

Capítulo 6

Simulaciones

6.1 Introducción

Para las simulaciones se han tomado cinco ciclos estándares, que son:

- ▷ New European Driving Cycle (NEDC).
- ▷ 10-15 Mode.
- ▷ Highway Fuel Economy schedule (HWFET).
- ▷ Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS).
- ▷ New York City Cycle (NYCC).

El principal es el NEDC, que es el que se toma como referencia para turismos en toda Europa. Así, los consumos de combustible que aparecen en los catálogos de los fabricantes están calculados para el vehículo en cuestión haciéndole pasar por un ciclo NEDC. Consecuentemente el controlador se sintonizará de manera que el comportamiento del vehículo en este ciclo sea el mejor posible. Para el resto de ciclos los parámetros del controlador no se cambiarán. Las pruebas para estos ciclos serán las mismas que para el NEDC. Por consiguiente, en los subapartados correspondientes a resto de ciclos, éstas no se explicarán, y tras la descripción del ciclo se pasará directamente a mostrar los resultados.

Como se explicó en el capítulo 4, el controlador precisa referencias de potencia, por lo que un modelo inverso del vehículo se encarga de "convertir" la velocidad que el ciclo precisa a la potencia que se le debe aportar al mismo para que alcance, en el tiempo correspondiente, la mencionada velocidad. Por lo tanto, aunque se trabaje con ciclos de velocidad, la referencia interesante para el control es la potencia. Será pues lo primero que se muestre al explicar las simulaciones de cada ciclo.

Como es sabido, el objetivo del controlador es forzar al sistema a seguir la referencia, minimizando el consumo de hidrógeno.

Se da por supuesto que el vehículo decelera tan rápido como sea necesario. En efecto, si el sistema de almacenamiento no fuese capaz de abordar toda la potencia, se recurriría al freno hidráulico. Consecuentemente, a la hora de interpretar la bondad del controlador, el error en la salida sólo se tendrá en cuenta cuando la potencia es menor que la requerida.

Este error (potencia) será integrado, y de esta manera se calculará la energía que el sistema no ha sido capaz de proporcionar al motor. Dicha energía será comparada con la energía total que ha consumido el motor. Este parámetro será útil no sólo para comparar las distintas soluciones, sino para validar una solución particular, según si el *ratio* es o no aceptable.

6.2 New European Driving Cycle

6.2.1 Descripción general

El ciclo NEDC está formado por cuatro ciclos ECE-15 *Urban Driving Cycle*, seguidos de un Extra Urban Driving Cycle (EUDC). De esta manera combina conducción tanto de ciudad como en carretera. La referencia de velocidad a seguir se puede ver en la figura 6.1.

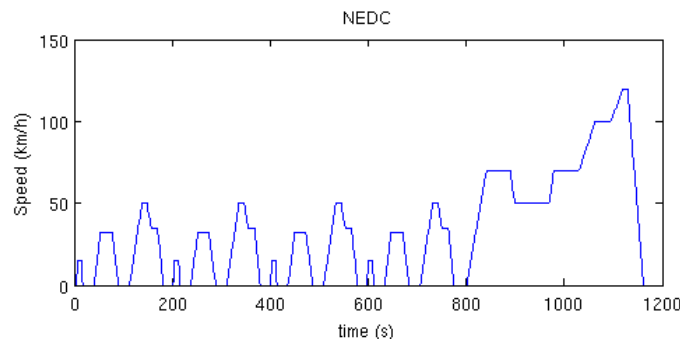


Figure 6.1: Ciclo NEDC.

Sus principales características se muestran en la tabla 6.1. La referencia de

Tiempo (s)	1180
Distancia (km)	11'007
Velocidad media (km/h)	33'590
Velocidad Máxima (km/h)	120

Table 6.1: Características NEDC.

potencia, calculada a partir del modelo inverso, se muestra en la figura 6.2.

6.2.2 Ningún sistema de almacenamiento.

Para el primer caso supondremos que no se utiliza ningún sistema de almacenamiento. Por lo tanto, la pila de combustible deberá satisfacer toda la demanda de potencia del motor. esta situación no se presenta como una solución real, sino como el peor caso para el consumo de la pila. El resto de casos se compararán con el presente. Los resultados pueden verse en la figura 6.3 y la tabla 6.2.

6.2.3 Baterías.

El primer sistema de almacenamiento que se prueba es el de baterías. Se hizo una simulación para un NEDC, cuyos resultados pueden verse en la figura 6.4 y

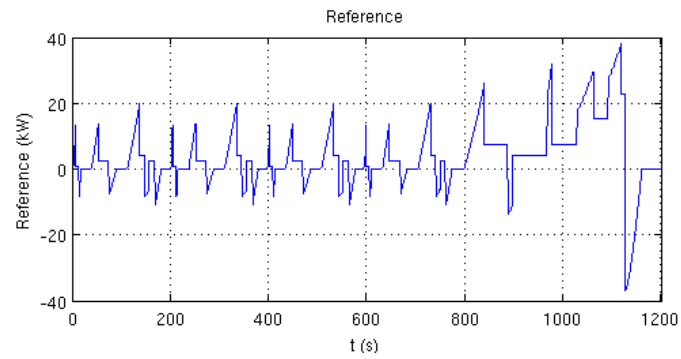


Figure 6.2: Referencia.

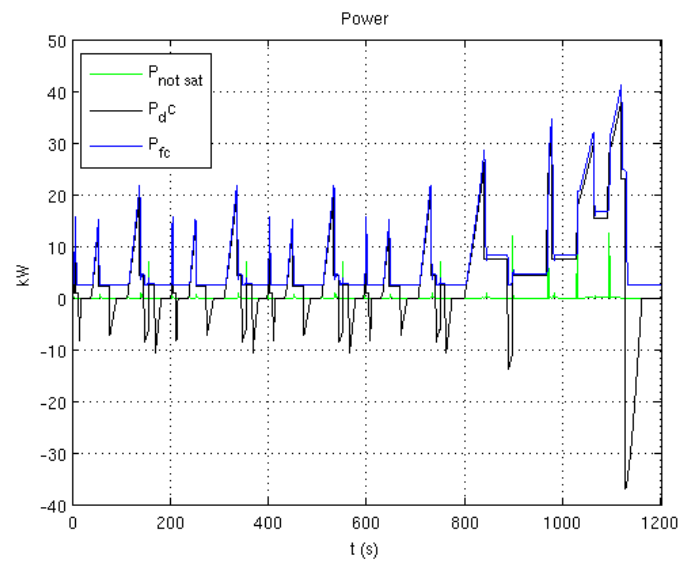


Figure 6.3: Gestión de potencia del sistema sin dispositivo de almacenamiento.

Dispositivo Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Ninguno	0'99%	0'25456

Table 6.2: Resultados para el sistema sin dispositivo de almacenamiento

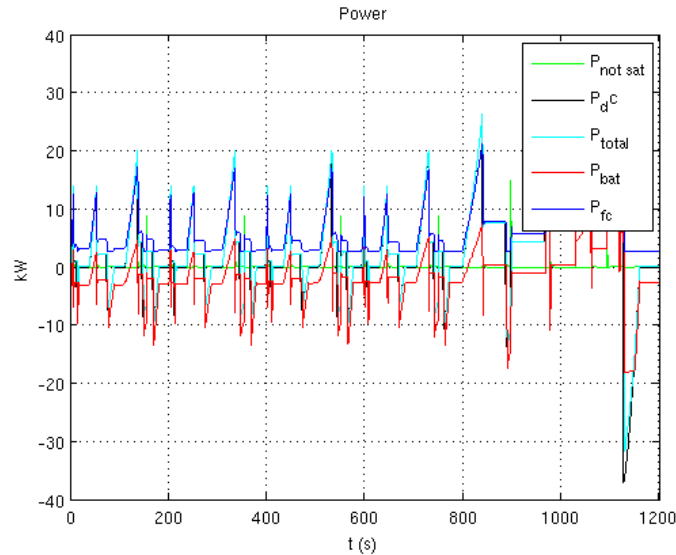


Figure 6.4: Potencia para NEDC con baterías.

la tabla 6.3.

Dispositivo	E. no sat.(%)	Consumo H_2 (kg)
Ninguno	0'88%	0'22329

Table 6.3: Resultados para NEDC con baterías.

Sin embargo estos resultados pueden resultar engañosos, ya que las baterías tienen una gran capacidad de almacenamiento. Consecuentemente, en las pruebas puede suceder que éstas se carguen o descarguen, aportando o absorbiendo una cantidad de energía que no es despreciable respecto a la que recibe/aporta el motor (tabla 6.4, figura 6.5).

A la vista de la tabla 6.4 y de la figura 6.5 se comprueba que en los primeros 800 segundos de la simulación, las baterías almacenan casi la misma cantidad de energía que consume el motor. Para el ciclo completo la energía almacenada por las baterías es del orden del 25% de la consumida por el motor. En consecuencia esta energía ha de ser considerada en los cálculos de alguna manera.

La evolución del SOC es similar a la de la energía (figura 6.6).

Ahora, esa energía almacenada ¿para qué se quiere? Obviamente para que, tarde o temprano, sea consumida por el motor. por lo tanto se debería tener en cuenta, y si se almacena energía, suponer un ahorro de hidrógeno, o un consumo adicional en caso contrario. Sin embargo no resulta sencillo medir estas canti-

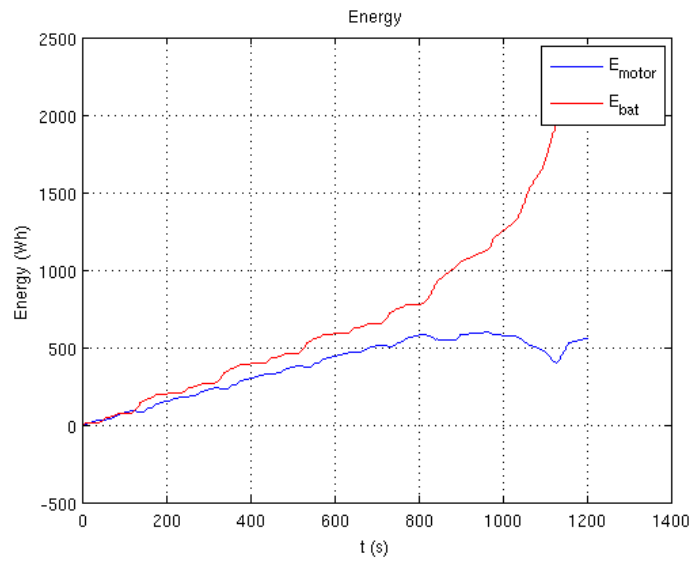


Figure 6.5: Energía intercambiada por las baterías y por el motor.

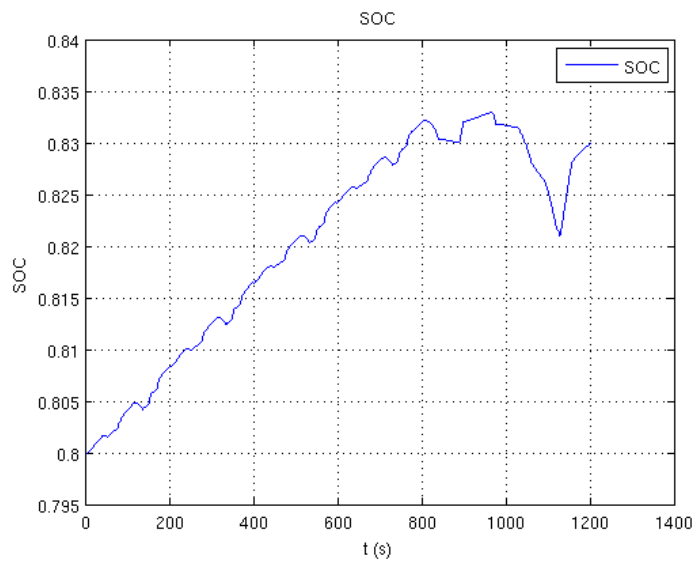


Figure 6.6: SOC baterías para un ciclo NEDC.

Energ. alm. Bat. (Wh)	Energía motor (Wh)
560'14	2110'76

Table 6.4: Energía almacenada por la batería y energía del motor.

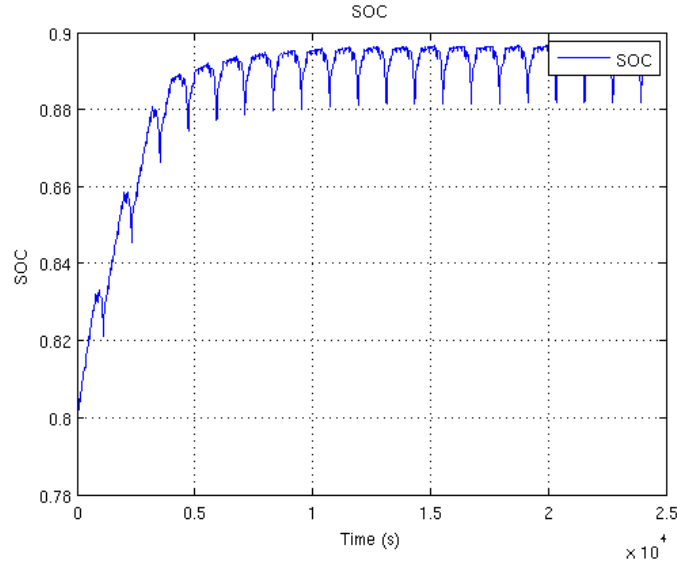


Figure 6.7: SOC baterías para 20 ciclos NEDC.

dades. Por lo tanto se propone un segundo método. Veamos qué sucede si se hacen veinte ciclos NEDC seguidos (figuras 6.7 y 6.8).

Para el último ciclo:

El SOC al principio del ciclo es aproximadamente el mismo que al final. Esto quiere decir que las baterías han almacenado/gastado muy poca energía, por lo que el valor del consumo de hidrógeno se puede comparar con el resto de alternativas.

Se han probado varias simulaciones para distinto valor nominal de la pila de combustible. En este caso, la expresión 'valor nominal' no se refiere al que facilita el fabricante en el *datasheet*, sino al valor de potencia al que el controlador tratará de acercarse para la pila. Cuanto mayor sea la potencia que dé la pila, mayor será el consumo instantáneo. Sin embargo, a medida que este valor se acerca a 20 kW, la eficiencia de la pila aumenta, como se puede ver en la gráfica 6.9.

Para una potencia nominal de 5 kW se tiene (figuras 6.10 y 6.11).

Simulando para distintas potencias nominales, se tiene la tabla 6.5.

En las simulaciones anteriores, la pila estaba funcionando todo el rato. De hecho existe una restricción que le impide bajar de 4kW; una potencia inferior implicaría no sólo un rendimiento demasiado pobre, y además las membranas de la pila podrían quedar dañadas.

Sin embargo, no parece lógico que la pila genere esa potencia cuando el coche está parado, o cuando el propio motor está generando potencia. Sería pues conveniente cambiar el algoritmo de manera que la pila se parase cuando el coche no estuviera en marcha, o en los casos en los que las baterías puedan moverlo por ellas mismas, y no estén excesivamente descargadas. Sin embargo, la pila no

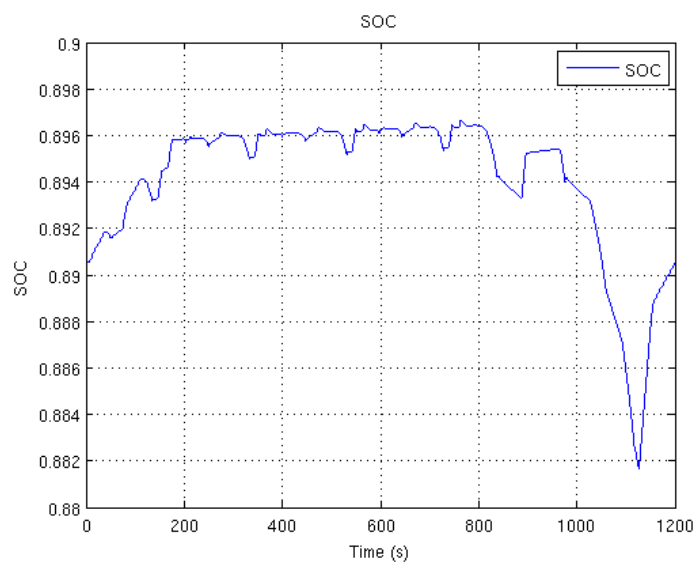


Figure 6.8: SOC baterías para 20° ciclo NEDC.

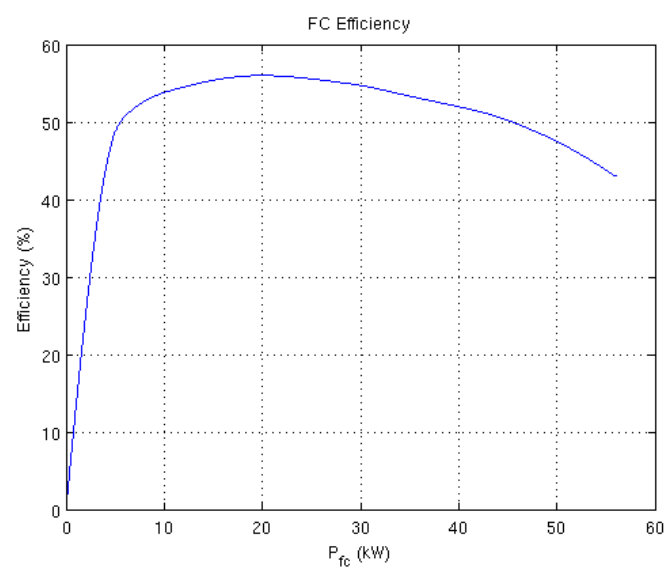


Figure 6.9: Curva de eficiencia de la pila de combustible.

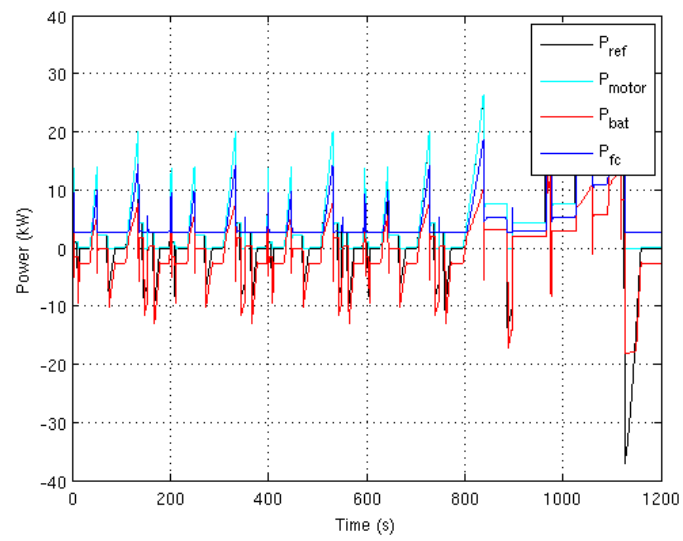


Figure 6.10: Baterías y pila con potencia nominal de 5 kW.

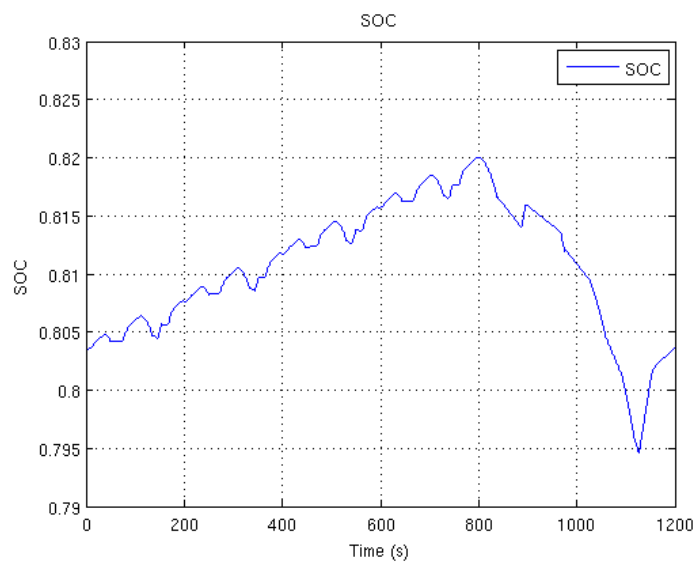


Figure 6.11: Baterías y pila con potencia nominal de 5 kW.

Pot. nominal (W)	Error(%)	Cons. H_2 (kg)
5000	1'07%	0'20035
8000	1'03%	0'20109
11000	0'92%	0'20734
14000	0'83%	0'21512
20000	0'75%	0'23291

Table 6.5: Simulaciones para distintas potencias nominales de la pila.

debe encenderse y apagarse continuamente, ya que algunos de sus componentes se deteriorarían rápidamente. Por lo tanto se deben crear unas reglas que regulen el estado de paro/marcha de la pila, que se detallan a continuación.

Si la pila está **apagada**, ésta se **enciende** si se cumplen **todas** las condiciones siguientes:

- ▷ SOC > 0'7.
- ▷ Velocidad < 50 km/h
- ▷ La pila ha estado apagada durante más de 5 minutos.
- ▷ Referencia < 13 kW

Si la pila está **encendida**, ésta se **apaga** si se cumple **alguna** de las condiciones siguientes:

- ▷ SOC < 0'65.
- ▷ Velocidad > 55 km/h durante más de 5 segundos.
- ▷ Velocidad > 65 km/h
- ▷ La pila ha estado apagada durante más de 5 minutos.
- ▷ Referencia > 15 kW durante más de 5 segundos.
- ▷ Referencia > 20 kW.

Para una potencia nominal de 8 kW (figuras 6.12 y 6.13).

Para diferentes potencias nominales (tabla 6.6).

Pot. nominal (W)	Error(%)	Cons. H_2 (kg)
5000	2'69%	0'18118
8000	2'73%	0'17416
11000	2'73%	0'17481
14000	2'73%	0'17569
20000	2'60%	0'18323

Table 6.6: Simulaciones para distintas potencias nominales de la pila, con paradas.

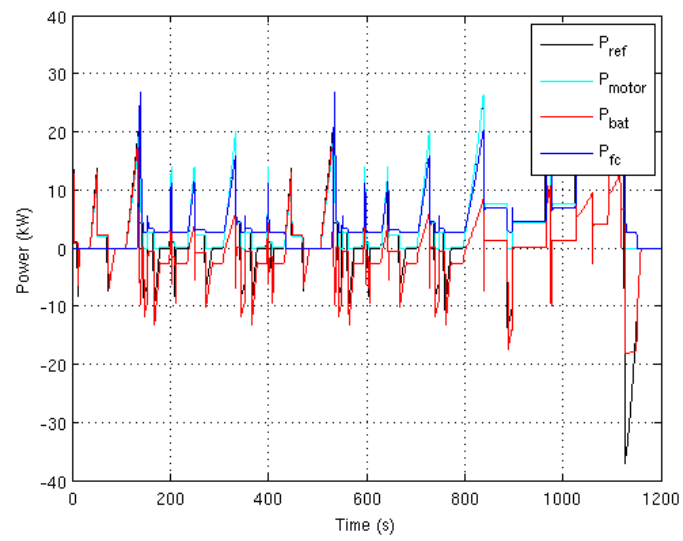


Figure 6.12: Baterías y pila con potencia nominal de 8 kW, con paradas.

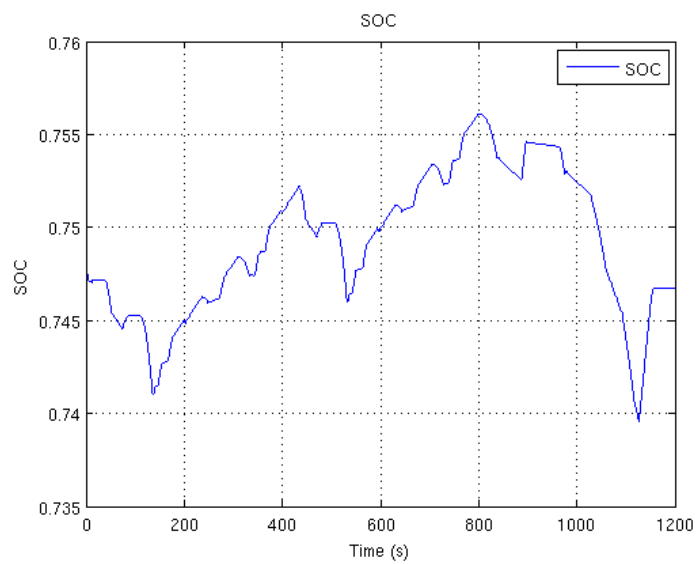


Figure 6.13: Baterías y pila con potencia nominal de 8 kW, con paradas.

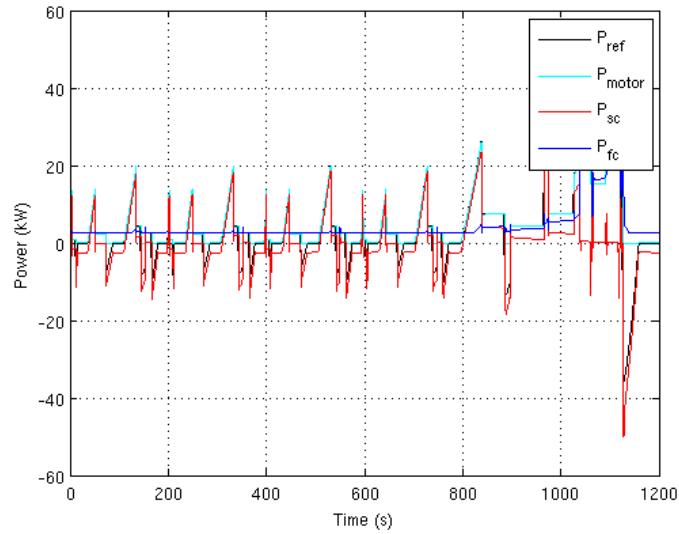


Figure 6.14: Súper condensadores y pila con potencia nominal de 5 kW.

6.2.4 Súper Condensadores.

Las simulaciones que se han hecho para los súper condensadores han sido análogas a las realizadas con las baterías. Los resultados han sido los siguientes:

Para una potencia nominal de 5 kW (figuras 6.14 y 6.15).

Comparativa para distintas potencias nominales:

Pot. nominal (W)	Error(%)	Cons. H_2 (kg)
5000	1'56%	0'20540
8000	1'49%	0'19857
11000	1'25%	0'20552
14000	1'13%	0'21637
17000	0'82%	0'22688
20000	0'71%	0'23759

Table 6.7: Simulaciones para distintas potencias nominales de la pila.

Para habilitar el encendido y apagado de la pila, se tienen las siguientes reglas:

Si la pila está **apagada**, ésta se **enciende** si se cumplen **todas** las condiciones siguientes:

- ▷ SOC > 0'7.
- ▷ Velocidad < 50 km/h
- ▷ La pila ha estado apagada durante más de 5 minutos.
- ▷ Referencia < 20 kW

Si la pila está **encendida**, ésta se **apaga** si se cumple **alguna** de las condiciones siguientes:

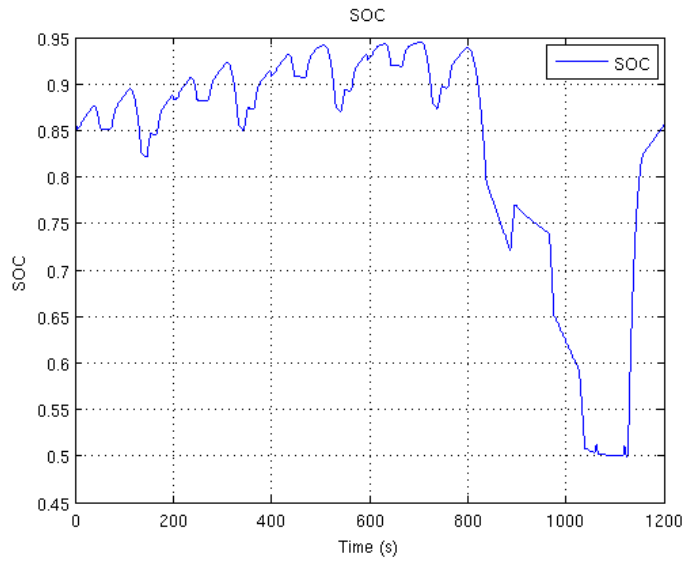


Figure 6.15: Súper condensadores y pila con potencia nominal de 5 kW.

- ▷ SOC < 0'55.
- ▷ Velocidad > 55 km/h durante más de 5 segundos.
- ▷ Velocidad > 65 km/h
- ▷ La pila ha estado apagada durante más de 5 minutos.
- ▷ Referencia > 40 kW durante más de 5 segundos.
- ▷ Referencia > 45 kW.

Para una potencia nominal de 8 kW (figuras 6.16 y 6.17).

Comparativa para distintas potencias nominales:

Potencia nominal (W)	Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
5000		5'43%	0'14313
8000		5'57%	0'13545
11000		5'37%	0'14328
14000		5'39%	0'14896
17000		5'04%	0'15728

Table 6.8: Simulaciones para distintas potencias nominales de la pila, con paradas.

6.2.5 Baterías y Súper Condensadores.

Para finalizar se ha simulado un sistema que tenga los dos tipos de dispositivos de almacenamiento: baterías y súper condensadores. De esta manera se pretende aprovechar la potencia de los súper condensadores para suplir la falta de potencia

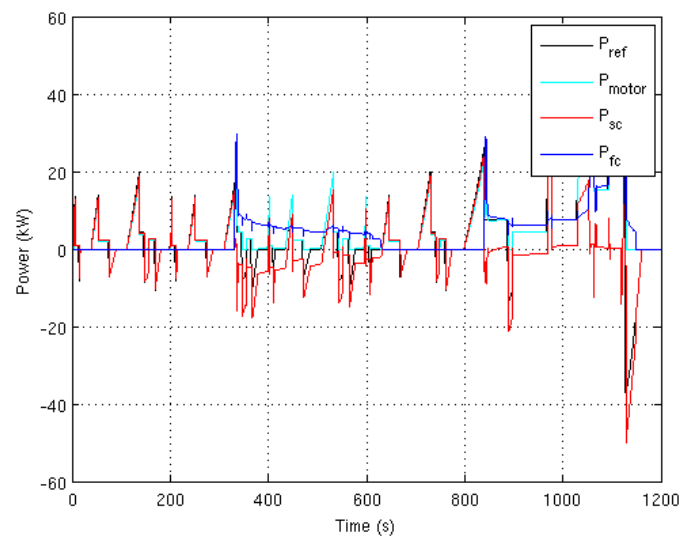


Figure 6.16: Súper condensadores y pila con potencia nominal de 8 kW, con paradas.

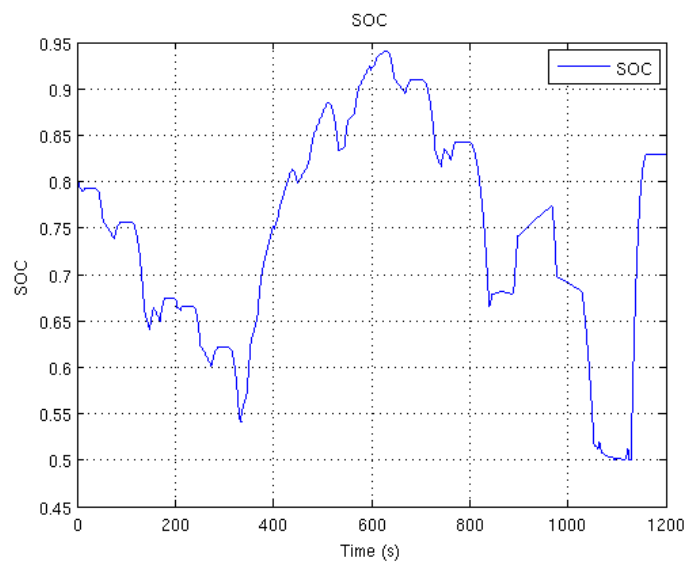


Figure 6.17: Súper condensadores y pila con potencia nominal de 8 kW, con paradas.

de las baterías, y a su vez la capacidad de almacenamiento de las baterías para compensar la de los condensadores.

Para evitar aumentar el volumen del sistema de almacenamiento, se han redimensionado los módulos de baterías y súper condensadores, de manera que la suma de ambos no supere el tamaño del primer diseño. Como en el diseño previo las baterías y los súper condensadores tenían el mismo tamaño, resulta sencillo el diseño de un sistema conjunto, ya que el volumen que se sacrifique de uno será el que pueda haber del otro. Es decir, si, por ejemplo, el volumen de las baterías se reduce en un 20%, en la configuración final habrá un 80% de las baterías que tiene el sistema con baterías, y un 20% de condensadores que tenía el sistema con súper condensadores.

Se han hecho tres simulaciones para comprobar cuál es el reparto óptimo de baterías y súper condensadores. Los tres se han hecho a una potencia nominal de 8 kW:

▷ 75% Baterías; 25% SC.

- 39 baterías
- 63 SC

▷ 50% Baterías; 50% SC.

- 26 baterías
- 126 SC

▷ 25% Baterías; 75% SC.

- 13 baterías
- 189 SC

Resultados: tabla 6.9.

% Bat. (W)	Error(%)	Cons. H_2 (kg)
75% Bat.	0.84%	0.19160
50% Bat.	0.85%	0.19464
25% Bat.	1.00%	0.19962

Table 6.9: Simulaciones para distintas configuraciones baterías/SC.

Para 50% - 50% (figuras 6.18 y 6.19).

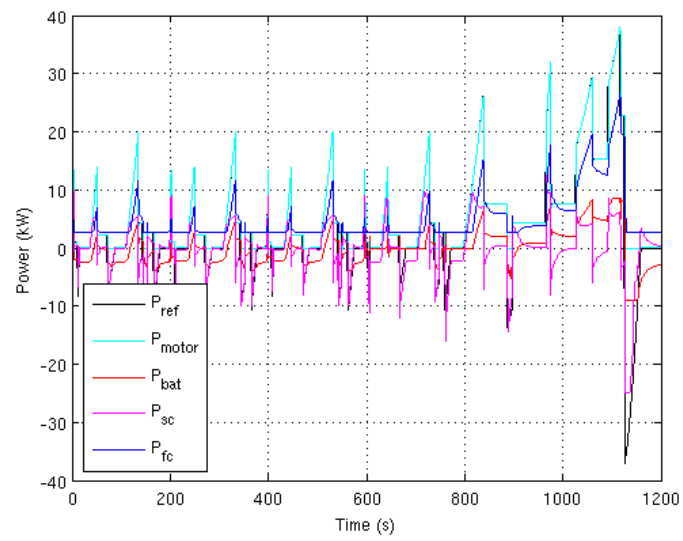


Figure 6.18: Súper condensadores, batería y pila con potencia nominal de 8 kW.

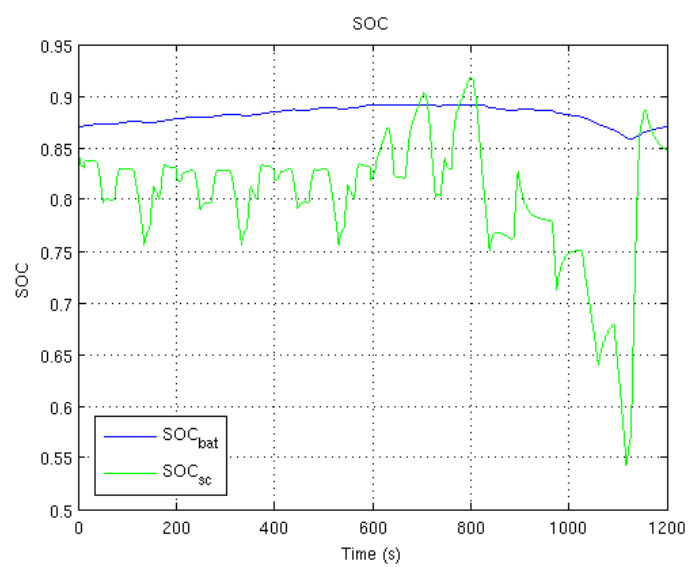


Figure 6.19: Súper condensadores, batería y pila con potencia nominal de 8 kW.

6.3 10-15 Mode.

6.3.1 Descripción General

El ciclo *10-15 mode* se compone de tres ciclos 10 mode y uno 15 mode. Se trata de un ciclo estándar para vehículos ligeros. A partir del mismo se certifica la medida de emisiones en Japón, como en Europa con el NEDC. El perfil de velocidades se puede ver en la figura 6.20, y el de potencia en la figura 6.21.

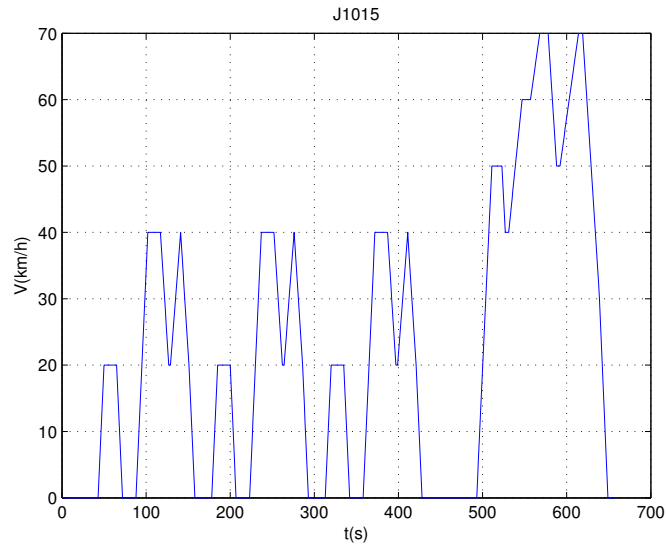


Figure 6.20: Perfil de Velocidad del Ciclo *10-15 Mode*.

Las características principales del ciclo vienen dadas en la tabla 6.10.

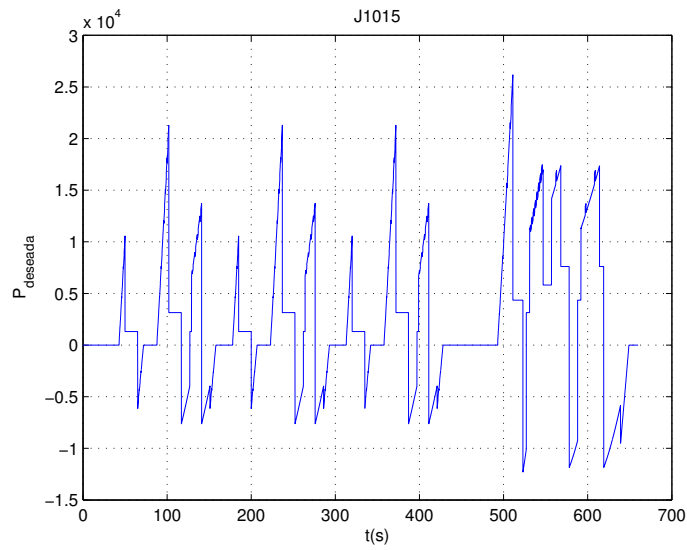
Tiempo (s)	659
Distancia (km)	4'152
Velocidad media (km/h)	22'720
Velocidad Máxima (km/h)	70

Table 6.10: Características 10-15 Mode.

6.3.2 Baterías.

Los resultados de las simulaciones, para una potencia nominal de la pila de 8 kW, se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.22.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.23.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.24.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.25.

Figure 6.21: Potencia Demandada Para el Ciclo *10-15 Mode*.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	1.51%	0.10121
Con Paradas	3.36%	0.07321

Table 6.11: Simulaciones 10-15 Mode con Baterías.

6.3.3 Súper Condensadores.

Los resultados de las simulaciones se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.26.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.27.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.28.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.29.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	0.75%	0.08825
Con Paradas	4.65%	0.04537

Table 6.12: Simulaciones 10-15 Mode con SC.

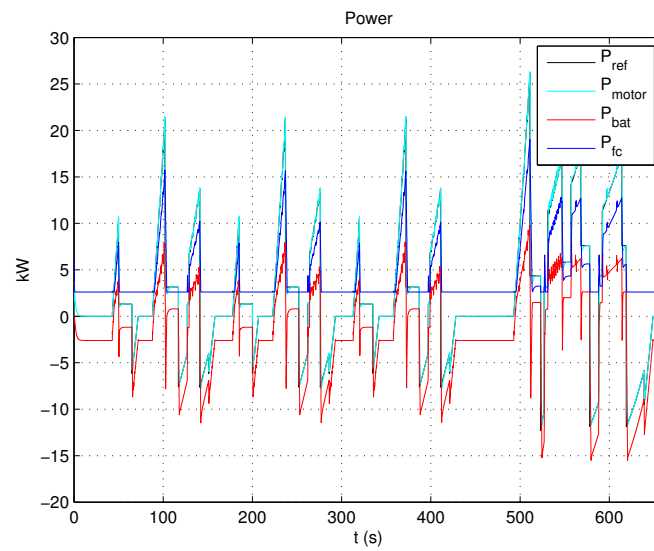


Figure 6.22: Potencia: 10-15 Mode con baterías.

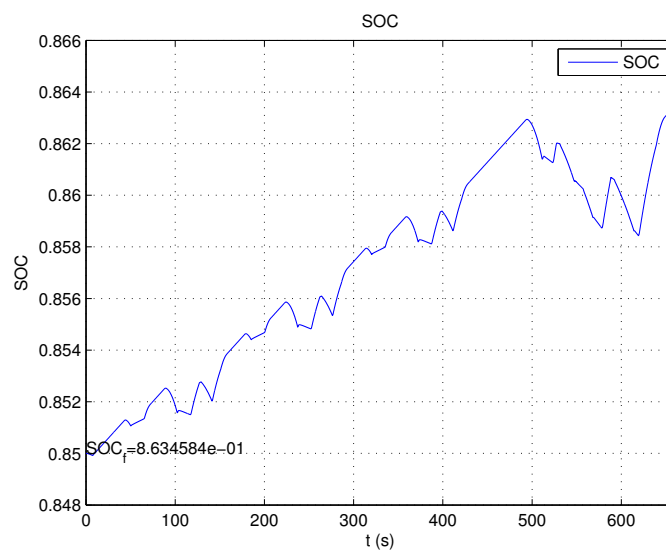


Figure 6.23: SOC: 10-15 Mode con baterías.

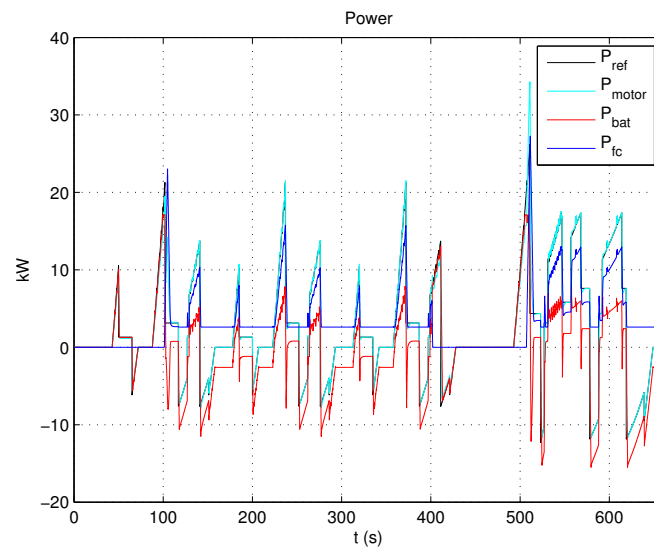


Figure 6.24: Potencia: 10-15 Mode con baterías; con paradas.

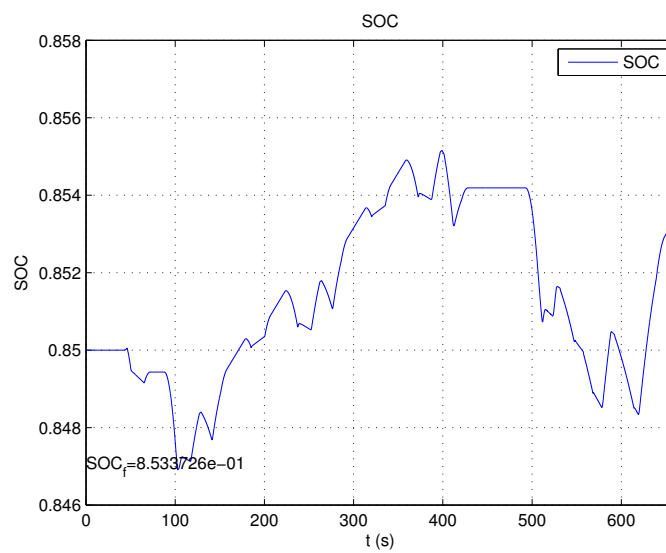


Figure 6.25: SOC: 10-15 Mode con baterías; con paradas.

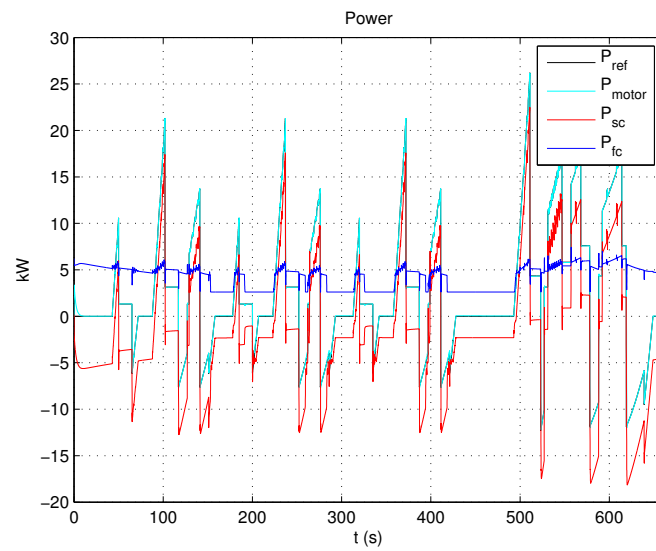


Figure 6.26: Potencia: 10-15 Mode con SC.

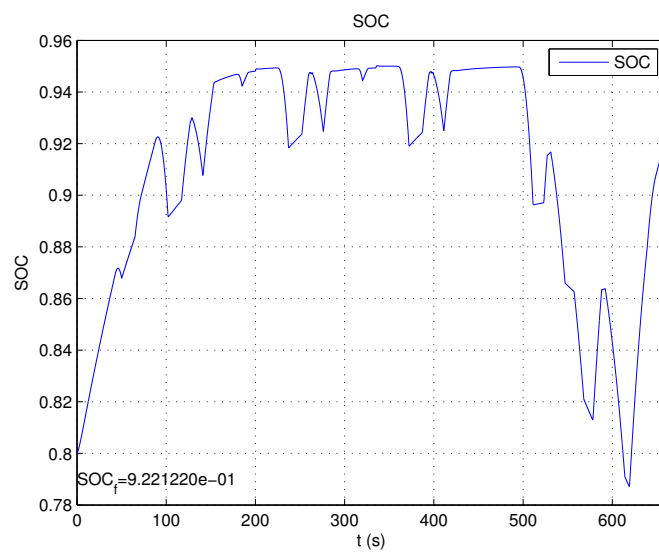


Figure 6.27: SOC: 10-15 Mode con SC.

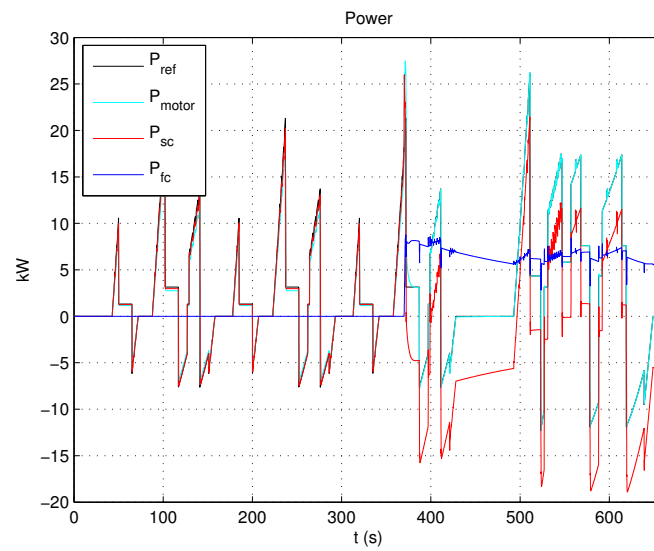


Figure 6.28: Potencia: 10-15 Mode con SC; con paradas.

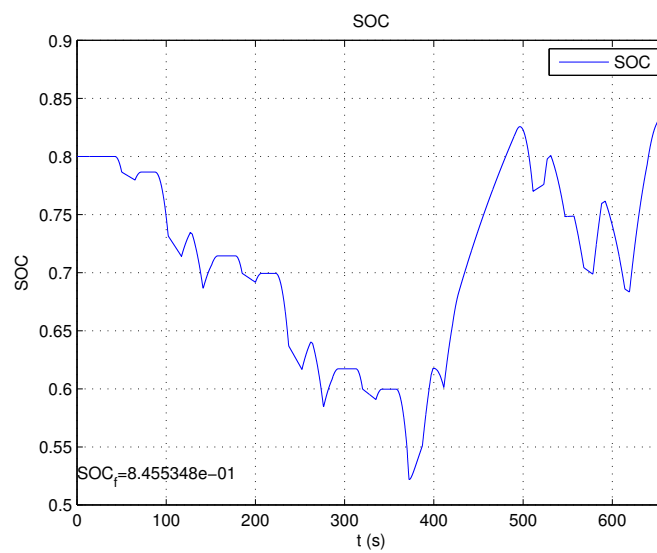


Figure 6.29: SOC: 10-15 Mode con SC; con paradas.

6.4 HighWay Fuel Economy schedule.

6.4.1 Descripción General

El ciclo HighWay Fuel Economy schedule (HWFET) es un ciclo de autopista, estándar en Estados Unidos (EEUU). El perfil de velocidades se puede ver en la figura 6.30, y el perfil de potencia hallado mediante el modelo inverso, en la figura 6.31.

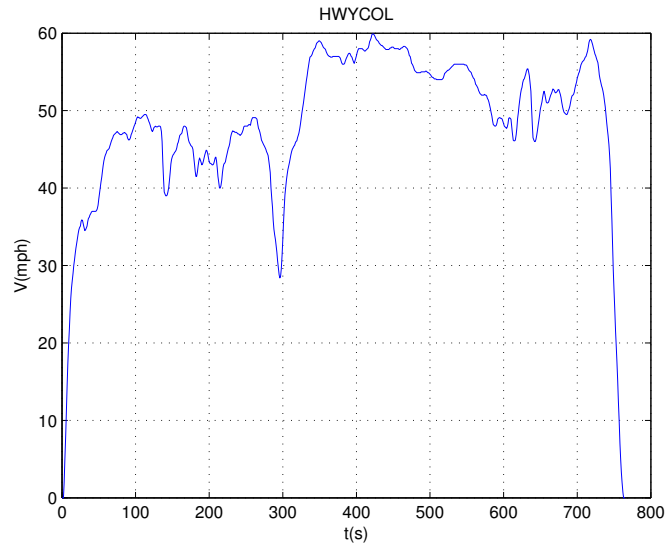


Figure 6.30: Perfil de Velocidad del Ciclo *HWFET*.

Las características principales del ciclo vienen dadas en la tabla 6.13.

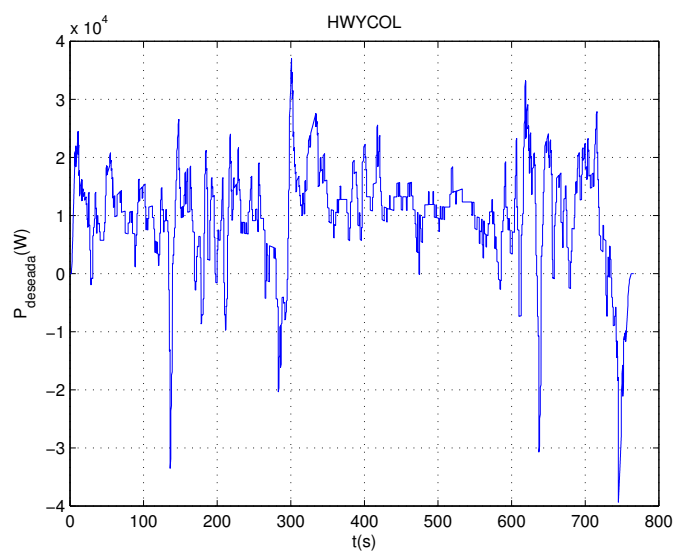
Tiempo (s)	765
Distancia (millas)	10'26
Velocidad media (mph)	48'3
Velocidad Máxima (mph)	59'9

Table 6.13: Características HWFET.

6.4.2 Baterías.

Los resultados de las simulaciones, para una potencia nominal de la pila de 8 kW, se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.32.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.33.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.34.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.35.

Figure 6.31: Potencia Demandada Para el Ciclo *HWFET*.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	2.71 %	0.16759
Con Paradas	2.84%	0.16441

Table 6.14: Simulaciones HWFET con Baterías.

6.4.3 Súper Condensadores.

Los resultados de las simulaciones se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.36.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.37.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.38.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.39.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	2.30%	0.19661
Con Paradas	3.01%	0.19321

Table 6.15: Simulaciones HWFET con SC.

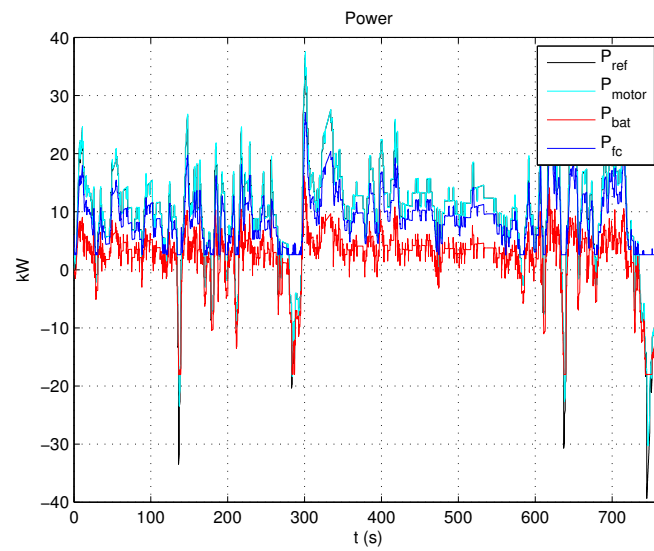


Figure 6.32: Potencia: HWFET con baterías.

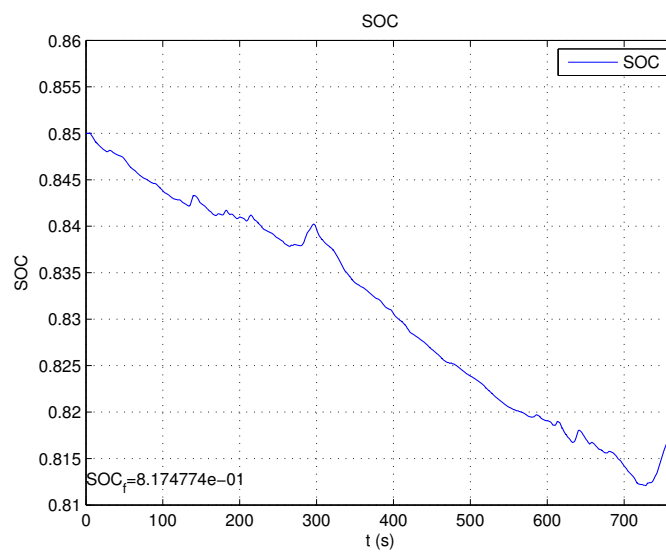


Figure 6.33: SOC: HWFET con baterías.

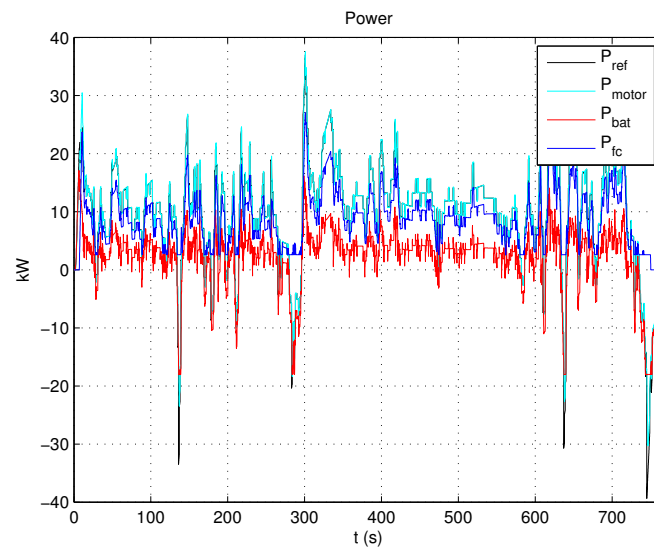


Figure 6.34: Potencia: HWFET con baterías; con paradas.

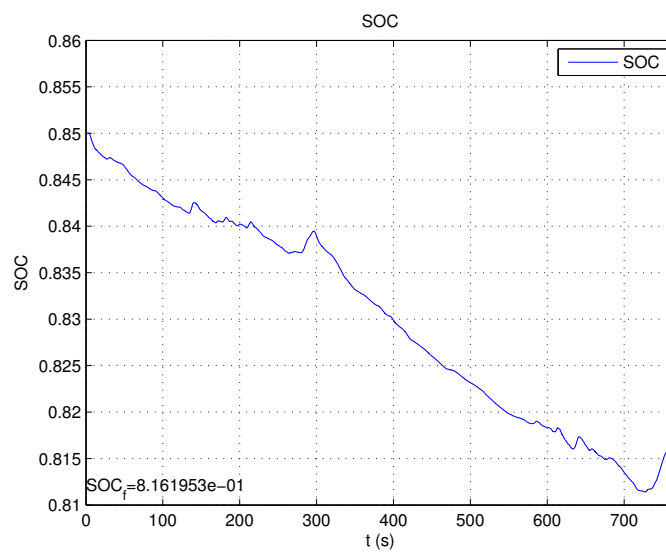


Figure 6.35: SOC: HWFET con baterías; con paradas.

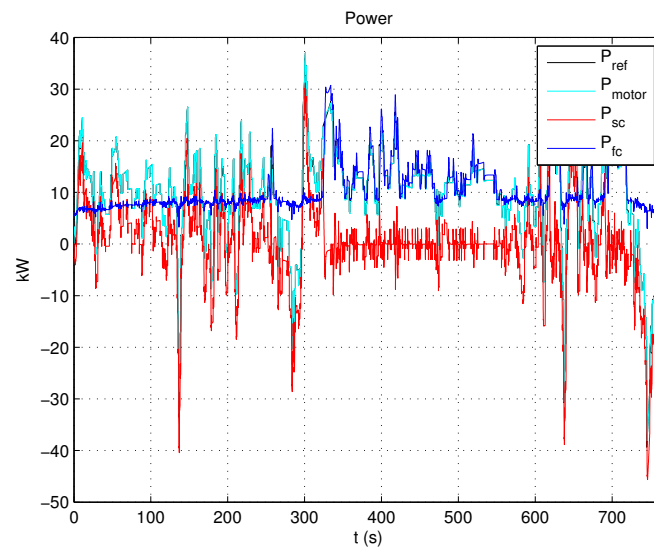


Figure 6.36: Potencia: HWFET con SC.

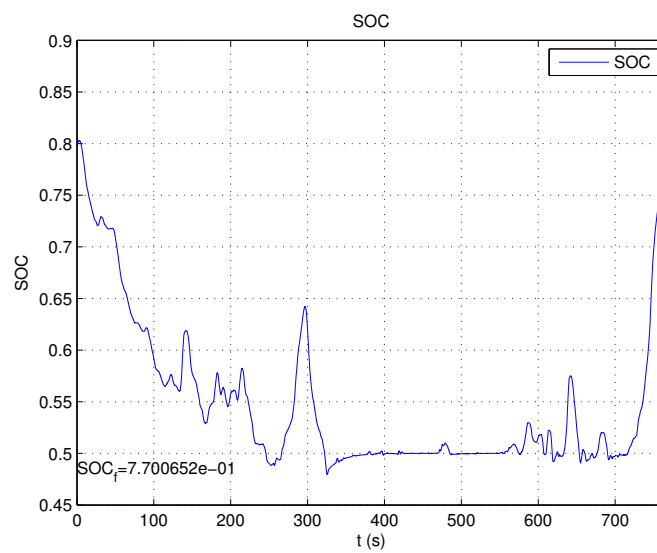


Figure 6.37: SOC: HWFET con SC.

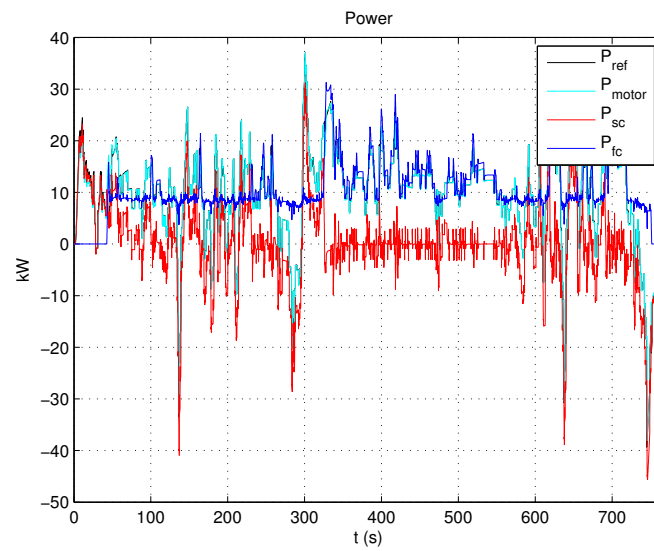


Figure 6.38: Potencia: HWFET con SC; con paradas.

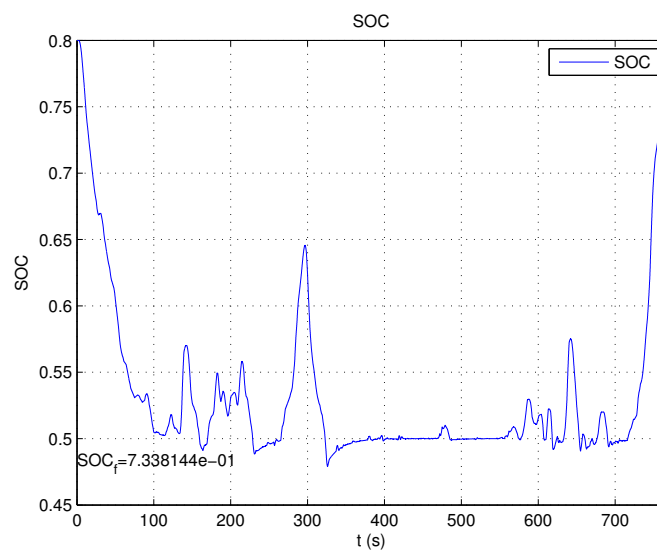


Figure 6.39: SOC: HWFET con SC; con paradas.

6.5 Urban Dynamometer Driving Schedule.

6.5.1 Descripción General

Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS) es un ciclo urbano, estándar en EEUU. El perfil de velocidades se puede ver en la figura 6.40, y el perfil de potencia en la figura 6.41.

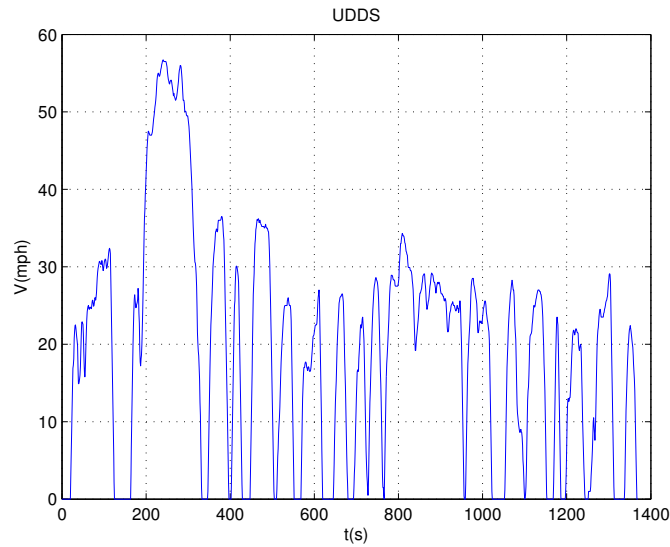


Figure 6.40: Perfil de Velocidad del Ciclo *UDDS*.

Las características principales del ciclo vienen dadas en la tabla 6.16.

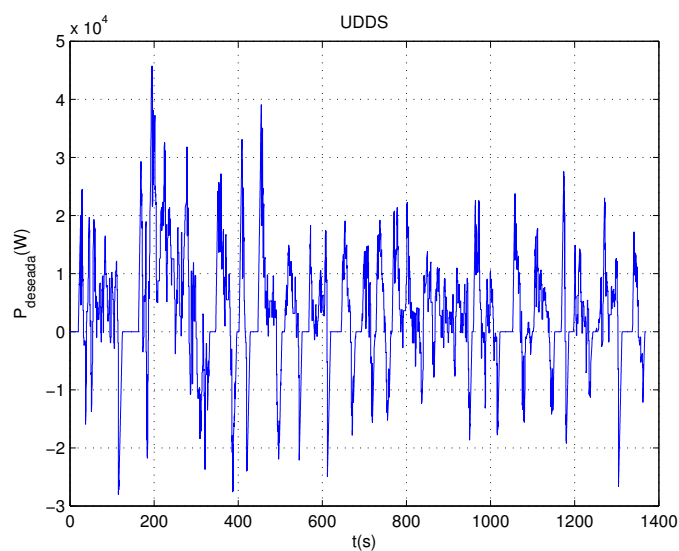
Tiempo (s)	1370
Distancia (millas)	7'5
Velocidad media (mph)	19'6
Velocidad Máxima (mph)	56'7

Table 6.16: Características UDDS.

6.5.2 Baterías.

Los resultados de las simulaciones, para una potencia nominal de la pila de 8 kW, se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.42.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.43.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.44.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.45.

Figure 6.41: Potencia Demandada Para el Ciclo *UDDS*.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	4.00%	0.22961
Con Paradas	5.30%	0.19176

Table 6.17: Simulaciones UDDS con Baterías.

6.5.3 Súper Condensadores.

Los resultados de las simulaciones se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.46.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.47.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.48.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.49.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	2.28%	0.19141
Con Paradas	7.23%	0.11775

Table 6.18: Simulaciones UDDS con SC.

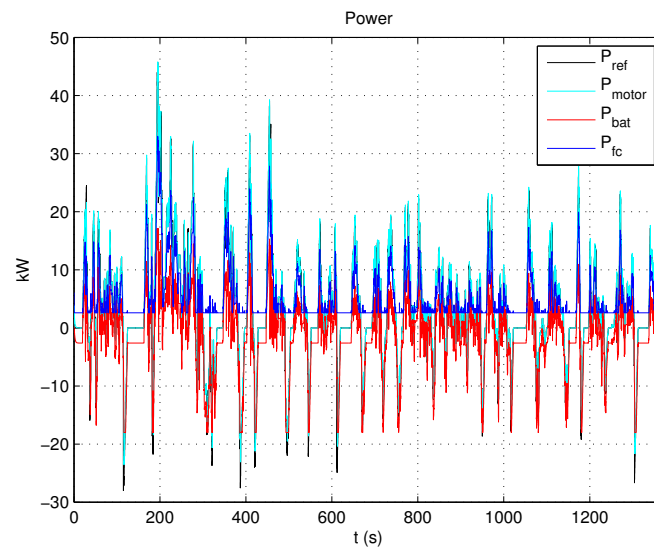


Figure 6.42: Potencia: UDDS con baterías.

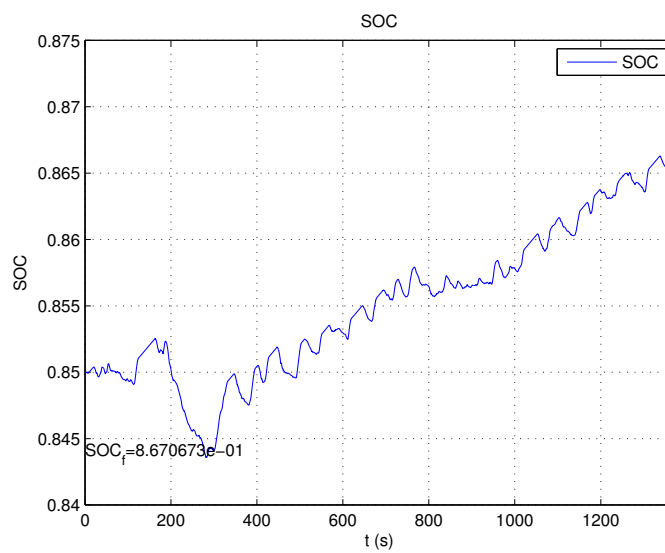


Figure 6.43: SOC: UDDS con baterías.

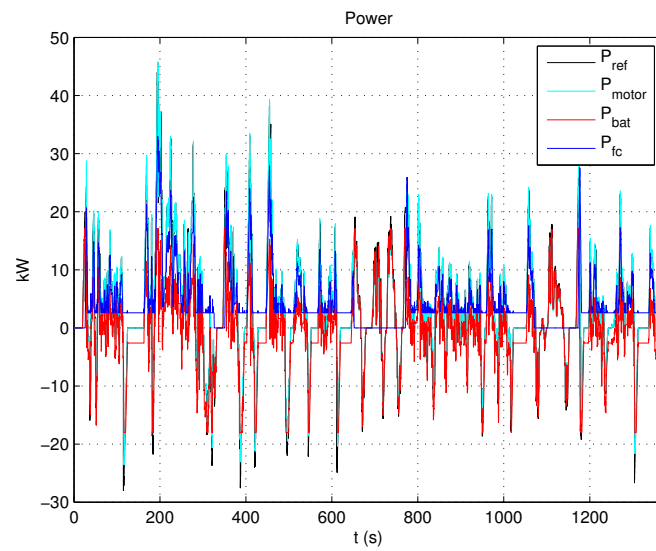


Figure 6.44: Potencia: UDDS con baterías; con paradas.

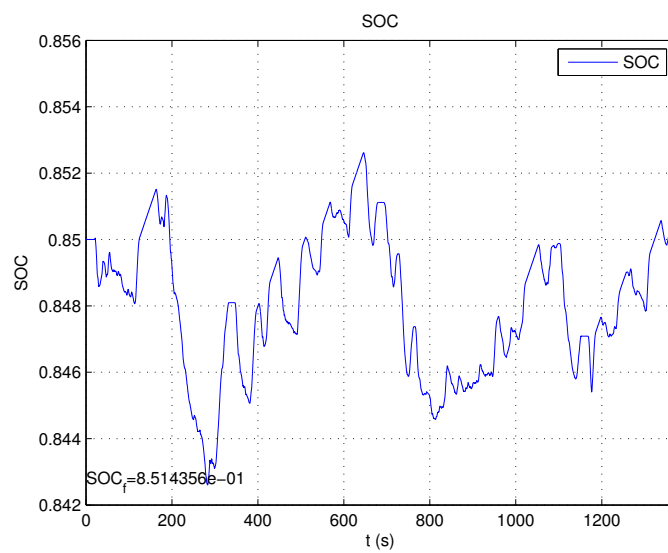


Figure 6.45: SOC: UDDS con baterías; con paradas.

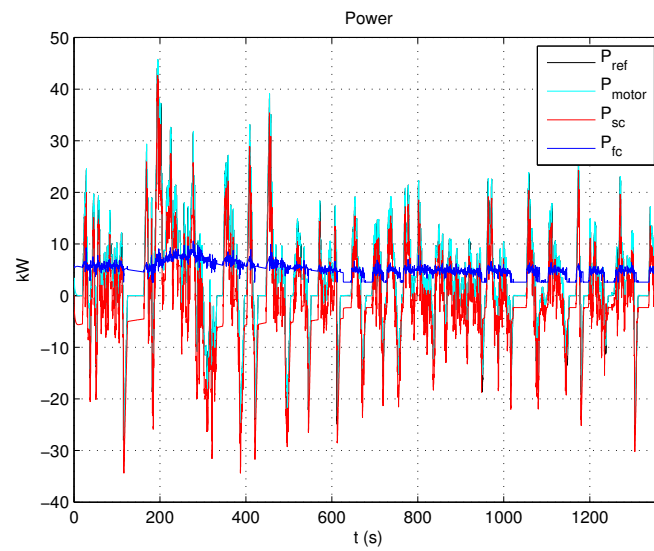


Figure 6.46: Potencia: UDDS con SC.

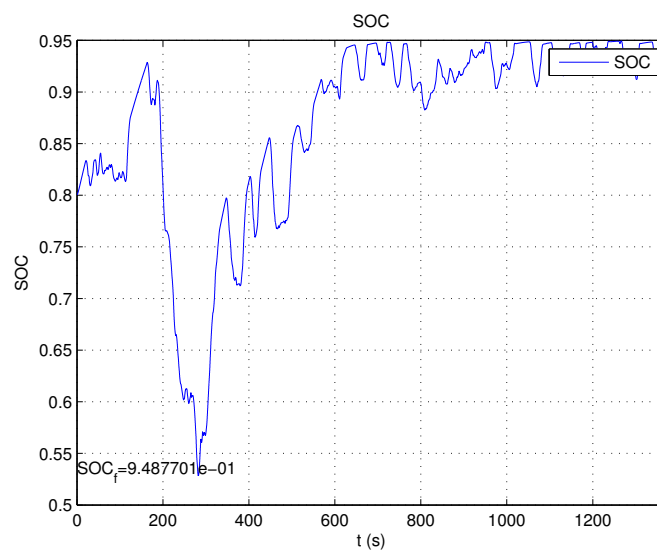


Figure 6.47: SOC: UDDS con SC.

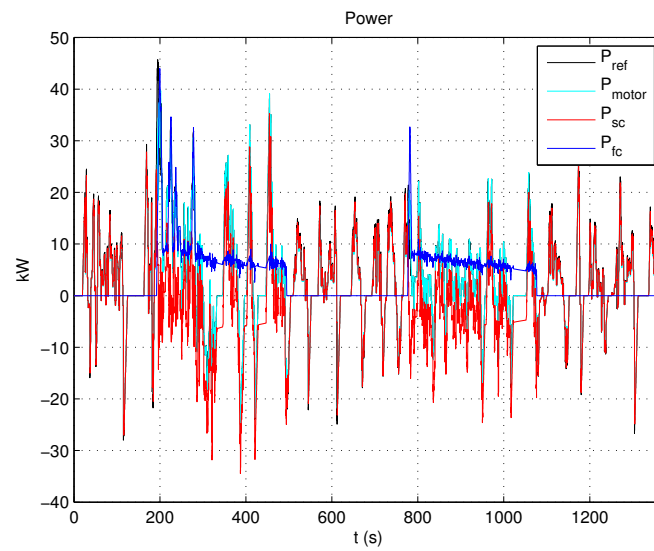


Figure 6.48: Potencia: UDDS con SC; con paradas.

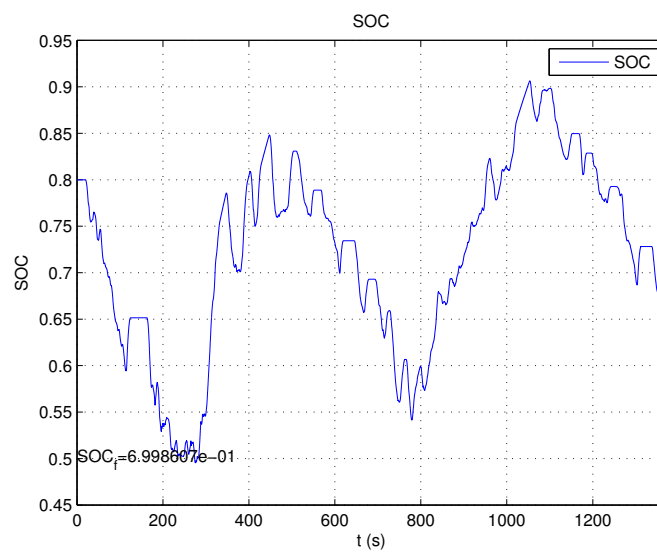


Figure 6.49: SOC: UDDS con SC; con paradas.

6.6 New York City Cycle.

6.6.1 Descripción General

En New York City Cycle (NYCC) se simula una conducción urbana a poca velocidad, y con paradas y arranques continuos. El perfil de velocidades se puede ver en la figura 6.50, y el perfil de potencia en la figura 6.51.

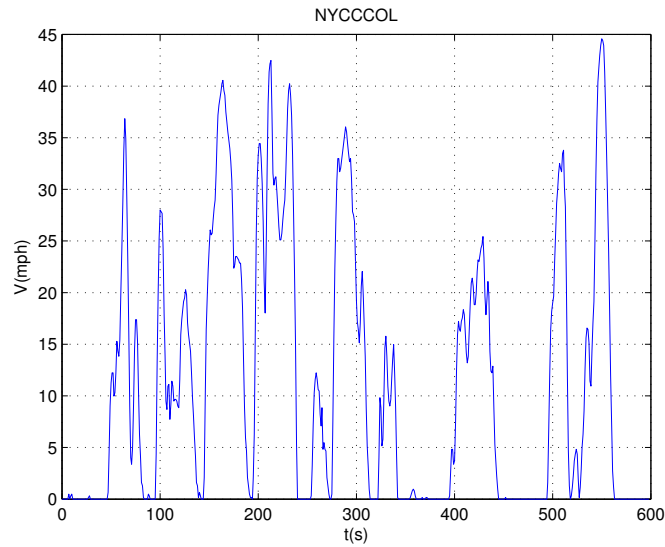


Figure 6.50: Perfil de Velocidad del Ciclo *NYCC*.

Las características principales del ciclo vienen dadas en la tabla 6.19.

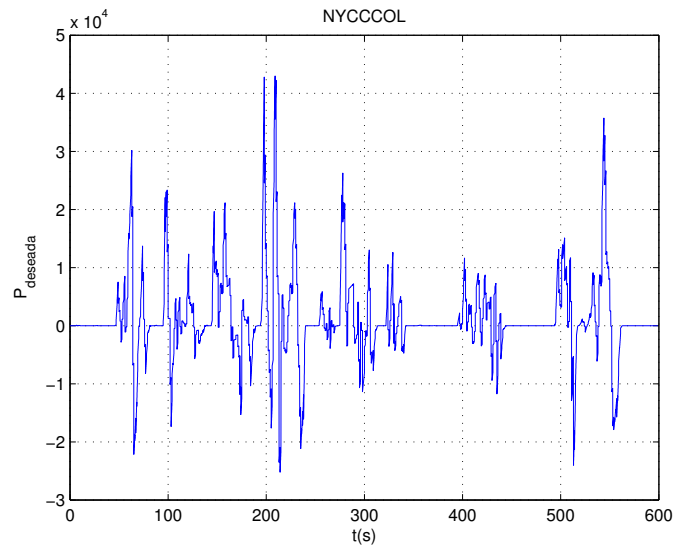
Tiempo (s)	598
Distancia (millas)	1'18
Velocidad media (mph)	7'1
Velocidad Máxima (mph)	27'7

Table 6.19: Características *NYCC*.

6.6.2 Baterías.

Los resultados de las simulaciones, para una potencia nominal de la pila de 8 kW, se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.52.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.53.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.54.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.55.

Figure 6.51: Potencia Demandada Para el Ciclo *NYCC*.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	7.79%	0.08825
Con Paradas	10.66%	0.05685

Table 6.20: Simulaciones *NYCC* con Baterías.

6.6.3 Súper Condensadores.

Los resultados de las simulaciones se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.56.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.57.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.58.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.59.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	3.56%	0.07995
Con Paradas	9.94%	0.02984

Table 6.21: Simulaciones *NYCC* con SC.

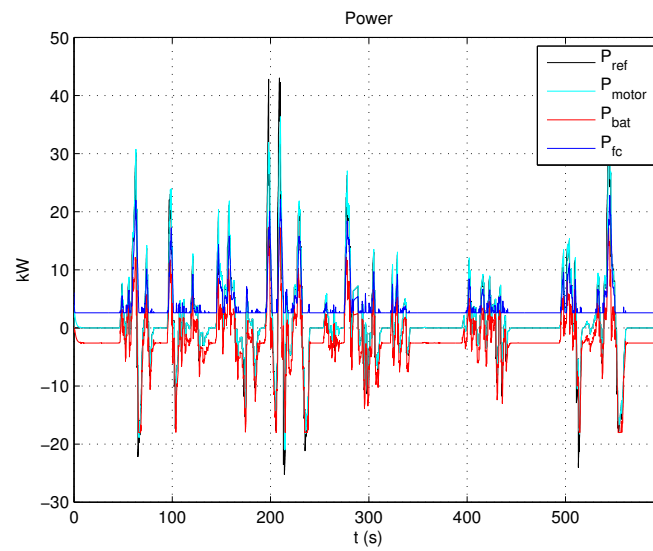


Figure 6.52: Potencia: NYCC con baterías.

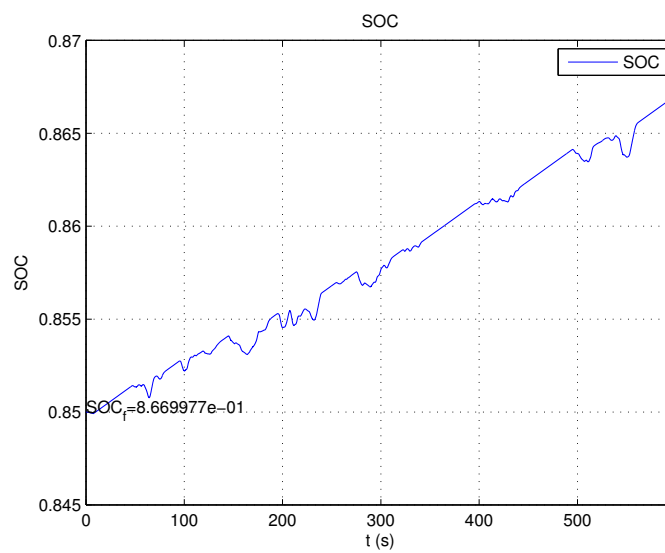


Figure 6.53: SOC: NYCC con baterías.

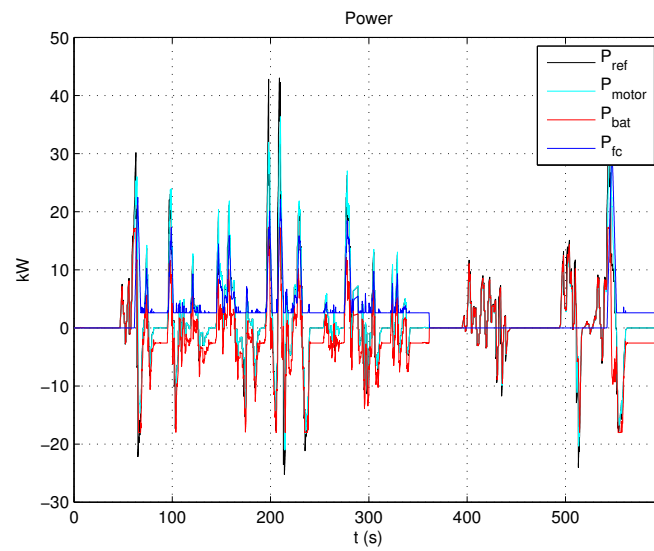


Figure 6.54: Potencia: NYCC con baterías; con paradas.

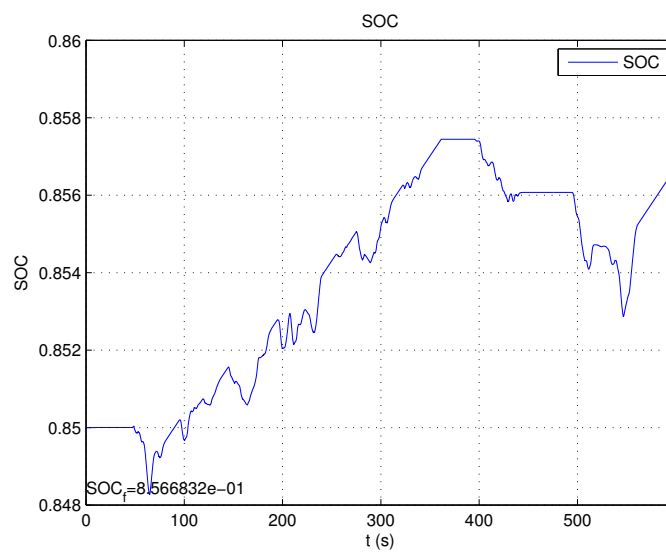


Figure 6.55: SOC: NYCC con baterías; con paradas.

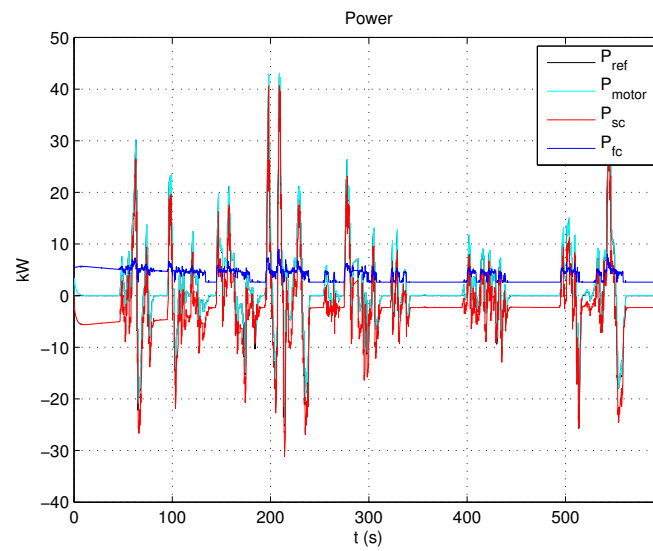


Figure 6.56: Potencia: NYCC con SC.

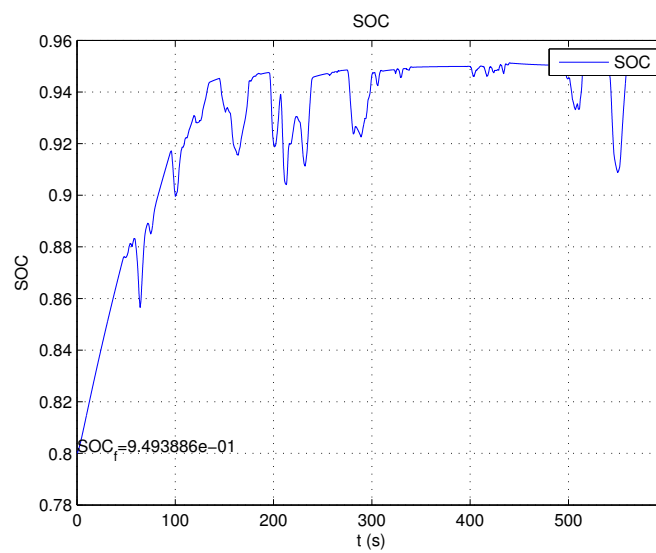


Figure 6.57: SOC: NYCC con SC.

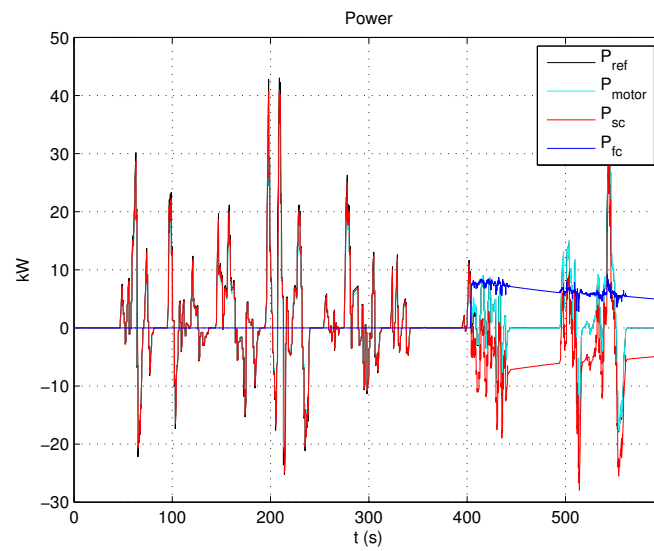


Figure 6.58: Potencia: NYCC con SC; con paradas.

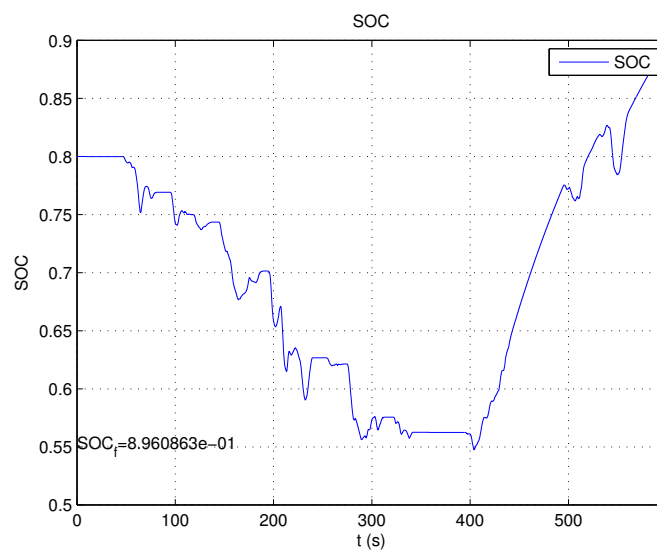


Figure 6.59: SOC: NYCC con SC; con paradas.

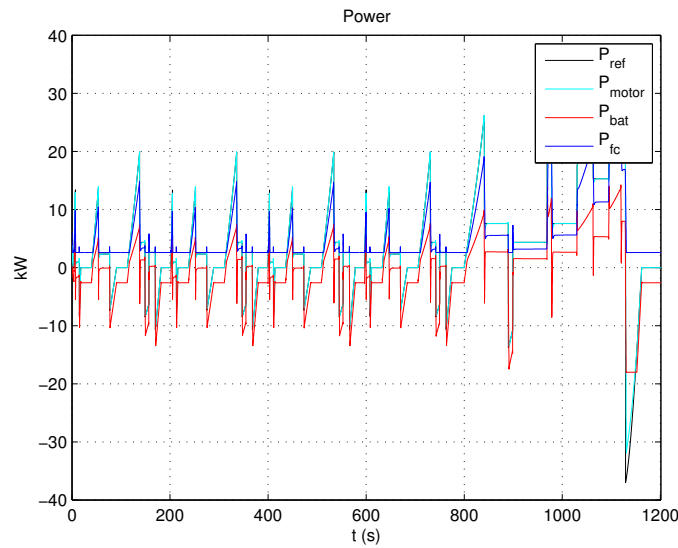


Figure 6.60: Potencia: NEDC con baterías (Look Ahead).

6.7 Look Ahead.

6.7.1 Introducción.

El Toolbox de MPC de Matlab permite incorporar las referencias futuras para un mejor control, en lugar de suponerlas iguales a la del momento de muestreo. Esta opción se denomina *Look Ahead*. Sin embargo, como ya se adelantó en la sección 5.2, las referencias futuras dependen del deseo del conductor, por lo que el controlador en un sistema real no las conocería. Aun así, se utilizará para comparar los resultados con los ya obtenidos suponiendo invariables las referencias futuras.

6.7.2 New European Driving Cycle con Look Ahead.

6.7.2.1 Baterías (Look Ahead).

Los resultados de las simulaciones, para una potencia nominal de la pila de 8 kW, se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.60.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.61.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.62.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.63.

6.7.2.2 Súper Condensadores (Look Ahead).

Los resultados de las simulaciones se muestran en las siguientes figuras:

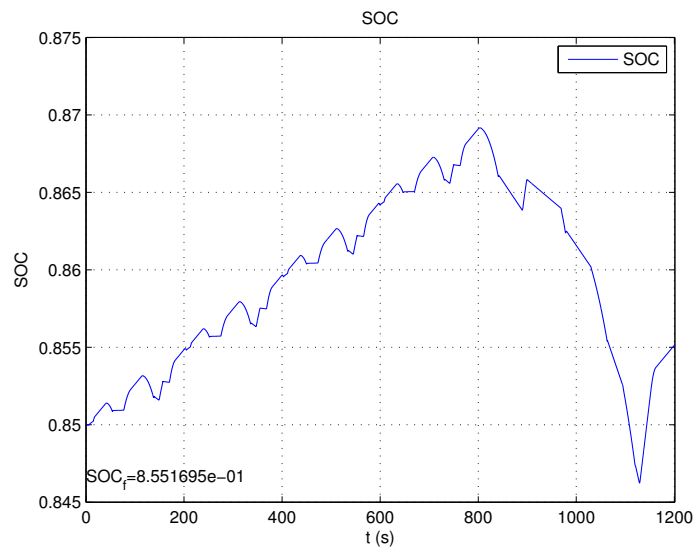


Figure 6.61: SOC: NEDC con baterías (Look Ahead).

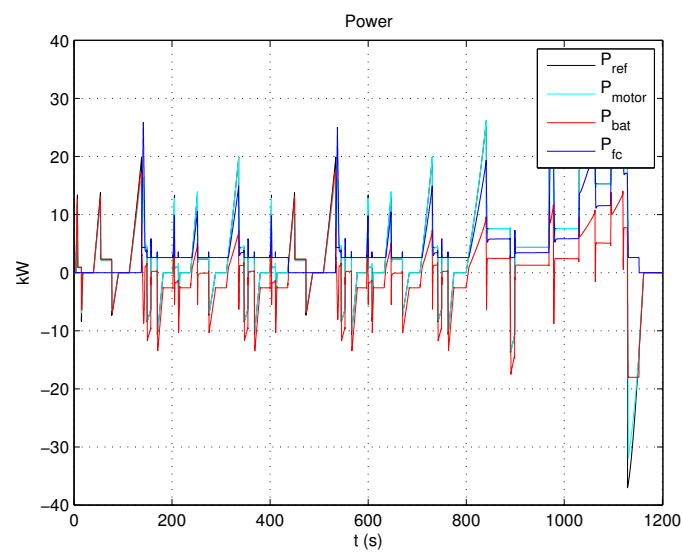


Figure 6.62: Potencia: NEDC con baterías; con paradas (Look Ahead).

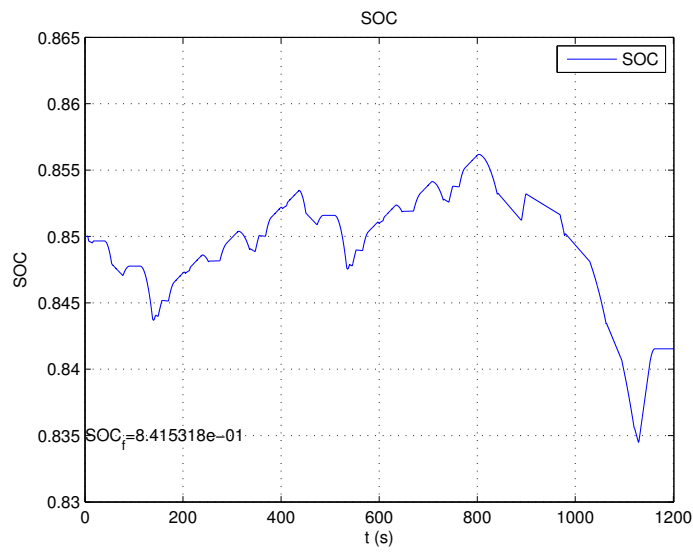


Figure 6.63: SOC: NEDC con baterías; con paradas (Look Ahead).

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	0.83%	0.20235
Con Paradas	2.13%	0.16553

Table 6.22: Simulaciones NEDC con Baterías (Look Ahead).

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.64.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.65.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.66.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.67.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	0.83%	0.19764
Con Paradas	4.26%	0.13554

Table 6.23: Simulaciones NEDC con SC (Look Ahead).

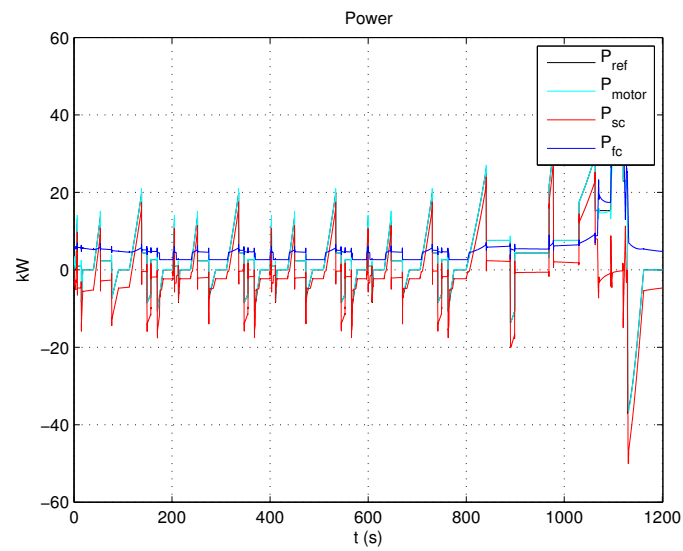


Figure 6.64: Potencia: NEDC con SC (Look Ahead).

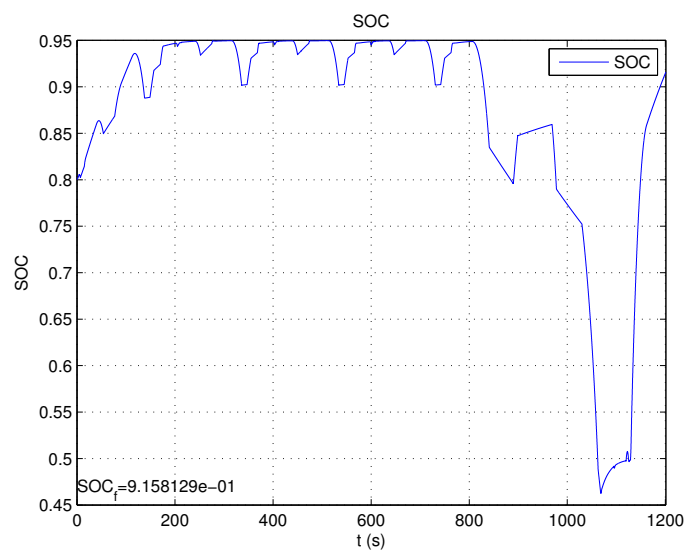


Figure 6.65: SOC: NEDC con SC (Look Ahead).

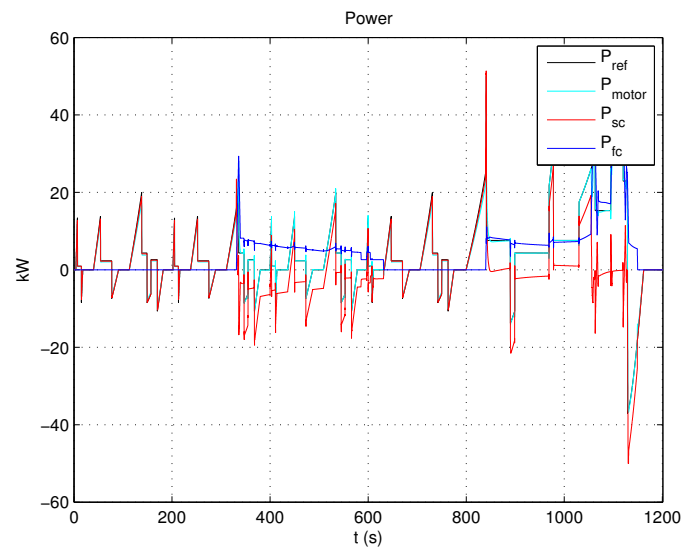


Figure 6.66: Potencia: NEDC con SC; con paradas (Look Ahead).

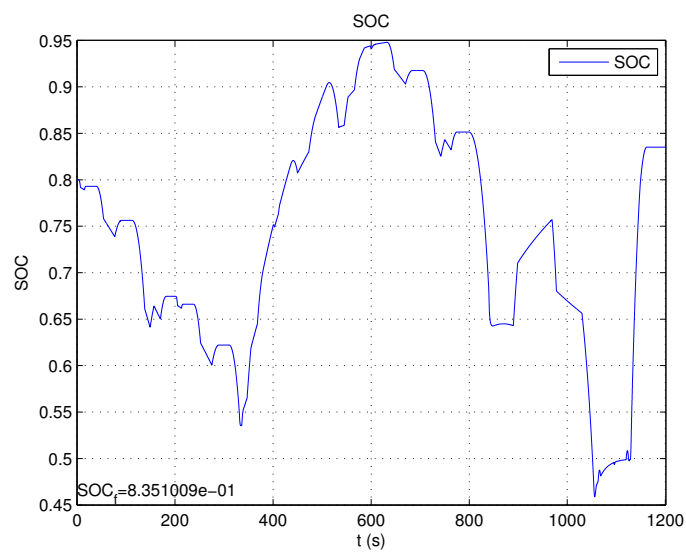


Figure 6.67: SOC: NEDC con SC; con paradas (Look Ahead).

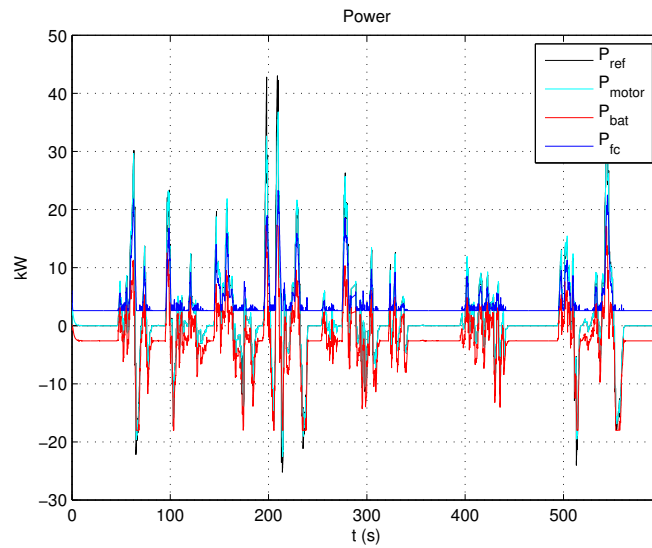


Figure 6.68: Potencia: NYCC con baterías (Look Ahead).

6.7.3 New York City Cycle con Look Ahead.

6.7.3.1 Baterías (Look Ahead).

Los resultados de las simulaciones, para una potencia nominal de la pila de 8 kW, se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.68.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.69.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.70.
- ▷ SOC, Con Paradas: figura 6.71.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	4.75%	0.08858
Con Paradas	8.55%	0.05667

Table 6.24: Simulaciones NYCC con Baterías (Look Ahead).

6.7.3.2 Súper Condensadores (Look Ahead).

Los resultados de las simulaciones se muestran en las siguientes figuras:

- ▷ Potencias, pila activa: figura 6.72.
- ▷ SOC, pila activa: figura 6.73.
- ▷ Potencias, Con Paradas: figura 6.74.

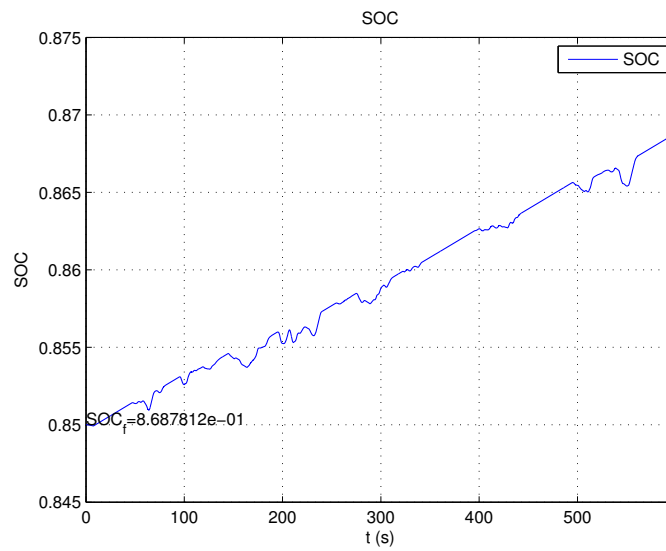


Figure 6.69: SOC: NYCC con baterías (Look Ahead).

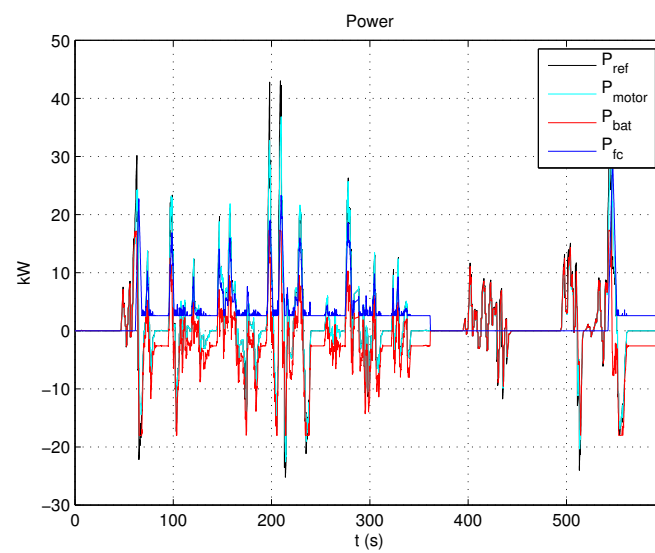


Figure 6.70: Potencia: NYCC con baterías; con paradas (Look Ahead).

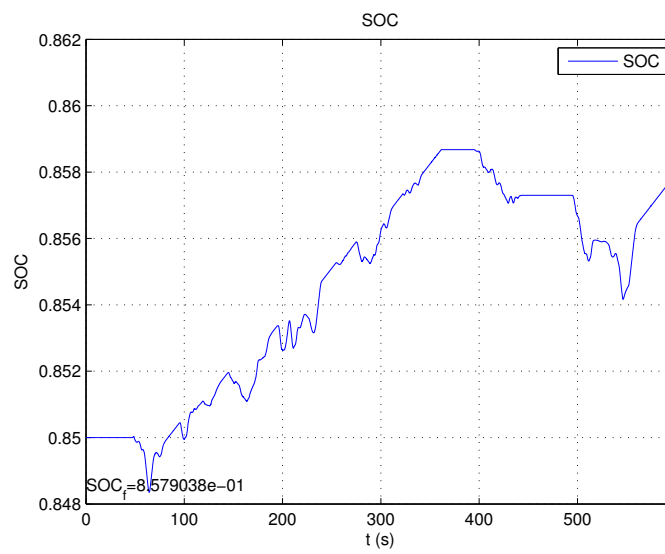


Figure 6.71: SOC: NYCC con baterías; con paradas (Look Ahead).

▷ SOC, Con Paradas: figura 6.75.

Estado Pila	Error(%)	Consumo H_2 (kg)
Siempre Activa	2.34%	0.07984
Con Paradas	9.61%	0.02956

Table 6.25: Simulaciones NYCC con SC (Look Ahead).

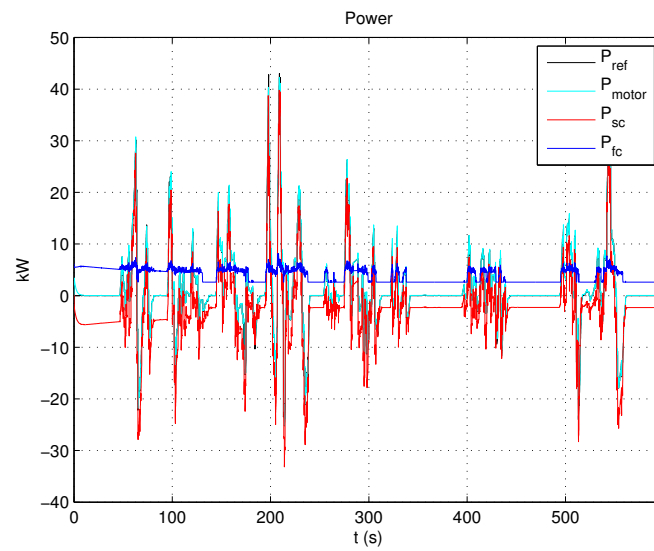


Figure 6.72: Potencia: NYCC con SC (Look Ahead).

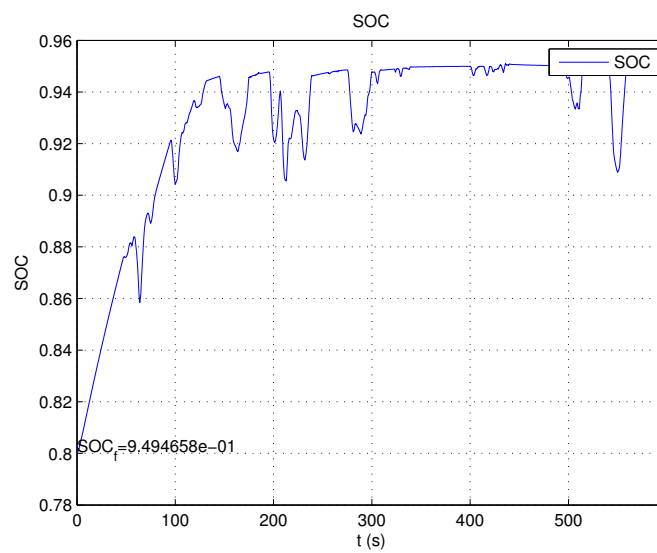


Figure 6.73: SOC: NYCC con SC (Look Ahead).

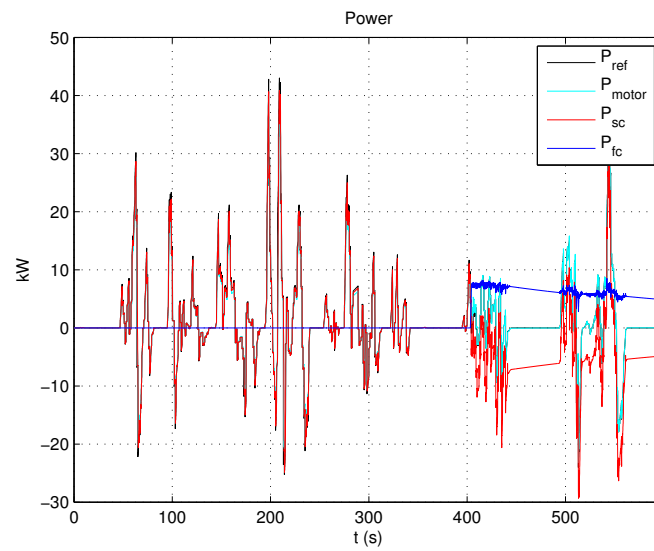


Figure 6.74: Potencia: NYCC con SC; con paradas (Look Ahead).

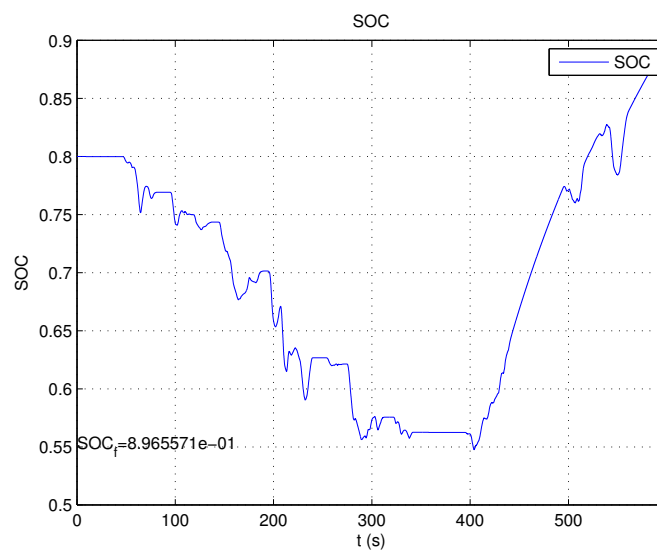


Figure 6.75: SOC: NYCC con SC; con paradas (Look Ahead).