

# 8. Perspectivas y conclusiones

---

## 8.1 Conclusiones

El objetivo de este proyecto ha sido implementar en Matlab-Simulink dos estrategias de control de potencia para vehículos híbridos con pila de combustible. A continuación se van a hacer algunas apreciaciones sobre el resultado obtenido.

Como se ha podido apreciar en la sección 7, si bien los algoritmos de control de potencia mostrados ofrecen unas características de consumo de hidrógeno y de mantenimiento del estado de carga de las baterías parecidas, los algoritmos desarrollados en este proyecto tienen ciertas ventajas. En primer lugar, se ha considerado una curva de eficiencias que se ha incluido en el modelo de la pila de combustible, y se ha intentado trabajar con la pila de una forma práctica y eficiente, operando con ella en un rango de alta eficiencia e introduciendo el selector de modos de conducción (ciudad y carretera) para posibilitar su apagado, considerando un tiempo de encendido. Así mismo se han tenido en cuenta restricciones como la del incremento máximo de la potencia asignada a la pila para evitar que sufra demasiado, haciendo que las baterías lleven el peso de los picos de potencia. Adicionalmente, aunque se consigue un buen mantenimiento del estado de carga de las baterías, se les ha dado un poco más de holgura respecto al SOC óptimo, ya que lo contrario no tenía demasiado sentido por desaprovechar las ventajas de contar con las baterías (véase por ejemplo en el apartado 7, cómo en la “simulación 5” se tiene un ciclo de conducción muy severo, y se aprovecha mejor la energía de las baterías que con el algoritmo Heurístico). Además, el control heurístico es mucho más dificultoso de re-sintonizar si cambia el sistema o las restricciones, ya que los resultados de este controlador dependen fuertemente de los límites escogidos para las reglas heurísticas (es menos robusto ante un cambio).

Aunque el control heurístico es más rápido, los algoritmos de control diseñados en este proyecto son lo suficientemente rápidos para ser implementados en el controlador supervisor real del vehículo (téngase en cuenta además que los tiempos que se presentan en la sección 7 son los empleados en simular el sistema completo, en Matlab-Simulink usando Windows Vista, con lo que el tiempo de actuación en el controlador supervisor serán mucho menores).

El algoritmo de control ECMS da unos muy buenos resultados de potencia entregada respecto a la demandada, cuando los modelos utilizados para la

simulación son cuasiestáticos. Sin embargo, el algoritmo de control MPC resulta ser más rápido que el ECMS, y además tiene en cuenta cierta dinámica del sistema (motor eléctrico), con lo que se acerca un poco más al comportamiento real del vehículo. Además, el control MPC permite penalizar los incrementos de potencia asignada a la pila de combustible, haciendo que ésta evolucione de forma aún más suave que con el algoritmo ECMS. Sin embargo, con miras a la aplicación en el vehículo real, su correcto funcionamiento depende de la calidad del modelo matemático interno que se utilice para realizar las predicciones, desventaja que el algoritmo de control ECMS no tiene.

## 8.2. Perspectivas

El trabajo desarrollado en este proyecto puede continuarse y mejorarse en diferentes aspectos que a continuación se enumeran.

En primer lugar, el modelado del vehículo híbrido puede mejorarse en gran medida, principalmente incluyendo las dinámicas de la pila de combustible, y éstas a su vez en el controlador predictivo, que sería el más indicado para controlarlas. De cualquier modo, las dinámicas que aparecen en la cadena de potencia son bastante rápidas, y el controlador ECMS también ofrece buenos resultados.

En cuanto a la estrategia de control ECMS, podría incluirse una optimización no lineal en lugar de una lineal, e incluir en la función de coste una consideración al rendimiento de la pila de combustible en función de la potencia que se le demande, para contabilizar en la función de coste el consumo real de combustible que va a tener lugar. Además, podría realizarse una estrategia de control ECMS adaptativa, en la que se estimase el factor de equivalencia de forma on-line, o bien utilizar distintos factores de equivalencia para distintos patrones de conducción, tal y como se apuntaba en la sección 3 de este proyecto.

En cuanto a la estrategia de control MPC, podría mejorarse el modelo de predicción, teniendo en cuenta las mejoras que se hagan en el modelo del vehículo híbrido. Así mismo, podría implementarse un MPC no lineal que contemplase las eficiencias de la pila de combustible.

En cuanto a las restricciones usadas en los controladores, se podría afinar más teniendo incluyendo un algoritmo de control de carga de las baterías.

Finalmente, podría mejorarse el algoritmo de decisión del selector de modo de conducción, haciendo que tenga en consideración otros factores, como la potencia media que se está demandando, el número de arranques y paradas, etc.