requiere una inversión enorme para establecer estaciones de carga en aeropuertos de todo el mundo.

En resumen, las baterías eléctricas aún presentan aspectos desventajosos en cuanto a peso, densidad de energía, tiempo de carga y vida útil de las mismas. Estas desventajas impiden pensar en aeronaves eléctricas de largo alcance, estando hoy este tipo de aeronaves restringidas a las cortas distancias. Aun cuando algunos de estos aspectos podrían ser abordados con soluciones alternativas como en el caso de los tiempos de recarga que puede ser enfrentado mediante el recambio de baterías, los problemas que representan el exceso de peso y la poca densidad de energía son desventajas cuya solución no tiene respuesta, al menos en el corto plazo.

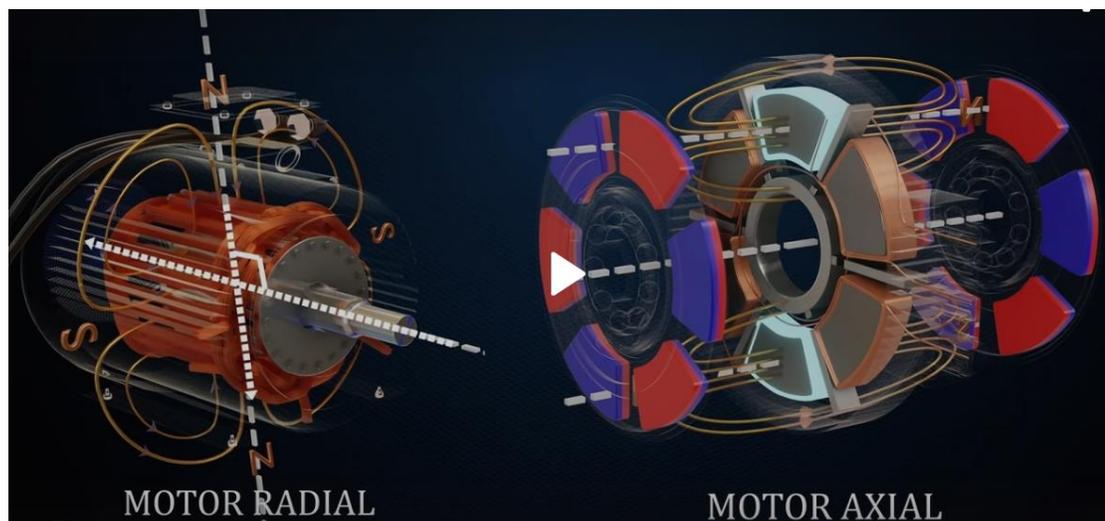
B.- Motores eléctricos y hélices.

Los motores eléctricos también han evolucionado en las últimas décadas en busca de mayor eficiencia, una prueba de ello es el desarrollo, entre otras iniciativas, de motores de flujo axial, que tienen mejores prestaciones que sus pares de flujo radial por lo que han recibido mayor atención particularmente por parte de los fabricantes de vehículos eléctricos. Estos motores reciben su nombre del hecho que el flujo magnético requerido para mover el motor se desplaza paralelo al eje de rotación, en contraposición con los motores de flujo radial, en cuyo caso el flujo magnético se encuentra perpendicular al eje de rotación.



Motor eléctrico de flujo axial. Fuente Testcoches.es

Estos motores no son algo nuevo, y aunque es ahora cuando se está empezando a oír sobre ellos, son una geometría de construcción de motor eléctrico que ha existido desde la llegada de los primeros motores electromagnéticos. Sin embargo, producto de los desafíos técnicos que estos motores imponían, pocas empresas consiguieron en el pasado desarrollar productos viables a nivel comercial. El desarrollo tecnológico de las últimas décadas ha permitido manejar los retos técnicos que presentaba tener un rotor más ancho que genera mayores fuerzas centrífugas y una mayor inercia de rotación, como también el hecho que por su diseño el flujo magnético se distribuye de forma desigual por sus segmentos en forma de cuña y disponen de menos espacio para devanados y conexiones porque sus segmentos se estrechan hacia el centro.



Flujo magnético en motores de flujo radial y flujo axial.

Ahora que se dispone de la tecnología, la producción de motores eléctricos de flujo axial sí que es comercialmente viable, pudiendo aprovecharse de mejor forma alguna de las características inherentes a su diseño como el hecho que produzcan mucho más par motor² que sus homólogos de geometría radial. Esto en la práctica se produce porque en estos motores el elemento giratorio, rotor, se ubica en el exterior del diámetro, de tal modo que son capaces de producir más par motor y, además, también ocupan menos espacio. Frente a un motor radial de dimensiones idénticas, o muy parecidas, uno de estos motores de flujo axial es capaz de producir hasta un 40% más de potencia. Su densidad de potencia es muy superior, y aunque sean destacablemente mejores en términos de rendimiento tienen también una mejor refrigeración. Estos aspectos diferenciales, hacen que sean perfectos para vehículos eléctricos de prestaciones deportivas y también como una alternativa muy atractiva para su uso en aeronaves eléctricas.

También, está el tema que estos motores son mucho más compactos, con menos peso, lo que es evidentemente una ventaja ya que esta reducción de peso puede ser aprovechada para albergar baterías más grandes, y por ende, obtener una mayor autonomía.

² Par motor; también conocido como torque, se expresa en Newton metro (Nm) y se define como la fuerza que debe ser aplicada a un eje que gira sobre sí mismo a una determinada velocidad.

Otro desafío, que normalmente no se menciona en los análisis de la tecnología de las aeronaves eléctricas, es el hecho que los motores eléctricos pueden transferir su trabajo o potencia solamente a una hélice. Esta particularidad, introduce una limitación a estas aeronaves: la velocidad máxima a alcanzar.

Las hélices, pierden parte importante de su eficiencia al alcanzar los bordes de las palas velocidades cercanas a mach 1. Lo anterior limita las dimensiones de las hélices como también la cantidad de rpm a las cuales pueden girar, siendo este aspecto técnico el que impediría, con la tecnología y diseños de hélice actuales, obtener velocidades superiores 0,75 mach.

En este sentido, la máxima velocidad alcanzada por una aeronave a hélice dotada de motores turbohélice alimentados con combustible fósiles es de 0,75 mach (Tupolev TU-95). En el caso de las aeronaves eléctricas, la velocidad máxima alcanzada a la fecha la ostenta el Rolls Royce Spirit of Innovation, (aeronave destinada a la demostración de tecnología), que ha alcanzado en pruebas la velocidad de 652 km/hr, que corresponden a 0,52 mach.



Aeronave Rolls Royce "Spirit of Innovation ". Fuente: WWW. Rolls – Royce.com

Las limitaciones derivadas de la naturaleza misma de la hélice no parecen tener solución en la posibilidad de sobrepasar con holgura la velocidad de 0,75 mach ya señalada precedentemente, por lo cual en tanto no se diseñe una solución a este problema esta será el límite de velocidad máxima para las aeronaves eléctricas.

C.- Otras consideraciones.

Además, de los inconvenientes técnicos asociados a motores, hélices y baterías, hay otras implicancias que es conveniente considerar:

a.- El alcance que muchas veces los fabricantes promocionan para sus desarrollos se ve reducido aún más por las imposiciones de la normativa aeronáutica, la que obliga a tener

una autonomía de reserva en caso de que el aeropuerto de aterrizaje este inoperativo, esto hace que el alcance o rango de acción que se promociona no sea al que efectivamente se va a operar.

b.- La necesidad de prever que se hará con las baterías una vez que estas se deban desechar, algo que no es trivial, ya que, con el volumen anual de operaciones, los ciclos de recarga posible se pueden ver cumplidos muy tempranamente obligando a desechar baterías que contienen elementos altamente contaminantes para el medioambiente.

c.- La necesidad de modificar la infraestructura aeroportuaria, hoy habilitada para operar con aeronaves que consumen combustibles fósiles, a una nueva infraestructura que permita la operación de aeronaves eléctricas bajo la modalidad de carga rápida de baterías, lo que implica la generación y transmisión de la energía eléctrica que este nuevo requerimiento impondrá, lo que debe hacerse sin afectar ni sobrecargar las redes eléctricas de las ciudades.

d.- Por último, está el tema de la seguridad de operación de estas baterías, las que deben garantizar un funcionamiento libre de sobrecalentamiento o mal funcionamiento.

III.- Conclusiones.

Tal como se puede apreciar, el desarrollo de la tecnología necesaria para hacer de la aviación eléctrica una realidad plena ha avanzado notablemente en las últimas décadas, sin embargo, aún hay desafíos importantes que vencer, particularmente en el caso de las baterías, las que serían, hoy por hoy, el principal escollo que nos separa de una aviación eléctrica plena.

En este sentido, los temas más relevantes dicen relación con la escasa densidad energética de estos dispositivos lo que redundaría en el peso final que estas tienen. Ambos factores están íntimamente relacionados, por ende, la solución del primero de ellos llevará a una reducción o solución del segundo. Queda muy claro entonces que uno de los grandes retos es desarrollar baterías que puedan acumular grandes cantidades de energía que posibiliten el desarrollo de vuelos de larga distancia con una carga o cantidad de pasajeros que haga viable el desarrollo de aeronaves eléctricas.

Hoy en día, las capacidades de las baterías han permitido sólo el desarrollo de aeronaves que se enfocan en la movilidad urbana, con pequeña autonomía y por ende rango de operación que pueden ser catalogados como pequeños, y que no permiten transportar cantidades importantes de carga o pasajeros.

De igual forma, los temas relacionados con el tiempo de recarga y ciclos de vida de las baterías y sus desechos son también importantes, sin embargo, no revisten el nivel crítico de los dos primeros mencionados, ya que podrían ser solucionados en parte mediante medidas paliativas como lo es el recambio de baterías y un programa de manejo de los desechos producidos.

En lo que respecta al tema de los motores, estos han avanzado notablemente de la mano del impulso que ha tenido la electromovilidad en el ámbito terrestre, hoy en día la tendencia es hacia el desarrollo de motores más livianos y eficientes, sin embargo, no se debe dejar de considerar que estos motores sólo pueden transferir esa potencia y torque a hélices, con lo cual, la velocidad máxima a alcanzar por las aeronaves eléctricas tiene hoy en día un límite definido.



En resumen, se ha avanzado y estamos cada vez más cerca, sin embargo, aún no es posible establecer un horizonte para el arribo en propiedad de la aviación eléctrica, ya que para que esto suceda se deberá contar con aviones plenamente operativos y capaces de cubrir grandes distancias con una cantidad importante de carga y pasajeros. Esto, es algo que hoy no se puede asegurar, ya que como se ha visto, aún quedan temas importantes que deben ser resueltos.

Fuentes: Información abierta disponible en Internet.